UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“Influencia de la ceniza de cáscara de tara (Caesalpinia Tinctorea) como alternativa para el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso, jr. Los Cedros Amarilis – Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Vega Bazan, Merlyn Mercedes

ASESOR: Taboada Trujillo, William Paolo

HUÁNUCO – PERÚ

2025

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:
Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Ingeniería civil
Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:
Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera Civil
Código del Programa: P07
Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

DATOS DEL AUTOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 72841313

DATOS DEL ASESOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 40847625
Grado/Título: DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Código ORCID: 0000-0002-4594-1491

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro En Ingenieria Con Mención En Gestion Ambiental Y Desarrollo Sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro En Ingeniería, Con Mención En Gestión Ambiental Y Desarrollo Sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Miraval Rojas, Biseth	Maestro En Gestión Y Negocios, Con Mención En Gestión De Proyectos	47474699	0000-0001-5605-3003

UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 19:00 horas del día **martes 16 de diciembre de 2025**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA — PRESIDENTE
- MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO — SECRETARIO
- MG. BISETH MIRAVAL ROJAS — VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2796-2025-D-FI-UDH para evaluar la **Tesis** intitulada: **"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024"**, presentado por el (la) Bachiller. Bach: **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) ....aprobada.... por ....Unanimidad.... con el calificativo cuantitativo de ....15.... y cualitativo de ....Bueno.... (Art. 47).

Siendo las ....20:15.... horas del día **16 del mes de diciembre** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633
PRESIDENTE

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
SECRETARIO (A)

MG. BISETH MIRAVAL ROJAS
DNI: 47474699
ORCID: 0000-0001-5605-3003
VOCAL

200. Merlyn Mercedes VEGA BAZAN.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	25%	6%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12%
2	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Internacional Isabel I de Castilla Trabajo del estudiante	1%

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE INTEGRIDAD CIENTÍFICA
HUÁNUCO - PERÚ

RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

A mis padres, por su esfuerzo constante, sacrificio y amor incondicional, pilares fundamentales que me impulsaron a culminar mis estudios y alcanzar el grado de Ingeniero Civil.

A mis hermanos, por su compañía, apoyo y aliento en cada etapa de mi formación, recordándome siempre la importancia de la unión familiar.

Este logro no es solo mío, sino también de ustedes, a quienes dedico con gratitud y orgullo el fruto de este esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi asesor, por su orientación, dedicación y valiosas recomendaciones que guiaron el desarrollo de esta investigación.

A los docentes del programa académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco, por compartir sus conocimientos y contribuir a mi formación profesional.

Extiendo también mi gratitud a mis amigos, quienes con su apoyo y ánimo hicieron más llevadero este camino académico.

Finalmente, agradezco a la Universidad de Huánuco, institución que me brindó las herramientas y el espacio necesarios para crecer académica y profesionalmente, siendo parte fundamental en la culminación de esta etapa.

ÍNDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
ÍNDICE IV
ÍNDICE DE TABLAS VII
ÍNDICE DE FIGURAS VIII
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
INTRODUCCIÓN XV
CAPÍTULO I 17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 17
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL 18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS 18
1.3. OBJETIVO 18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA 20
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA 20
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 21
1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA 21
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA 21
1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL 21

1.6.4. VIABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL 22
CAPÍTULO II.....23
MARCO TEÓRICO 23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....23
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 23
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES 25
2.2. BASES TEÓRICAS 27
2.2.1. SUELO 27
2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS 28
2.2.3. ENSAYOS DE SUELO DE FUNDACIÓN 31
2.2.4. LA TARA 33
2.2.5. CÁSCARA DE TARA.....33
2.2.6. CENIZA DE CÁSCARA DE TARA 34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES 34
2.4. HIPÓTESIS 34
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL 34
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....34
2.5. VARIABLES 36
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....36
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE 36
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....37
CAPÍTULO III.....38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 38
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 38
3.1.1. ENFOQUE.....38
3.1.2. ALCANCE O NIVEL 38

3.1.3. DISEÑO 39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 40
3.2.1. POBLACIÓN 40
3.2.2. MUESTRA 40
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 41
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 41
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS 85
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS. 85
CAPÍTULO IV 87
RESULTADOS 87
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS 87
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS 99
CAPÍTULO V 108
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 108
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 108
CONCLUSIONES 111
RECOMENDACIONES 113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 114
ANEXOS 117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 87
Tabla 2 Compresión del suelo con 10% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²) 89
Tabla 3 Compresión del suelo con 15% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²) 91
Tabla 4 Compresión promedio del suelo con 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²) 93
Tabla 5 Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 99
Tabla 6 T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 100
Tabla 7 Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 101
Tabla 8 T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 101
Tabla 9 Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 102
Tabla 10 T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 103
Tabla 11 Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 104
Tabla 12 T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la estructura de la lámina silícica 27
Figura 2 Esquema de la estructura de la lámina alumínica 28
Figura 3 Abertura de los tamices de malla cuadrada 32
Figura 4 Recolección de la muestra de tierra.....42
Figura 5 Pesaje de suelo para realizar la granulometría 42
Figura 6 Vibrado manual de los tamices 43
Figura 7 Pesaje de las muestras de suelo retenidas en cada tamiz 43
Figura 8 Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40 44
Figura 9 Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande 44
Figura 10 Llenado de muestra a la cuchara de Casagrande.....45
Figura 11 Trazo de hendidura con el acanalador de bronce 45
Figura 12 Golpes del suelo con la Casagrande 46
Figura 13 Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande.....46
Figura 14 Ensayo del límite plástico del suelo 47
Figura 15 Pesaje de las muestras elipsoides del suelo.....47
Figura 16 Secado en el horno las muestras de suelo 48
Figura 17 Pesajes de ceniza de cáscara de tara 5%. 48
Figura 18 Pesajes de ceniza de cáscara de tara 10% 49
Figura 19 Pesaje de ceniza de cáscara de tara 15%. 49
Figura 20 La muestra extraída del suelo.....50
Figura 21 Cortamos la muestra a una altura especificada de 4” 50
Figura 22 Entallamiento de la muestra de suelo. 51
Figura 23 Medición longitudinal de la muestra tallada.....51
Figura 24 Medición transversal de la muestra tallada 52
Figura 25 Humedecimiento de la tierra con su adición de 5%.....52
Figura 26 Humedecimiento de la tierra con su adición de 10%.....53
Figura 27 Humedecimiento de la tierra con su adición de 15%.....53
Figura 28 Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 5% 54
Figura 29 Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 10% 54

Figura 30 Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 15% 55
Figura 31 Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 5%. 55
Figura 32 Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 10% 56
Figura 33 Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 15% 56
Figura 34 Muestra poblacional de los testigos cilíndricos de suelos con adiciones de ceniza de cáscaras de tara 57
Figura 35 Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo (Patrón) 57
Figura 36 Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 5%. 58
Figura 37 Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 10%. 58
Figura 38 Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 15%. 59
Figura 39 Pesaje de la muestra cilíndrica (patrón) 59
Figura 40 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 5% 60
Figura 41 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 10% 60
Figura 42 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 15%. 61
Figura 43 Llevado al horno 61
Figura 44 Sacado del horno.....62
Figura 45 Pesaje de la muestra cilíndrica sin adición (patrón) 62
Figura 46 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 5% 63
Figura 47 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 10%. 63
Figura 48 Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 15%. 64
Figura 49 Pesaje de la adición, (ceniza de carbón).....64
Figura 50 Pesaje de la adición de ceniza de cáscara de tara 65
Figura 51 Pesaje de la adición de ceniza de cáscara de tara 65
Figura 52 Pesaje de suelo (patrón). 66
Figura 53 Pesaje de agua.....66

Figura 54 Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón) 67
Figura 55 Pesaje de agua, adición (5%) 67
Figura 56 Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 5% 68
Figura 57 Pesaje de suelo, con adición del 10%. 68
Figura 58 Pesaje de agua, adición (10%). 69
Figura 59 Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 10% 69
Figura 60 Pesaje de suelo, con adición del 15% 70
Figura 61 Pesaje de agua, adición (15%) 70
Figura 62 Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 15% 71
Figura 63 Pesaje del Proctor (Patrón) 71
Figura 64 Pesaje del Proctor 5%. 72
Figura 65 Pesaje del Proctor 10%. 72
Figura 66 Pesaje del Proctor 15%. 73
Figura 67 Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón) 73
Figura 68 Corte del espécimen compactado de la muestra (patrón). 74
Figura 69 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” (patrón). 74
Figura 70 Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de (patrón) 75
Figura 71 Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio con (adición 5%) 75
Figura 72 Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 5%). 76
Figura 73 Pesaje de los moldes más suelo húmedo 76
Figura 74 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición 5%. 77
Figura 75 Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de 5%. 77

Figura 76 Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio con (adición 10%). 78
Figura 77 Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 10%). 78
Figura 78 Pesaje de los moldes más suelo húmedo 79
Figura 79 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición 10%.....79
Figura 80 Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de 10%. 80
Figura 81 Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio con (adición 15%). 80
Figura 82 Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 15%). 81
Figura 83 Pesaje de los moldes más suelo húmedo 81
Figura 84 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición 15%.....82
Figura 85 Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de 15%. 82
Figura 86 Lectura de deformímetro de las muestras de “CBR” (patrón) y con adición 5%, 10% y 15% 83
Figura 87 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” patrón ..83
Figura 88 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición 5%. 84
Figura 89 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición 10%. 84
Figura 90 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición 15%. 85
Figura 91 Comparación de la compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²). 88
Figura 92 Comparación de la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 90

Figura 93 Comparación de la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 92
Figura 94 Comparación de la compresión del suelo patrón y con el promedio de 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²) 94
Figura 95 Resistencia a la compresión para todos los grupos experimentales 95
Figura 96 Densidad seca máxima 96
Figura 97 Porcentaje de humedad máxima 97
Figura 98 Índice de CBR 98

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir ceniza de cáscara de tara, así como analizar su influencia en la densidad seca máxima, el porcentaje de humedad óptima y el índice CBR. Para ello, se plantearon seis objetivos específicos, evaluando proporciones de 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara. La metodología aplicada fue de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi experimental, donde se elaboraron y ensayaron 8 muestras patrón y 24 muestras tratadas en total, realizando pruebas de resistencia a la compresión (ASTM D2166) y ensayos Proctor modificados (ASTM D1557).

Los resultados obtenidos demuestran que la incorporación de ceniza de cáscara de tara mejora de manera significativa la capacidad portante del suelo arcilloso. En la resistencia a la compresión, las muestras patrón presentaron un valor promedio de 1,34 kg/cm2, mientras que con la adición del 5%, 10% y 15% se obtuvieron valores de 1,76 kg/cm2, 1,67 kg/cm2 y 1,58 kg/cm2 respectivamente. El análisis estadístico confirmó la significancia de estas diferencias con valores de t=8,754 (p=0,001), t=7,444 (p=0,001) y t=5,470 (p=0,001), evidenciando que la adición de ceniza mejora el comportamiento mecánico del suelo. Asimismo, se observó un incremento progresivo en la densidad seca máxima, en el porcentaje de humedad óptima y en el índice CBR conforme aumentó la proporción de ceniza.

Finalmente, se concluye que la ceniza de cáscara de tara tiene un efecto positivo en la mejora de suelos arcillosos, incrementando su capacidad portante y sus propiedades geotécnicas. La adición del 5% resultó ser la más efectiva, alcanzando el mayor aumento en la resistencia a la compresión.

Palabras clave: Capacidad portante, ceniza de cáscara de tara, Proctor modificado, densidad máxima seca, porcentaje de humedad, índice de CBR.

ABSTRACT

The present research aimed to determine the effect on the bearing capacity of a clayey subgrade soil by adding tara husk ash, as well as to analyze its influence on the maximum dry density, optimum moisture content, and CBR index. To achieve this, six specific objectives were established, evaluating proportions of 5%, 10%, and 15% tara husk ash. The applied methodology was of an applied type, explanatory level, and experimental design, in which 8 control samples and 24 treated samples were prepared and tested in total, performing unconfined compression strength tests (ASTM D2166) and Modified Proctor tests (ASTM D1557).

The results obtained demonstrate that the incorporation of tara husk ash significantly improves the bearing capacity of clayey soil. In the compression strength test, the control samples presented an average value of 1.34 kg/cm², while with the addition of 5%, 10%, and 15%, the values obtained were 1.76 kg/cm², 1.67 kg/cm², and 1.58 kg/cm² respectively. The statistical analysis confirmed the significance of these differences with values of $t=8.754$ ($p=0.001$), $t=7.444$ ($p=0.001$), and $t=5.470$ ($p=0.001$), showing that the addition of ash enhances the mechanical behavior of the soil. Likewise, a progressive increase was observed in the maximum dry density, optimum moisture content, and CBR index as the proportion of ash increased.

Finally, it is concluded that tara husk ash has a positive effect on the improvement of clayey soils, increasing their bearing capacity and geotechnical properties. The addition of 5% proved to be the most effective, achieving the highest increase in compression strength. Furthermore, the upward trend in maximum dry density, optimum moisture content, and CBR confirms the potential of tara husk ash as an alternative and sustainable material for soil improvement in subgrade construction.

Keywords: Bearing capacity, tara husk ash, Modified Proctor, maximum dry density, optimum moisture content, CBR index.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil enfrenta grandes retos en cuanto a la estabilización de suelos de baja capacidad portante, particularmente los arcillosos, debido a su comportamiento expansivo, alta compresibilidad y baja resistencia. Para superar estas limitaciones, se han desarrollado diversas técnicas de mejoramiento, entre ellas el uso de aditivos naturales y residuos agroindustriales como materiales alternativos. Estudios realizados en Asia, África y América Latina evidencian que la incorporación de cenizas provenientes de residuos agrícolas (cáscara de arroz, bagazo de caña, cascarilla de café, entre otros) mejora significativamente las propiedades geotécnicas de los suelos, reduciendo la dependencia de aditivos convencionales como la cal o el cemento, y promoviendo la sostenibilidad ambiental.

En el Perú, la estabilización de suelos es un tema de creciente interés, dado que gran parte del territorio presenta suelos arcillosos con limitaciones para su uso en infraestructura vial y de edificaciones. Investigaciones recientes han explorado el empleo de residuos locales como alternativas para el mejoramiento de subrasantes, respondiendo tanto a necesidades técnicas como a políticas ambientales de reducción de desechos. En regiones como la sierra y selva peruana, la actividad agrícola genera una gran cantidad de subproductos, los cuales, en muchos casos, no son aprovechados y terminan desechándose. Este escenario abre oportunidades para la valorización de dichos residuos en aplicaciones de ingeniería.

En el ámbito local, la región Huánuco, y en particular las provincias con actividad agrícola intensa, destacan por la producción de tara (Caesalpinia spinosa), cuya cáscara constituye un residuo en el proceso de aprovechamiento del fruto. Esta biomasa, generalmente descartada, puede transformarse en ceniza y emplearse como material estabilizante de suelos arcillosos, ofreciendo una solución económica y sostenible a los problemas de baja capacidad portante de las subrasantes. De esta manera, la presente investigación se centra en analizar el efecto de la adición de ceniza de cáscara de tara en suelos arcillosos de Huánuco, evaluando sus propiedades

geotécnicas mediante ensayos de laboratorio y determinando su potencial como material alternativo para el mejoramiento de subrasantes en la construcción de infraestructura vial y urbana.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel global, los suelos arcillosos representan un reto significativo en ingeniería civil por sus características inherentes de alta plasticidad, baja permeabilidad y notable susceptibilidad a cambios volumétricos con variaciones de humedad, lo que puede derivar en asentamientos irregulares, fallas de cimentación y pérdida de capacidad portante (Saldaña y Yunga, 2023).

Tradicionalmente se han empleado estabilizantes como cemento, cal o cenizas volantes; sin embargo, la tendencia mundial apunta hacia el uso de materiales alternativos derivados de residuos agroindustriales, motivada por la sostenibilidad y la reducción de costos (Pazmiño y Romero, 2024).

En el Perú, esta preocupación adquiere relevancia, pues gran parte de las zonas rurales y periurbanas se asientan sobre suelos arcillosos con baja capacidad portante, lo cual afecta el desempeño estructural de infraestructuras viales y habitacionales (López Barbarán, 2021).

En la región Huánuco, investigaciones como la de Laos (2022) han evidenciado el uso exitoso de ceniza de biomasa de palma aceitera para mejorar la capacidad de soporte del suelo en subrasantes, con incrementos del índice CBR de hasta 22.6%, lo que implicó saltar de una categoría insuficiente a muy buena. Sin embargo, el residuo agroindustrial particular de la cáscara de tara muy disponible en esta zona productora indígena no ha sido suficientemente explorado. Por lo tanto, existe una brecha tangible en el conocimiento técnico aplicable a este subproducto local con alto potencial estabilizador.

La falta de estudios robustos sobre la utilización de ceniza de cáscara de tara en el mejoramiento geotécnico de suelos arcillosos de Huánuco limita el aprovechamiento de un recurso abundante y económico. Al no disponer de

alternativas técnicas que incorporen residuos regionales, se perpetúa la dependencia de aditivos convencionales costosos, y se desaprovecha una oportunidad de sostenibilidad ambiental y económica. Esto representa un problema real, puesto que la baja capacidad portante de la subrasante puede traducirse en deterioro prematuro de infraestructuras y mayores costos de mantenimiento, sin aprovechar las ventajas potenciales de valorización local de residuos agrícolas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir ceniza de cáscara de tara?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 5% de ceniza de cáscara de tara?

PE2: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 10% de ceniza de cáscara de tara?

PE3: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 15% de ceniza de cáscara de tara?

PE4: ¿Cómo varía la densidad seca máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara?

PE5: ¿Cómo varía el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara?

PE6: ¿Cómo varía el índice de CBR de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir ceniza de cáscara de tara.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar el impacto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 5% de ceniza de cáscara de tara.

OE2: Determinar el impacto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 10% de ceniza de cáscara de tara.

OE3: Determinar el impacto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 15% de ceniza de cáscara de tara.

OE4: Analizar cómo varía la densidad seca máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara.

OE5: Analizar cómo varía el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara.

OE6: Analizar cómo varía el índice de CBR de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tuvo la necesidad de mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos arcillosos de baja capacidad portante mediante el uso de un aditivo alternativo, económico y sostenible como la ceniza de cáscara de tara. Diversos estudios recientes (Gidebo et al., 2023) evidencian que los residuos agroindustriales, como las cenizas de bagazo de caña, cascarilla de arroz y otros subproductos agrícolas, poseen características puzolánicas y físicas que contribuyen a incrementar la resistencia, la densidad seca máxima y el índice CBR de los suelos, favoreciendo su estabilización y la durabilidad de las estructuras. En ese contexto, la valorización de residuos agrícolas locales representa una estrategia sostenible alineada con los principios de la economía circular y la gestión ambiental responsable, lo que respalda la pertinencia de evaluar el potencial de la ceniza de cáscara de tara como material estabilizante en los suelos arcillosos de la región de Huánuco.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Desde el punto de vista práctico, este estudio ofrece una alternativa viable para el mejoramiento de subrasantes en obras viales y de edificación, reduciendo costos frente al uso de aditivos convencionales como cemento o cal. Además, promueve el aprovechamiento de residuos agrícolas que usualmente son desechados, aportando beneficios económicos y ambientales a la región.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde el enfoque teórico, la investigación brinda sustento científico respecto al efecto de la ceniza de cáscara de tara sobre la resistencia a compresión, la densidad seca máxima, la humedad óptima y el CBR en suelos arcillosos. De esta forma, amplía el conocimiento existente en el ámbito de la mecánica de suelos y promueve nuevas perspectivas de investigación orientadas al aprovechamiento de residuos agroindustriales como estabilizantes alternativos y sostenibles.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se sustenta en un diseño cuasi experimental que contrasta las muestras patrón con suelos mejorados mediante distintos % de ceniza de cáscara de tara. La aplicación de ensayos de laboratorio estandarizados, complementada con el análisis estadístico realizado en los programas Excel y SPSS, garantiza la precisión de los resultados y respalda la validez científica de las conclusiones alcanzadas.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presentó ciertas limitaciones relacionadas principalmente con el alcance experimental. En primer lugar, los ensayos se realizaron únicamente en laboratorio, sin validar los resultados en condiciones de campo, lo que restringe la proyección de los hallazgos a escenarios reales de carga y variaciones climáticas. Asimismo, solo se evaluaron tres proporciones de ceniza de cáscara de tara (5%, 10% y 15%), por lo que no fue posible identificar con exactitud el rango óptimo de adición ni analizar valores intermedios o superiores. Otra limitación fue el número reducido de

probetas, lo que, si bien permitió obtener tendencias claras, restringió la posibilidad de realizar análisis estadísticos más amplios. Finalmente, los recursos disponibles no permitieron complementar los ensayos mecánicos con estudios químicos o mineralógicos que hubieran permitido explicar en mayor detalle la interacción entre la ceniza y el suelo arcilloso.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA

La viabilidad teórica del estudio se sustenta en la existencia de antecedentes científicos que demuestran la efectividad de residuos agroindustriales en la estabilización de suelos arcillosos, tales como ceniza de arroz, bagazo de caña y cascarilla de café. Estos trabajos previos brindan un marco de referencia que respalda la hipótesis de que la ceniza de cáscara de tara también puede mejorar las propiedades geotécnicas del suelo, garantizando así la pertinencia y solidez conceptual de la investigación.

1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La viabilidad económica se justifica por el bajo costo de obtención y procesamiento de la ceniza de cáscara de tara, al tratarse de un residuo agrícola abundante en la región de Huánuco. Esto permitió desarrollar el experimento sin necesidad de recurrir a aditivos convencionales costosos como cemento o cal. Además, el uso de laboratorios universitarios y recursos locales redujo los gastos de materiales y equipos, asegurando que la investigación se pudiera llevar a cabo con un presupuesto accesible.

1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL

La viabilidad temporal se consideró factible ya que la recolección de suelos, preparación de las muestras y ejecución de los ensayos de laboratorio se desarrollaron dentro del cronograma establecido. Las pruebas de resistencia a compresión simple, densidad seca máxima, humedad óptima y CBR se realizaron en periodos relativamente cortos, lo

que permitió cumplir con los tiempos de investigación y asegurar la disponibilidad de resultados dentro del año académico correspondiente.

1.6.4. VIABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL

La investigación es social y ambientalmente viable, ya que plantea una alternativa accesible y sostenible para el mejoramiento de suelos arcillosos mediante el aprovechamiento de la ceniza de cáscara de tara, un residuo agrícola abundante en Huánuco. Socialmente, beneficia a las comunidades locales al brindar una solución de bajo costo para la construcción de caminos y viviendas, generando además valor agregado a la producción de tara y promoviendo la participación de los agricultores. Ambientalmente, contribuye a reducir la acumulación y quema de residuos agrícolas, disminuyendo su impacto contaminante, al mismo tiempo que fomenta el uso de materiales ecoeficientes en la ingeniería civil en reemplazo parcial de aditivos convencionales de mayor huella ambiental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Saldaña y Yunga (2023), tuvo como objetivo optimizar la vida útil de las vías secundarias mediante la aplicación de cal viva en la subrasante, identificando el porcentaje óptimo para mejorar su capacidad portante; la investigación se desarrolló en la vía Sibambe Multitud (48,5 km), donde se analizaron tres estratos de suelo mediante ensayos de laboratorio, evaluando su comportamiento en estado natural y tras la adición de cal en proporciones de 2 %, 4 % y 6 %; los resultados mostraron mejoras significativas en la capacidad portante, alcanzando incrementos del 148,27 % en el estrato 2 con 6 % de cal, del 203,12 % en el estrato 3 con 4 %, y del 631,16 % en el estrato 4 también con 4 %, concluyendo que la adición del 4 % de cal viva constituye la proporción óptima para mejorar la resistencia de la subrasante, optimizando recursos y reduciendo costos en la construcción y mantenimiento de este tipo de vías.

Pazmiño y Romero (2024) tuvieron como objetivo principal fue evaluar la capacidad de carga de las subrasantes de los caminos agrícolas en el Cantón Riobamba utilizando geoceldas para su confinamiento. La metodología se centró en la aplicación de geoceldas de PEAD para la estabilización de los suelos. Los resultados mostraron que el uso de estas geoceldas incrementa la capacidad portante y la rigidez de las subrasantes, reduciendo así los costos de construcción y el espesor de la capa de rodadura. En conclusión, la aplicación de geoceldas en los suelos de la zona es una alternativa técnica y económica viable para mejorar la calidad y durabilidad de los caminos agrícolas, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

Cobos y Anchundia (2024) en su estudio tuvieron como objetivo caracterizar física y mecánicamente los suelos del sector Los Bajos del Pechiche para establecer parámetros técnicos confiables en el diseño de

cimentaciones, mediante la ejecución de tres perforaciones hasta seis metros de profundidad utilizando el Ensayo de Penetración Estándar y la extracción de múltiples muestras, las cuales fueron analizadas conforme a normas NTE INEN (690, 691, 692, 923) para determinar humedad natural, límites líquido y plástico, granulometría, densidad, clasificación según ASTM, y calcular el índice de plasticidad, coeficiente de hundimiento de Prikloski, capacidad de carga, ángulo de fricción interna, susceptibilidad a licuefacción y relaciones volumétricas; los resultados evidenciaron suelos de plasticidad media a alta, clasificados como MH/OH y ML/OL (suelos arcillosos colapsables), con bajo riesgo de licuefacción y catalogados como marginales, predominando arcillas grises, café, con grava y arenosas, lo que concluyó en la necesidad de considerar estas condiciones desfavorables al momento de diseñar cimentaciones, recomendando precaución técnica adicional para asegurar estabilidad y reducir riesgos estructurales.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

López (2021) tuvo como objetivo determinar cómo influye la ceniza de cáscara de arroz como aditivo estabilizador en la subrasante arcillosa, su investigación fue experimental el diseño es ex trabajó con 100kg de muestra extraída de una calicata excavada a 1.50m de profundidad y adicionó el 5% 10% y 15% de CCA , los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en el laboratorio indican que el tipo de suelo natural es Arcilla Orgánica de alta plasticidad , tiene un LP de 27.17% , un LL de 51.01% y un IP de 23.84% al adicionar los porcentajes de CCA aumenta el IP el valor máximo fue de 26.75% , por otro lado a mayor porcentaje de CCA , el valor de la DMS disminuye incluso más que la del suelo natural , sin embargo al adicionar más del 15% de CCA logra una óptima DS, con respecto al CBR 95%, al incrementar el 15% de CCA aumenta significativamente a un valor de 10.5%. En conclusión, la CCA favorece al mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, al adicionar el 15% logra clasificar como una subrasante buena.

Cristobal y Quinte (2021) tuvo como objetivo determinar la variación de la subrasante al ser estabilizado con la ceniza de eucalipto, la investigación fue con un diseño experimental y un nivel explicativo, trabajó con una población al igual que la muestra de 2+182 Km, las cuales excavó 3 calicatas y añadió el 5%, 10%, 15% de ceniza de eucalipto, lo cual resultó un IP de 12.80%, 7.15% y 5.32%, el menor valor de IP corresponde a la adición de 15% de CA, un CBR de 4.36 %, 15.67 % y 7.54 %, el mayor valor de CBR corresponde a un 10% de CE y Un Módulo de resiliencia de 13.32ksi que corresponde a un 10% de CE. En conclusión, se consigue una estabilización al adicionar un porcentaje de 10% de CE, mejora el CBR, módulo de resiliencia y aumenta la estabilidad volumétrica del suelo.

Bravo y Lopez (2021) tuvo como objetivo añadir valvas de molusco y vidrio para mejorar las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, el diseño es experimental y nivel descriptivo, trabajó con una muestra de 200kg de suelo extraído de calicatas, en la cual incorporó el 3%,6%,10%,12% y 15% de polvo de valva de molusco + 7% de polvo de vidrio para cada muestra. Los resultados obtenidos a partir de los ensayos ejecutados indicaron que el tipo de suelo natural corresponde a una arcilla arenosa de baja plasticidad, presenta un IP de 24% y al adicionar los porcentajes de PVM Y PV disminuye hasta un 6.69%, el suelo natural presenta una MDS de 1.784 kg/cm2 y un OCH de 9.4%, al adicionar el 6% PVM + 7% PV aumenta la MDS en un valor de 1.847 kg/cm2 y un OCH de 12.1%, con respecto a la resistencia al corte, el ángulo de fricción del suelo natural fue 28.9° , al incorporar las mezcla aumenta hasta un 3.1° y la cohesión con respecto al suelo. Se concluye que al emplear el polvo de valvas de molusco y vidrio mejoran las propiedades mecánicas del suelo arcilloso con la proporción del 7% PVM + 6%PV.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Laos (2022) tuvo como objetivo determinar el efecto de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de la subrasante arcillosa. El diseño fue de tipo cuasi experimental , nivel relacional y enfoque cuantitativo ,

trabajó con una muestra extraída de una calicata a profundidad de 1.50m en la Sede Palmawasi, en la cual añadió porcentajes de 15%, 20%, 25% de ceniza de biomasa, a través de ensayos de laboratorio se obtuvo un tipo de suelo arcillosos de baja plasticidad, por otro lado el IP redujo significativamente al adicionar el 15% de CBPA de 11.62% a 4.23% con respecto al CBR al 95%, al incorporar el 25% de CBPA resultó un valor máximo de 22.57% logrando una clasificación como material de subrasante Muy buena. En conclusión, la ceniza de biomasa de palma aceitera funciona como aditivo estabilizador, añadiendo el 25% mejora significativamente la capacidad portante del suelo.

Espinoza (2022) tuvo el objetivo de determinar la influencia del extracto del Schinu Molle en las propiedades físicas - mecánicas de una subrasante arcillosa. Con un diseño cuasi experimental y longitudinal, nivel relacional y enfoque cuantitativo, trabajó una muestra extraída a una profundidad de 1.50m del km 26+800 L/I, referente a un suelo pobre. Se demostró mediante el ensayo Granulométrico que el tipo de suelo natural arcilloso según SUCS es (CH), y mediante AASHTO corresponde al grupo A-7-6 (15). Presentó una humedad natural alta de 22.4%, un IP alta de 26.4%, MDS de 1.454g/cm3 y óptimo contenido de humedad de 29.7% , el CBR dio como resultados muy bajos, del 100% de la MDS un 5.4% y para un 95% de la MDS un 3.9%, añadiendo Schinu molle en 3%,5% y 7% en peso de la muestra, la MDS resultó 1.468g/cm3 y la humedad óptima de 26.7% , con la adición del 7% el CBR aumenta con un 100% de la MDS al 6.4% y con 95% de la M.D.S al 5.5% , el porcentaje promedio de Expansión de la Muestra Natural fue de 3.24 % al agregarle el 7% de Molle Licuado la expansión disminuyó del 3.24% al 1.99%. En conclusión, el Schinu Molle sí mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo arcilloso con el 7% ya que aumentó la MDS a un 0.96%, disminuye la expansión al 60%y aumenta el CBR al 41%.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SUELO

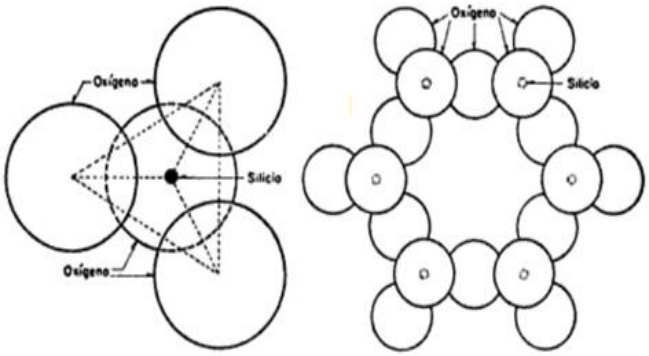
El suelo es un material no consolidado formado por un conjunto de partículas minerales originadas por procesos de fragmentación o alteración mecánica y química. Su clasificación depende principalmente del tamaño de sus partículas, pudiendo ser arena, limo, grava o arcilla. Las gravas suelen contener fragmentos de cuarzo, feldespato y otros minerales; en la arena predominan el cuarzo y el feldespato, acompañados en ocasiones de otros granos minerales; los limos están compuestos por partículas muy finas de cuarzo y láminas derivadas de minerales micáceos; mientras que las arcillas presentan partículas en forma de láminas microscópicas o submicroscópicas integradas por mica, minerales de arcilla y diversos minerales adicionales (Thompson y Troeh, 2021).

Suelo Arcilloso

Son suelos formados por arcilla, están compuestos principalmente por minerales que tienen una estructura cristalina, como los silicatos obtenidos en rocas ígneas y metamórficas, también por hierro, silicatos de magnesio, entre otros metales hidratados, cuyos átomos se componen en láminas: La silícica y la alumínica. Las láminas silícicas están compuestas por un átomo de silicio y alrededor está formada por 4 oxígenos, tomando forma de un tetraedro que a su vez se agrupan en unidades hexagonales (Queiroz, 2018).

Figura 1

Esquema de la estructura de la lámina silícica

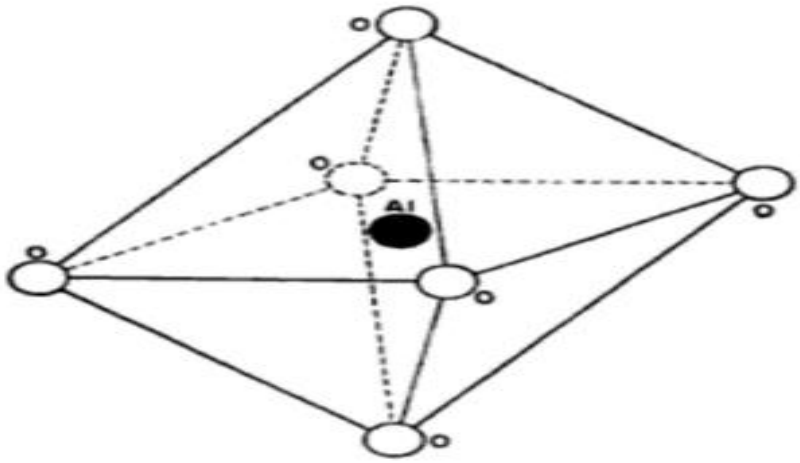


Nota. La figura muestra el esquema de la estructura de la lámina silícica, en el año 2005. Fuente: Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de suelos (2005).

Las láminas alumínicas están compuestos por octaedros incluyendo un átomo de aluminio en el núcleo o centro, y alrededor forman 6 de oxígeno (Lazares Gutiérrez, 2021).

Figura 2

Esquema de la estructura de la lámina alumínica



Nota. La figura muestra el esquema de la estructura de la lámina alumínica, en el año 2005. Fuente: Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de suelos (2005).

Con respecto a los minerales de la arcilla estas se agrupan en: Caolinitas, montmoilonitas e ilitas. Los minerales de arcilla exhiben plasticidad al entrar en contacto con una pequeña cantidad de agua (Macías Loor et al., 2018).

González et al. (2024) menciona que el tamaño de la arcilla es de un diámetro menor de 0.005 mm y que al tener contacto con el agua tiende a volverse plástica, al secarse se contraen, según su humedad presentan una alta cohesión y al exponerse a acción de cargas se comprimen.

2.2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Se refiere a la mejora de las propiedades físicas – mecánicas como la resistencia del esfuerzo cortante, comprensibilidad, la estabilidad volumétrica cuando existe agua, para ello se modifica mediante

procedimientos mecánicos y una combinación de productos, naturales, sintéticos y químicos. Esta estabilización se realiza a menudo en suelos inadecuados, pobres o inestables como son las arcillas, la cual se pueden utilizar materiales de estabilización del suelo con cemento, cal, asfalto y otros distintos productos (Montejo Fonseca et al., 2019).

En algunas ocasiones se emplean aditivos para la estabilización de suelos en terreno, especialmente aquellos de textura fina. Los aditivos más utilizados incluyen, cemento, cenizas volantes y cal. La estabilización del suelo tiene varios efectos principales: Altera las propiedades del suelo, acelera el proceso constructivo y mejora la resistencia y durabilidad del suelo (Herráez y Moreno, 2019).

Propiedades De La Estabilización En Un Suelo

Estabilización Volumétrica

La estabilización en un suelo debe incrementar la capacidad de resistir las presiones que se pueda originar a causa del aumento de la cantidad de agua (García et al., 2024).

Resistencia

La mayoría de los aditivos estabilizadores tiende a aumentar la resistencia de la capacidad portante en un suelo pobre, logrando un material apto a nivel de subrasante (Jaramillo Suárez, 2017).

Compresibilidad

Un aditivo estabilizador beneficioso al ser aplicado al suelo tiende a disminuir la compresibilidad (Jaramillo Suárez, 2017).

Durabilidad

La estabilización debe favorecer a esta propiedad que hace referencia a la capacidad del suelo de soportar cuando están sometidos a factores ambientales y al tránsito con el fin de garantizar su durabilidad durante su periodo de diseño (González y Cueto, 2017).

Trabajabilidad

La estabilización debe garantizar en esta propiedad que es la facilidad para ser manipulado, aplicado, incorporado en una mezcla homogéneamente para su proceso (Lazares Gutiérrez, 2021).

Plasticidad

La plasticidad es una propiedad que influye en el comportamiento de suelo al tener contacto con el agua, la estabilización en un suelo debe garantizar en reducir la plasticidad (Macías et al., 2018).

Tipos de estabilización

Estabilización mecánica

La estabilización mecánica tiene el fin de mejorar las propiedades del suelo sin modificar la composición de su estructura, generalmente este proceso se logra mediante la compactación, ya que reduce los vacíos que puede contener el suelo (Montejo Fonseca et al., 2019).

Compactación dinámica

Es un método para aumentar la densidad de los sedimentos granulares del suelo. Esta técnica consiste en lanzar reiteradamente un gran peso al suelo en intervalos regulares. El peso del martillo utilizado varía de 80 a 360 kN, mientras que la altura de caída fue de 7,5 a 30,5 metros. Las ondas creadas por los golpes del martillo son de tensión y contribuyen a la compactación del suelo. Los factores principales dependen del lugar del grado de compactación que se obtiene en un lugar determinado: el peso de los martillos, la altura de caída y la distancia entre los puntos de caída de los martillos (Villalobos, 2016).

Estabilización química

Estabilización con cal

Existen diferentes tipos de cal utilizados para la estabilización de suelos finos, como la cal hidratada rica en calcio, la cal viva de origen calcítico, la cal dolomítica monohidratada y la cal viva de origen dolomítico. Por lo general, el porcentaje de cal necesaria para la estabilización del suelo oscila entre el 5% y el 10%. En arcillas se producen dos reacciones químicas conocidas como intercambio catiónico y floculación-aglomeración cuando se añade cal (Navarro García, 2023).

Estabilización con cemento

El uso del cemento es el más utilizado como material para estabilizar suelos, en especial al construir carreteras y presas de tierra, es una alternativa para estabilizar suelos finos. Al igual que la cal, el cemento disminuye el límite líquido de las arcillas e incrementa la plasticidad y la trabajabilidad. La estabilización con cemento resulta efectiva en arcillas cuando el límite líquido es menor a 45 hasta 50 y un índice de plasticidad es aproximadamente de menos de 25 (Guerrero Fernández, 2017).

Estabilización con ceniza volante

Provienen de la incineración de carbón pulverizado, a menudo ligado con las centrales eléctricas. Es un polvo de granos finos que en lo principal contiene sílice, óxido de aluminio álcalis y varios óxidos. Debido a sus propiedades puzolánicas, las cenizas volantes reaccionan con la cal apagada y así forman productos de cemento y se pueden usar para estabilizar bases y subbases de carreteras. Con respecto a la preparación de las mezclas se utiliza un 10-35% de cenizas volantes y 2-10% de cal. Esta mezcla de suelo, cal y ceniza se compacta bajo condiciones controladas y con suficiente humedad para formar una capa de suelo estable (Montoya Jaramillo, 2017).

2.2.3. ENSAYOS DE SUELO DE FUNDACIÓN

Ensayo de granulometría por tamizado

Este ensayo tiene el objetivo de determinar la distribución de los tamaños de las partículas de suelo, expresado como porcentajes de suelo

que conduce a través de los distintos tamices utilizados para el ensayo, hasta el tamiz de 74 mm (Nº 200) (Rondón y Reyes, 2023).

Incluyen los siguientes tamices:

Figura 3

Abertura de los tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA (mm)
3″	75,000
2″	50,800
1 ½″	38,100
1″	25,400
¾″	19,000
⅜″	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Ensayo de Límite De Atterberg

Índice de plasticidad

Basados en la NTP 339.129, el índice de plasticidad se obtiene de la resta del límite plástico y límite líquido.

Límite líquido

Basados en el ASTM D423-66, NTP 339.129, la cual establece que para determinar el límite líquido se evaluará el contenido de humedad, que cierre la distancia de 1/2 plg (12.7mm) a lo largo de la ranura a través de 25 golpes.

Límite plástico

Basados en el ASTM D423-66, NTP 339.129, establece que, para determinar el límite plástico, se utiliza un rollito de 3,2 mm que se formará con el suelo, el contenido de agua que se raje al formar el rollito resultará ser el límite plástico.

CBR (California Bearing Ratio)

Basados en el ASTM D 1883, MTC 132 y la NTP 339.145 indica que su uso se emplea para la evaluación de la capacidad portante del suelo, la resistencia potencial de las capas que constituyen la estructura de un pavimento, así como para la evaluación la resistencia al esfuerzo de corte de un terreno con el fin de evaluar la calidad del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de humedad optima y densidad seca, también proporciona un resultado de la expansión que pueda tener la muestra.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

El método está basado en determinar la densidad seca de diferentes ensayos de probetas, para la compactación del suelo se utiliza rodillos pesados en las cinco capas que luego se someterá a una compresión de 44.5 N que es el peso del martillo, el cual golpea 25 veces para cada capa, la compactación debe estar en las mismas condiciones, pero con diferentes contenidos de humedad (Rui-Wamba, 2020).

2.2.4. LA TARA

El árbol de tara, de nombre científico Caesalpinia Spinosa, es una planta leguminosa, de tamaño pequeño, de 4-8 m de altura y que puede alcanzar los 12 m en condiciones adecuadas, y es la más común. Su importancia Su valor económico son las vainas secas para obtener taninos para el curtido de cueros y las semillas para la goma de mascar como aditivo alimentario. La harina o el polvo elaborado con vainas de tara molidas pueden contener hasta un 60 % de tanino (Blanco y Valle, 2009).

2.2.5. CÁSCARA DE TARA

La cáscara de tara representa el 62% – 67% del peso total del fruto, la cáscara contiene un alto contenido de taninos (Blanco y Valle, 2009).

2.2.6. CENIZA DE CÁSCARA DE TARA

La ceniza de cáscara de tara es el producto de la calcinación de la cáscara de tara (Bustamante y Bustamante, 2009).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

ARCILLA: Porción fina de un suelo que exhibe plasticidad (González Caballero, 2001).

CAPACIDAD PORTANTE: Es el esfuerzo de contacto máximo que puede resistir el suelo sin originar un asentamiento de la estructura apoyada en ella (Díaz de León et al., 2018).

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS: Es un tratamiento químico o mecánico destinado a aumentar o preservar la estabilidad de la masa del suelo con el fin de mejorar sus propiedades técnicas (Montejo Fonseca et al., 2019).

SUBRASANTE: Es la superficie de suelo preparada para soportar una estructura o un sistema de pavimentación (Rondón y Reyes, 2023).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: La ceniza de cáscara de tara influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

H0: La ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: La incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE2: La incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE3: La incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE4: La densidad máxima seca de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: La densidad máxima seca de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE5: El porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: El porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE6: El índice de CBR de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: El índice de CBR de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Capacidad Portante de la subrasante.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Ceniza de cáscara de tara.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
La ceniza de cáscara de tara **(Variable Independiente)**	La ceniza de cáscara de tara es el producto de la calcinación de la cáscara de tara.	Se aplicará porcentajes de ceniza de cáscara de tara del peso seco de la muestra (Kg).	-Peso del 5%, 10%, 15% de la ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra.	- Kilogramos (Kg)	-Ficha de Campos	METODOLOGÍA ENFOQUE: Cuantitativo
Capacidad Portante de la subrasante **(Variable Dependiente)**	Es el esfuerzo de contacto máximo que puede resistir el suelo sin originar un asentamiento de la estructura apoyada en ella.	La Capacidad Portante de la subrasante de suelo arcilloso se obtendrá mediante la ejecución del ensayo California Bearing Ratio (CBR).	-Capacidad Portante con 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra.	- Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm2) - Variación de la resistencia entre métodos	- Ficha de laboratorio del ensayo CBR.	METODOLOGÍA ENFOQUE: Cuantitativo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación aplicada es un tipo de investigación científica orientada a resolver problemas prácticos y específicos, utilizando conocimientos, teorías y métodos previamente desarrollados en la investigación básica para generar soluciones, mejoras o innovaciones en un contexto real (Reyes, 2022).

El trabajo de investigación es de tipo aplicada puesto que busca actuar ante una realidad problemática, en este caso se añadirá porcentajes de cenizas de cáscara de tara a la subrasante de suelo arcilloso para aumentar su capacidad portante.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque cuantitativo es un tipo de investigación que se basa en la recolección y el análisis de datos numéricos para describir, explicar o predecir fenómenos, utilizando la medición objetiva, la estadística y la comprobación de hipótesis con el fin de obtener resultados generalizables y verificables (Barbosa et al., 2020).

El presente proyecto de investigación tiene enfoque cuantitativo porque a través de la medición numérica se utilizará la selección de datos para determinar la influencia de la ceniza de cáscara de tara como alternativa para el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel explicativo de la investigación busca identificar las causas y efectos de un fenómeno, respondiendo al “por qué” y “cómo” ocurre. Este tipo de estudio profundiza en las relaciones entre variables, formulando hipótesis que luego se verifican mediante análisis detallados. Es esencial

para comprender y justificar las razones detrás de un comportamiento o resultado (Iglesias, 2021).

Con respecto al nivel, la presente investigación corresponde a un nivel Explicativo, porque se conocerá la causa - efecto entre las variables; ceniza de cáscara de tara como alternativa para incrementar la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

3.1.3. DISEÑO

El diseño cuasi experimental es un tipo de diseño de investigación que permite establecer relaciones de causa y efecto entre variables, mediante la aplicación de un tratamiento o intervención, pero sin asignar aleatoriamente los sujetos o muestras a los grupos de estudio, manteniendo un grupo control y uno o más grupos experimentales para comparar los resultados (Enrique Pereyra, 2022).

El estudio se desarrolló bajo un diseño cuasi experimental, el cual permitió comparar los efectos de la incorporación de ceniza de cáscara de tara en diferentes proporciones (5%, 10% y 15%) sobre las propiedades geotécnicas de un suelo arcilloso, en relación con un grupo control conformado por muestras de suelo natural. Este diseño permitió establecer la relación causa-efecto entre la variable independiente, porcentaje de ceniza añadida y la variable dependiente, capacidad portante del suelo, sin aplicar una asignación aleatoria de las muestras. De esta manera, se comprobó el efecto del tratamiento en condiciones controladas, validando los resultados obtenidos y evidenciando la influencia positiva de la ceniza en el mejoramiento del suelo arcilloso.

$$X \longrightarrow Y$$

Donde:

X: La ceniza de cáscara de tara

Y: Capacidad Portante del suelo

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población se refiere al conjunto total de elementos o unidades que comparten características específicas relacionadas con el objeto de estudio. En esta investigación, la población podría ser todos los concretos curados en diferentes condiciones (Gaviria y Márquez, 2019).

En este estudio la población está conformada por el suelo que contiene el Jr. Los Cedros, Distrito De Amarilis, Huánuco, la cual será excavada por una calicata de 1.50m de profundidad.

3.2.2. MUESTRA

Una muestra no probabilística se selecciona sin aplicar criterios aleatorios, sino que se elige según conveniencia, disponibilidad o juicio del investigador. Esto permite trabajar con grupos representativos en contextos donde no se puede garantizar la aleatoriedad. En este caso, se seleccionarán probetas de suelo de manera no probabilística, garantizando que representen adecuadamente las condiciones de curado estudiadas (Gaviria y Márquez, 2019).

Las muestras incluidas en este estudio tienen fines no probabilísticos, ya que no es igualmente probable que todos los elementos formen parte de la muestra.

El Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, recomienda que para la exploración de suelos de bajo volumen de tránsito se requiere 01 calicata por Kilómetro a 1.50m de profundidad.

Para el presente proyecto se tomará 1 muestra representativa de una calicata para estudiar las propiedades de la estabilización del suelo. Luego de dicha muestra de tierra (calicata) se elaboraron:

- Para la compresión: 8 muestras con 5% de ceniza de cáscara de tara, 8 muestras con 10% de ceniza de cáscara de tara, 8 muestras con 15% de ceniza de cáscara de tara y 8 muestras sin ceniza de cáscara de tara.

- Para la humedad máxima: 8 muestras con 5% de ceniza de cáscara de tara, 8 muestras con 10% de ceniza de cáscara de tara, 8 muestras con 15% de ceniza de cáscara de tara y 8 muestras sin ceniza de cáscara de tara.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En la presente investigación se aplicó la observación directa como método principal de recolección de datos, permitiendo obtener información precisa y confiable sobre las variables analizadas. Del mismo modo, se recurrió a técnicas de laboratorio indispensables para la preparación de las mezclas y la ejecución de los ensayos especializados. Se elaboraron muestras de suelo arcilloso incorporando ceniza de cáscara de tara en proporciones del 5%, 10% y 15% respecto al peso seco del suelo, además de un grupo patrón sin adición.

Las probetas fueron conformadas considerando los parámetros de humedad óptima y densidad seca máxima, determinados mediante el ensayo Proctor (ASTM D1557). Posteriormente, se evaluó su comportamiento mediante ensayos de resistencia a la compresión simple (ASTM D2166) y CBR (ASTM D1883), con el propósito de analizar la variación en la capacidad portante del suelo tratado.

Para cada porcentaje de adición se elaboraron ocho probetas, alcanzando un total de treinta y dos muestras ensayadas. Todas fueron debidamente identificadas y registradas fotográficamente, lo que garantizó la trazabilidad del proceso experimental y la interpretación precisa de los resultados obtenidos.

Figura 4

Recolección de la muestra de tierra

Figura 5

Pesaje de suelo para realizar la granulometría

Figura 6

Vibrado manual de los tamices

Figura 7

Pesaje de las muestras de suelo retenidas en cada tamiz

Figura 8

Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40

Figura 9

Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande

Figura 10

Llenado de muestra a la cuchara de Casagrande

Figura 11

Trazo de hendidura con el acanalador de bronce

Figura 12

Golpes del suelo con la Casagrande

Figura 13

Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande

Figura 14

Ensayo del límite plástico del suelo

Figura 15

Pesaje de las muestras elipsoides del suelo

Figura 16

Secado en el horno las muestras de suelo

Figura 17

Pesajes de ceniza de cáscara de tara 5%.

Figura 18

Pesajes de ceniza de cáscara de tara 10%

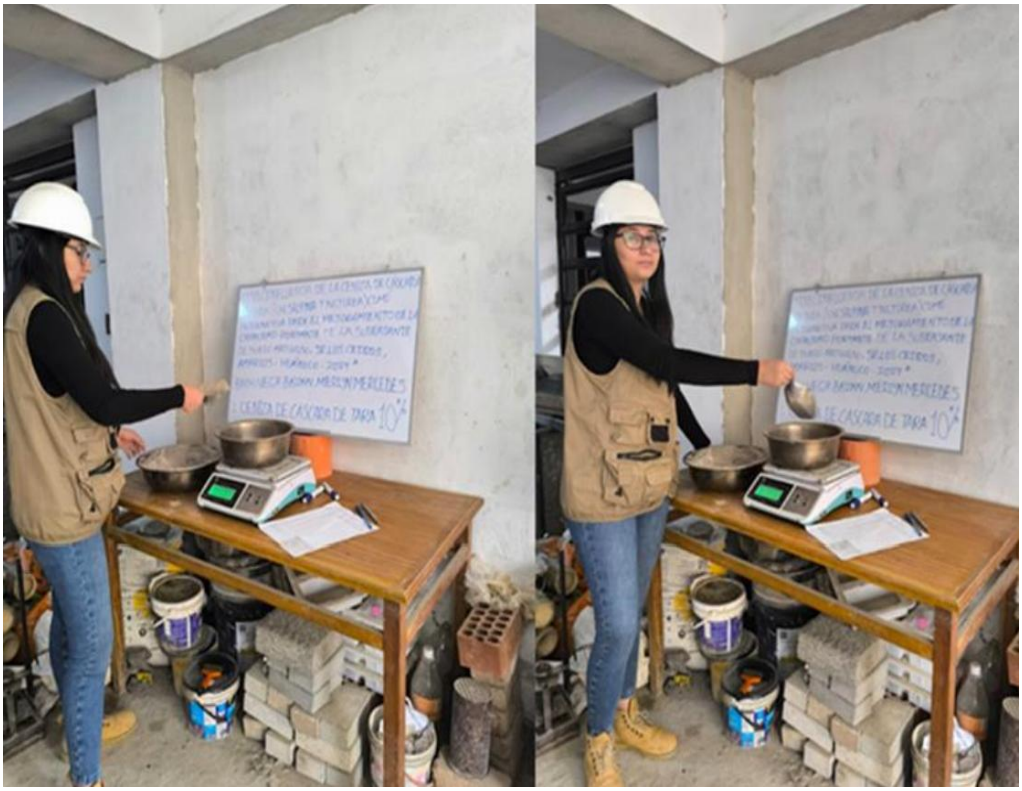


Figura 19

Pesaje de ceniza de cáscara de tara 15%.

Figura 20

La muestra extraída del suelo

Figura 21

Cortamos la muestra a una altura especificada de 4”

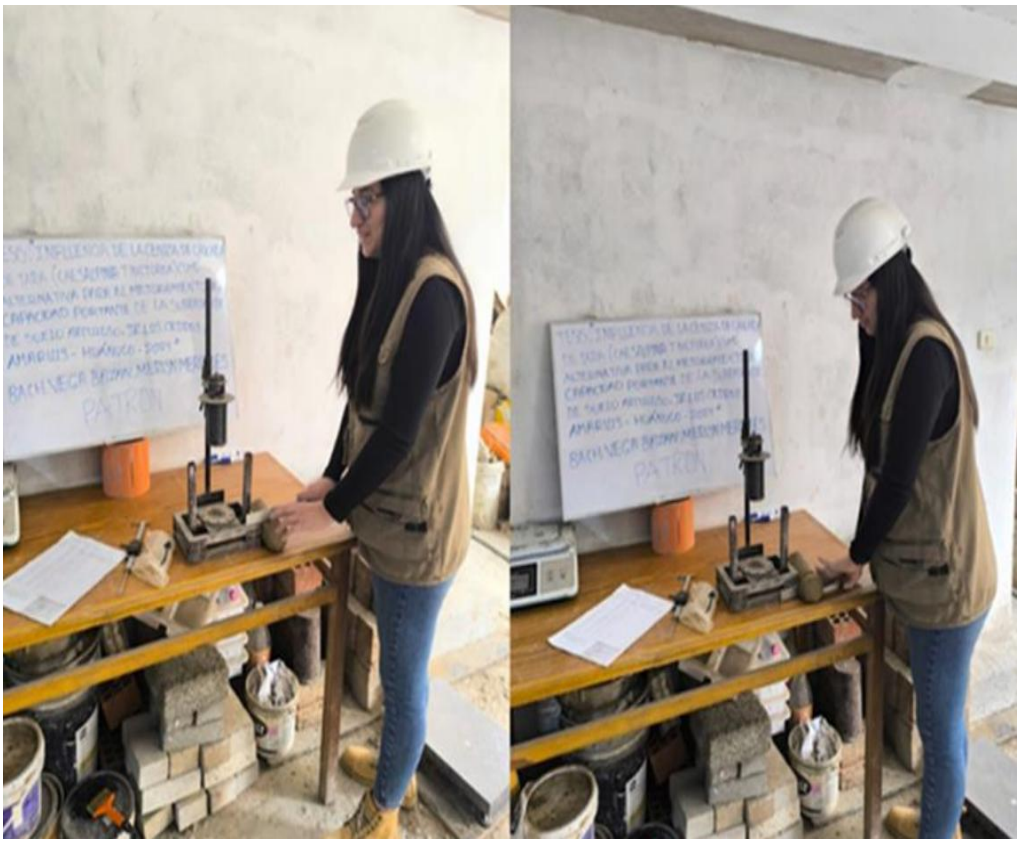


Figura 22

Entallamiento de la muestra de suelo.

Figura 23

Medición longitudinal de la muestra tallada

Figura 24

Medición transversal de la muestra tallada

Figura 25

Humedecimiento de la tierra con su adición de 5%

Figura 26

Humedecimiento de la tierra con su adición de 10%.

Figura 27

Humedecimiento de la tierra con su adición de 15%.

Figura 28

Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 5%

Figura 29

Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 10%

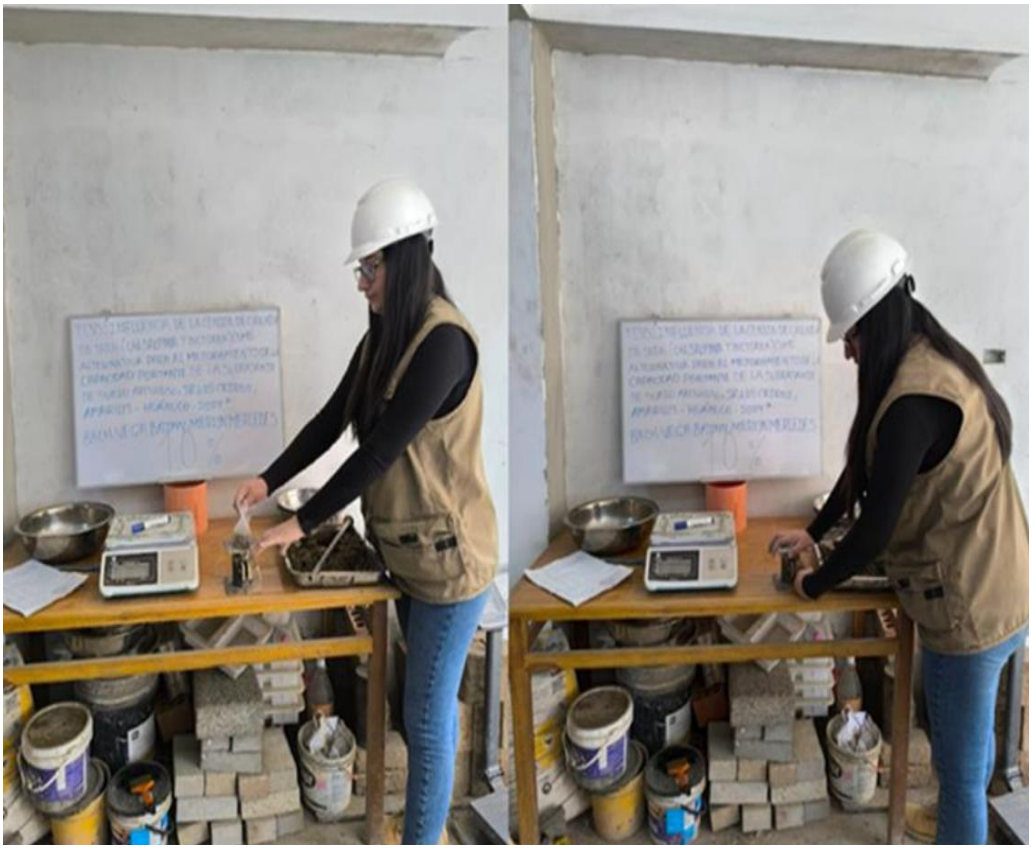


Figura 30

Proceso del llenado del molde cilíndrico con el suelo y sus adicciones 15%

Figura 31

Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 5%.

Figura 32

Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 10%

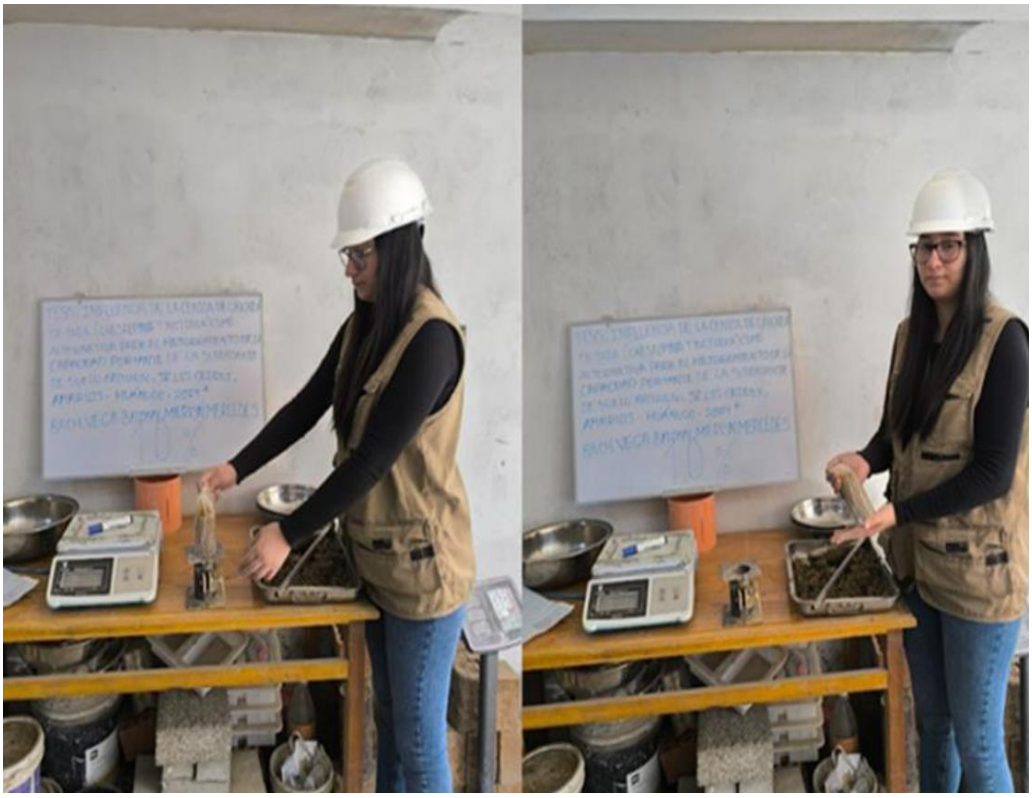


Figura 33

Proceso de desmoldeo de las muestras de suelo con sus respectivas adiciones 15%

Figura 34

Muestra poblacional de los testigos cilíndricos de suelos con adiciones de ceniza de cáscaras de tara

Figura 35

Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo (Patrón)

Figura 36

Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 5%.

Figura 37

Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 10%.

Figura 38

Colocación y registro de la carga máxima y deformación que da la muestra de suelo con adición 15%.

Figura 39

Pesaje de la muestra cilíndrica (patrón)

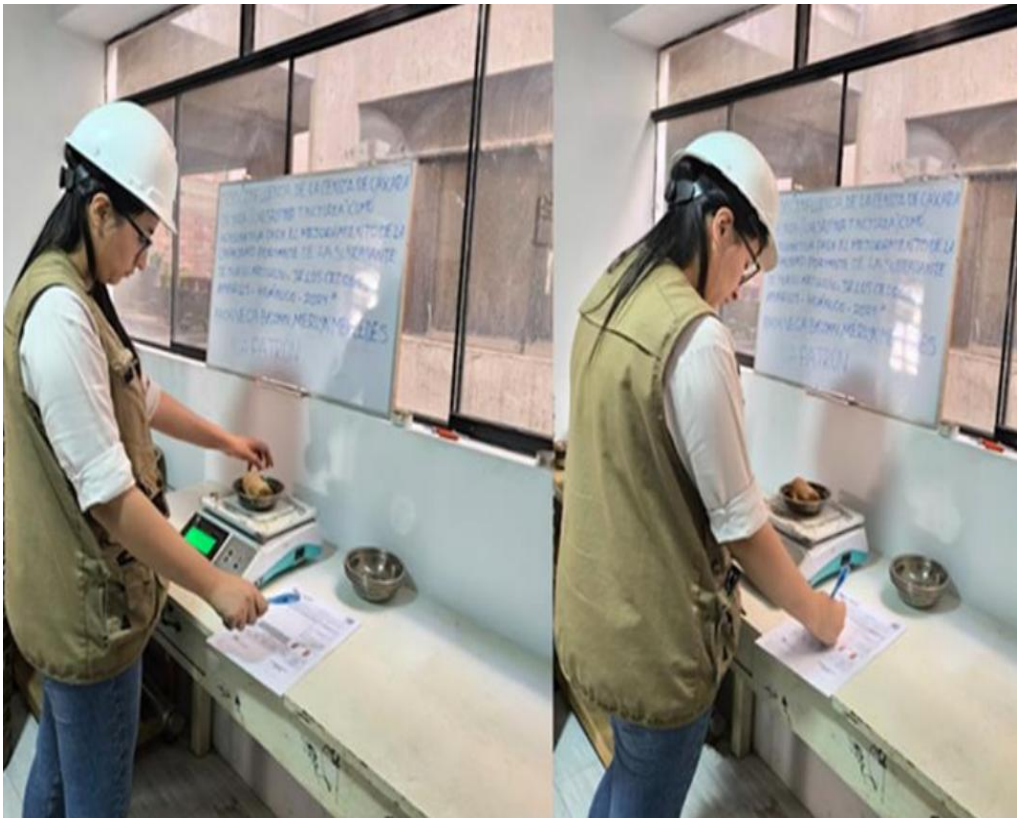


Figura 40

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 5%

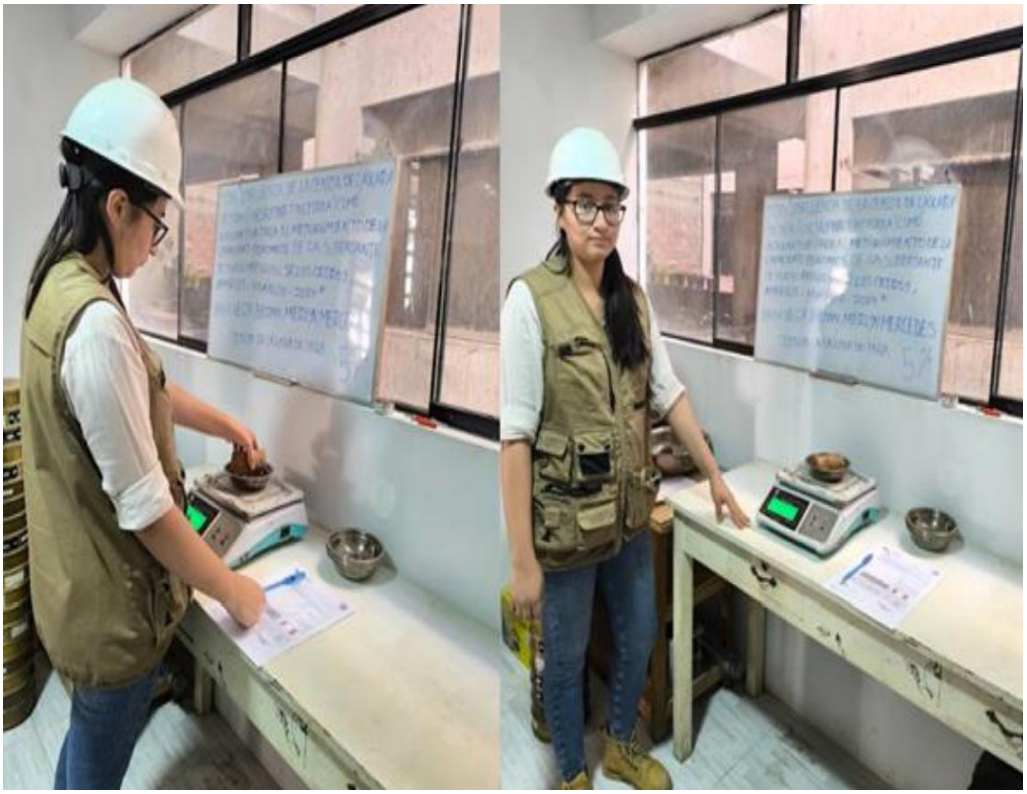


Figura 41

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 10%

Figura 42

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 15%.

Figura 43

Llevado al horno

Figura 44

Sacado del horno

Figura 45

Pesaje de la muestra cilíndrica sin adición (patrón)

Figura 46

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 5%

Figura 47

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 10%.

Figura 48

Pesaje de la muestra cilíndrica con adición 15%.

Figura 49

Pesaje de la adición, (ceniza de carbón).

Figura 50

Pesaje de la adición de ceniza de cáscara de tara

Figura 51

Pesaje de la adición de ceniza de cáscara de tara

Figura 52

Pesaje de suelo (patrón).

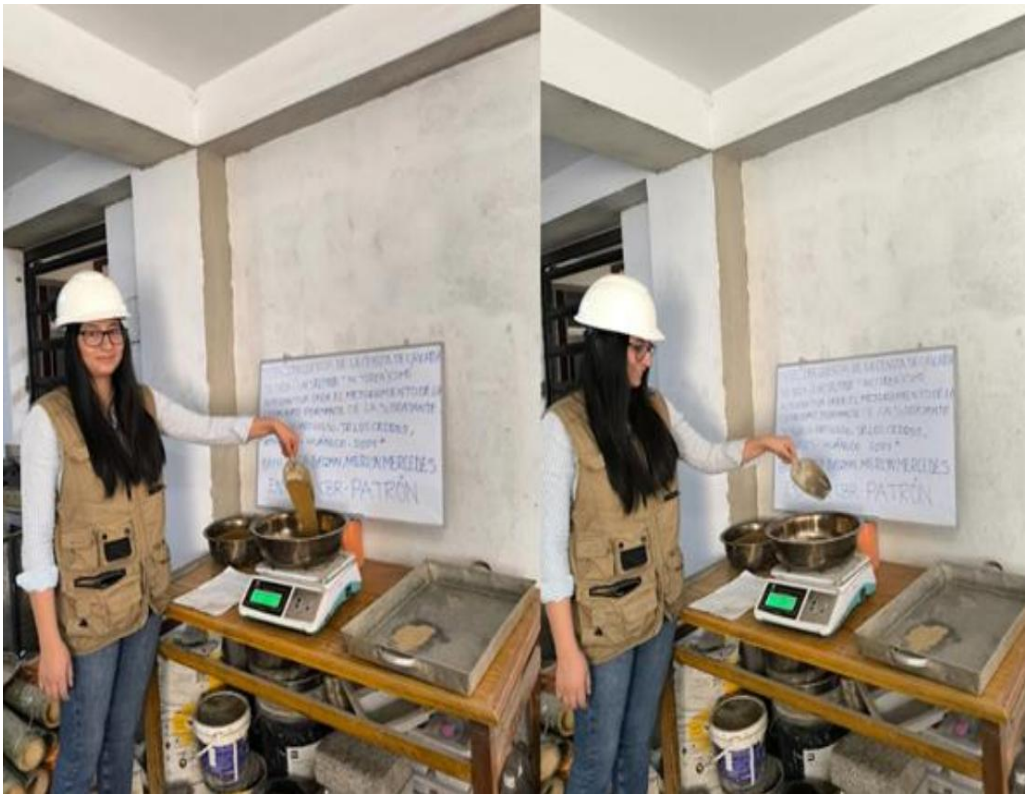


Figura 53

Pesaje de agua

Figura 54

Mezclado homogéneo, del ensayo "CBR" en laboratorio (patrón)

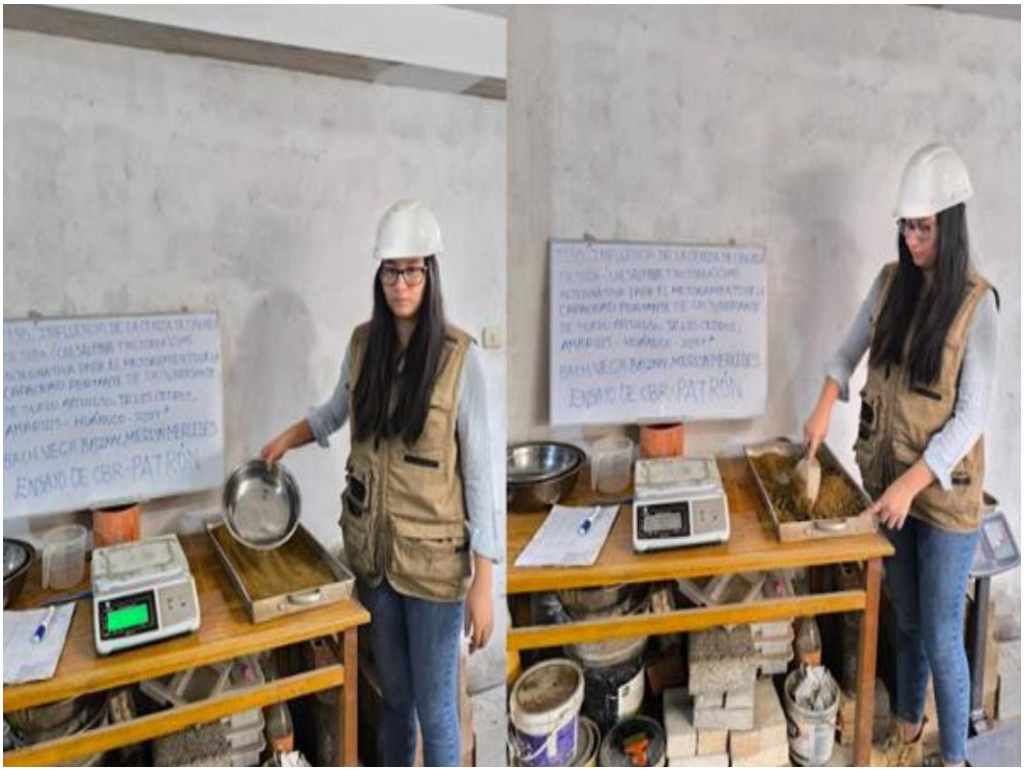


Figura 55

Pesaje de agua, adición (5%)

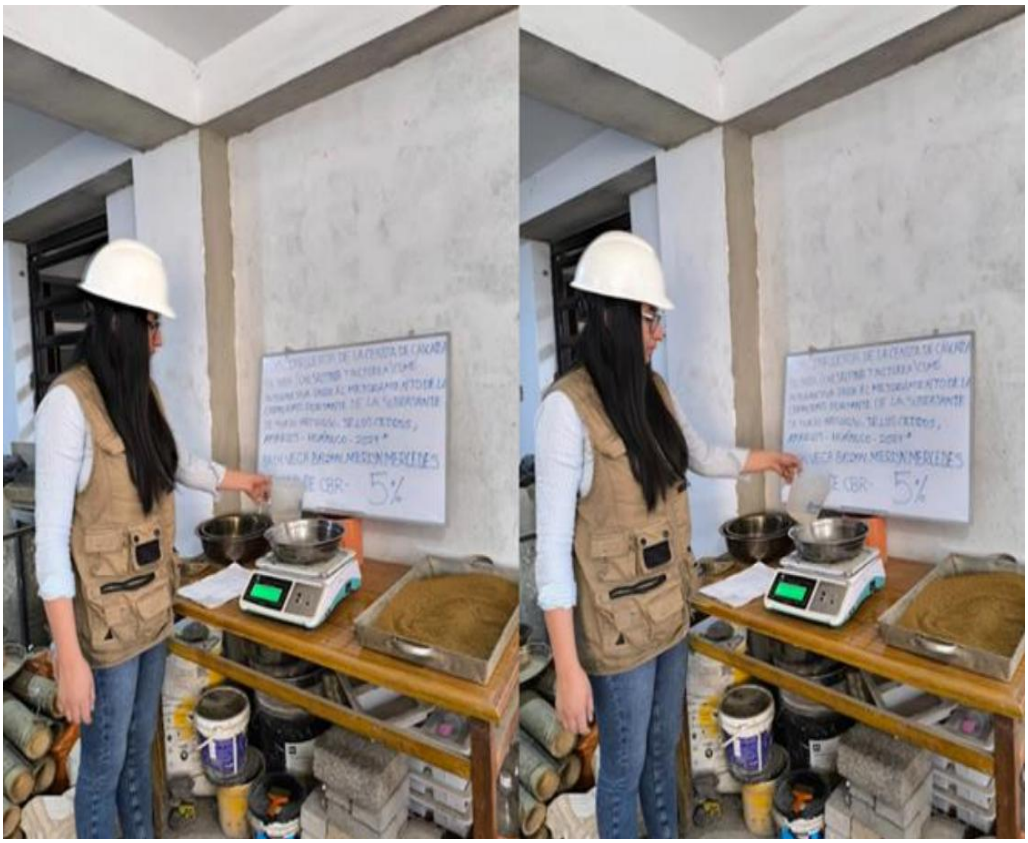


Figura 56

Mezclado homogéneo, del ensayo "CBR" en laboratorio, con adición de 5%

Figura 57

Pesaje de suelo, con adición del 10%.

Figura 58

Pesaje de agua, adición (10%).

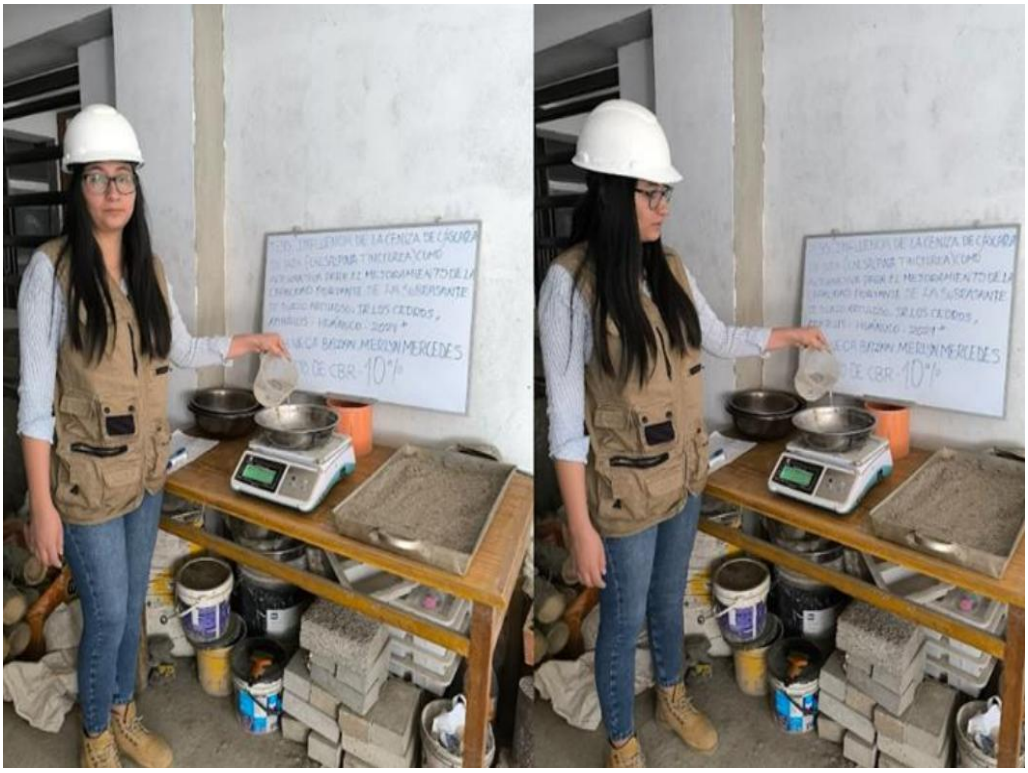


Figura 59

Mezclado homogéneo, del ensayo "CBR" en laboratorio, con adición de 10%

Figura 60

Pesaje de suelo, con adición del 15%

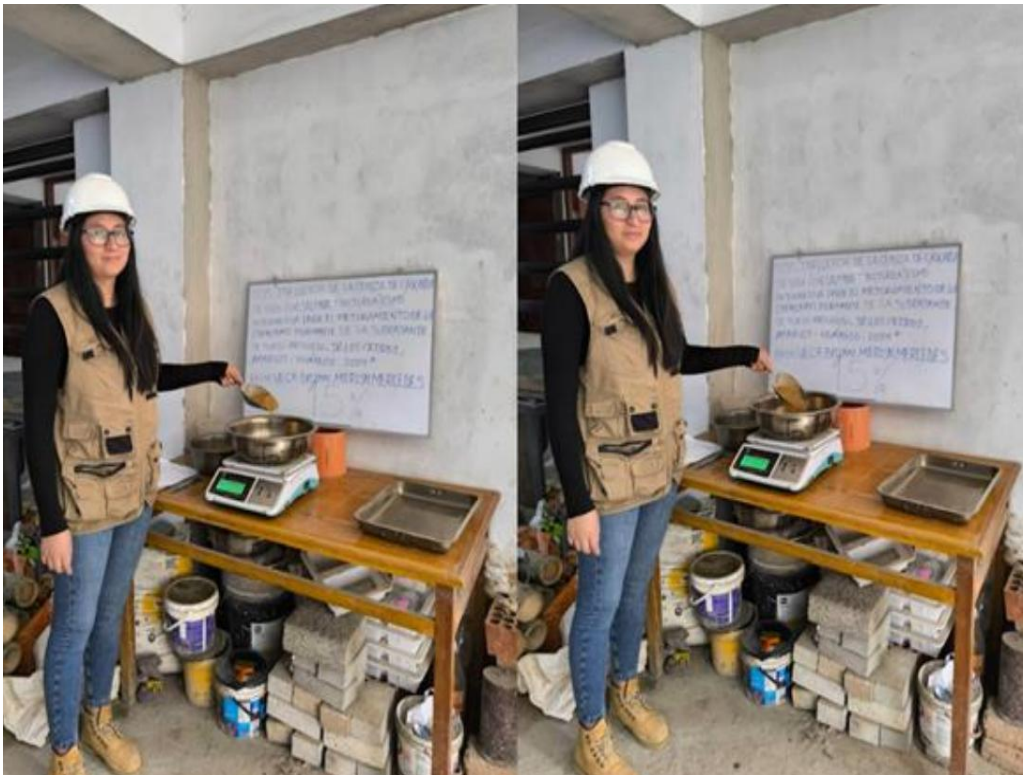


Figura 61

Pesaje de agua, adición (15%)

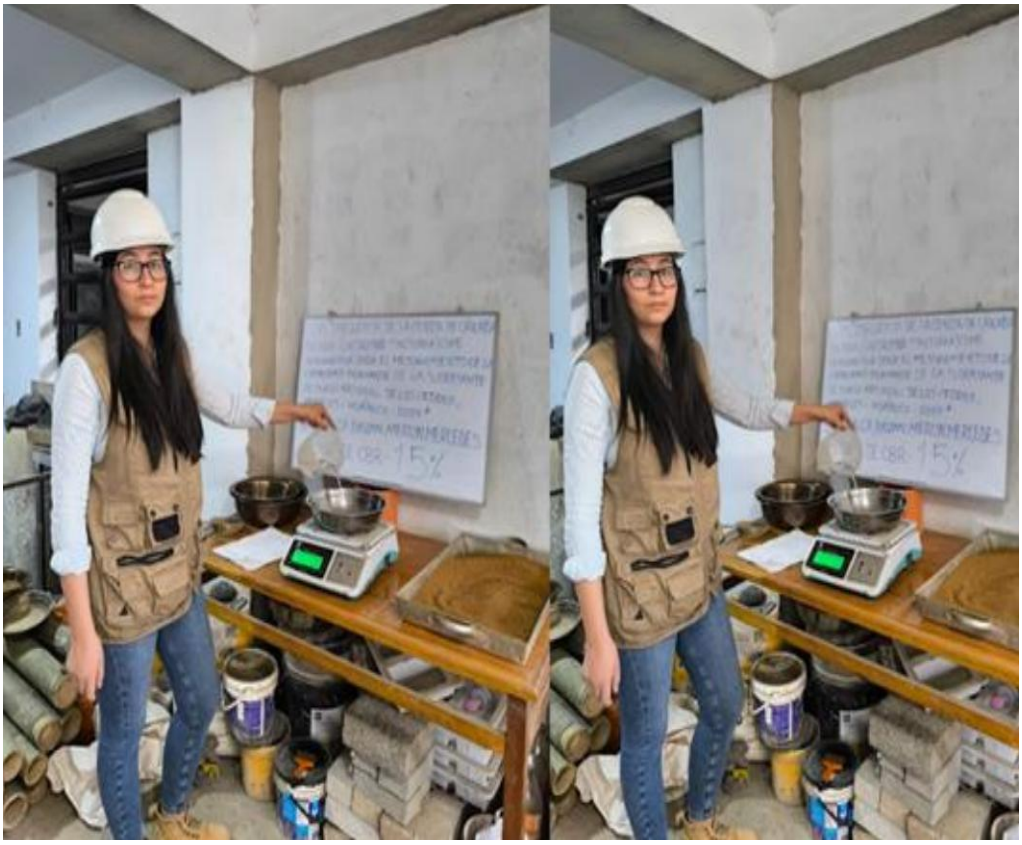


Figura 62

Mezclado homogéneo, del ensayo "CBR" en laboratorio, con adición de 15%

Figura 63

Pesaje del Proctor (Patrón)

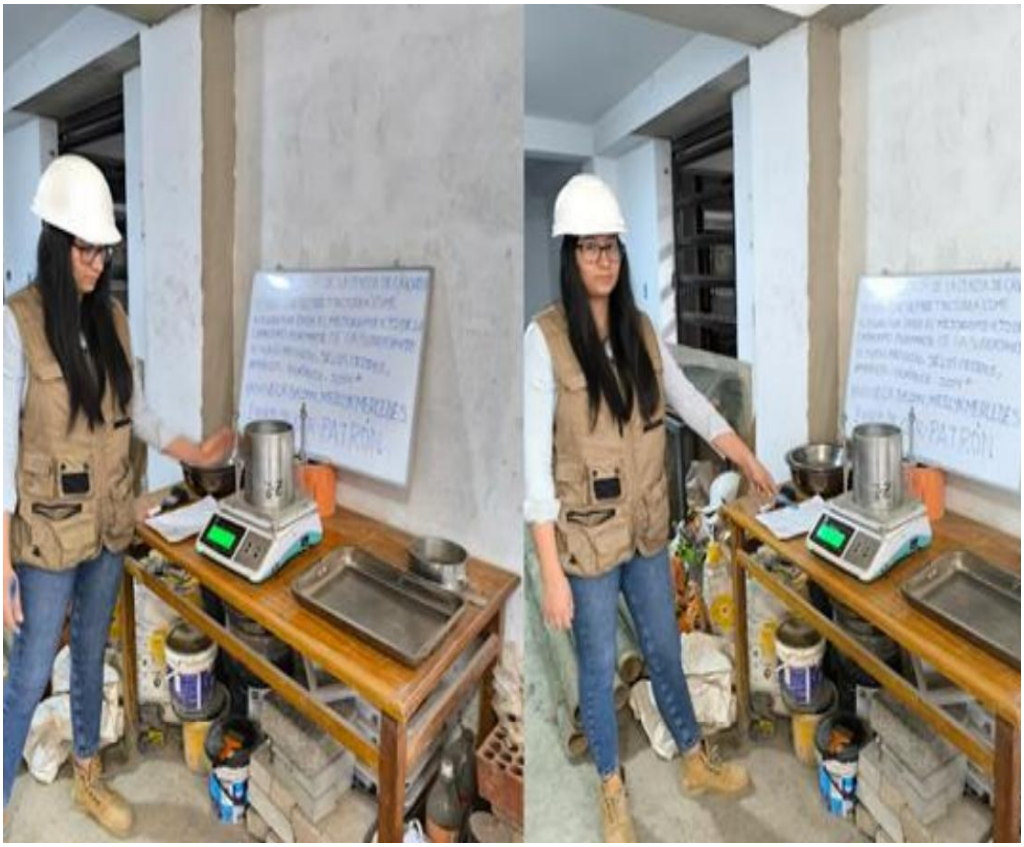


Figura 64

Pesaje del Proctor 5%.

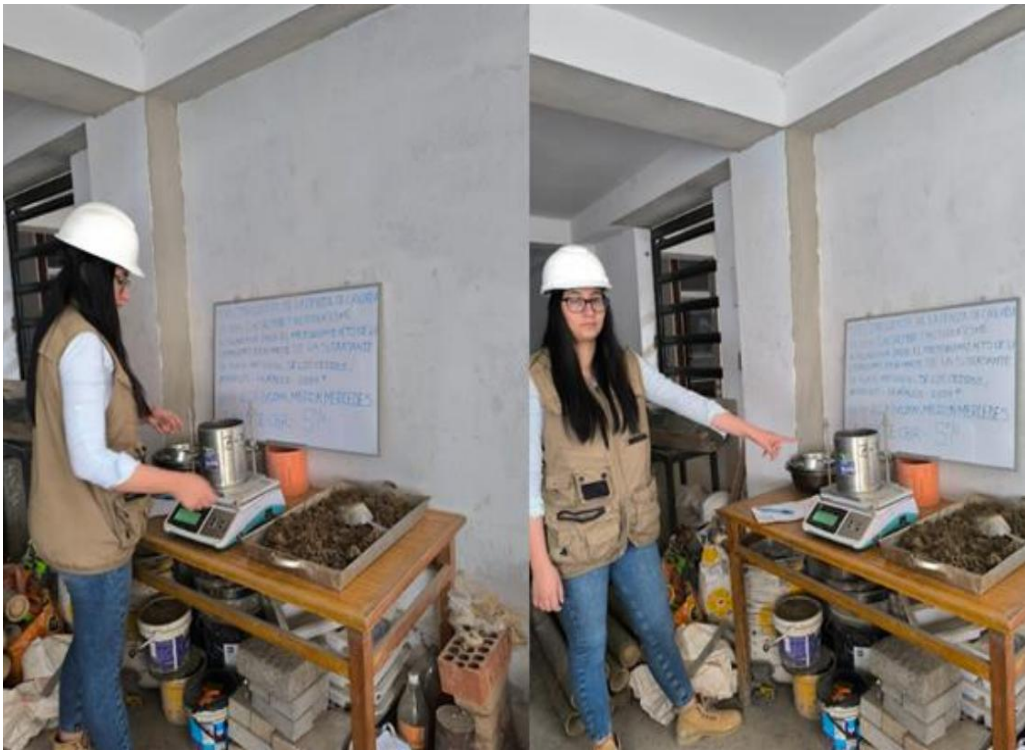


Figura 65

Pesaje del Proctor 10%.

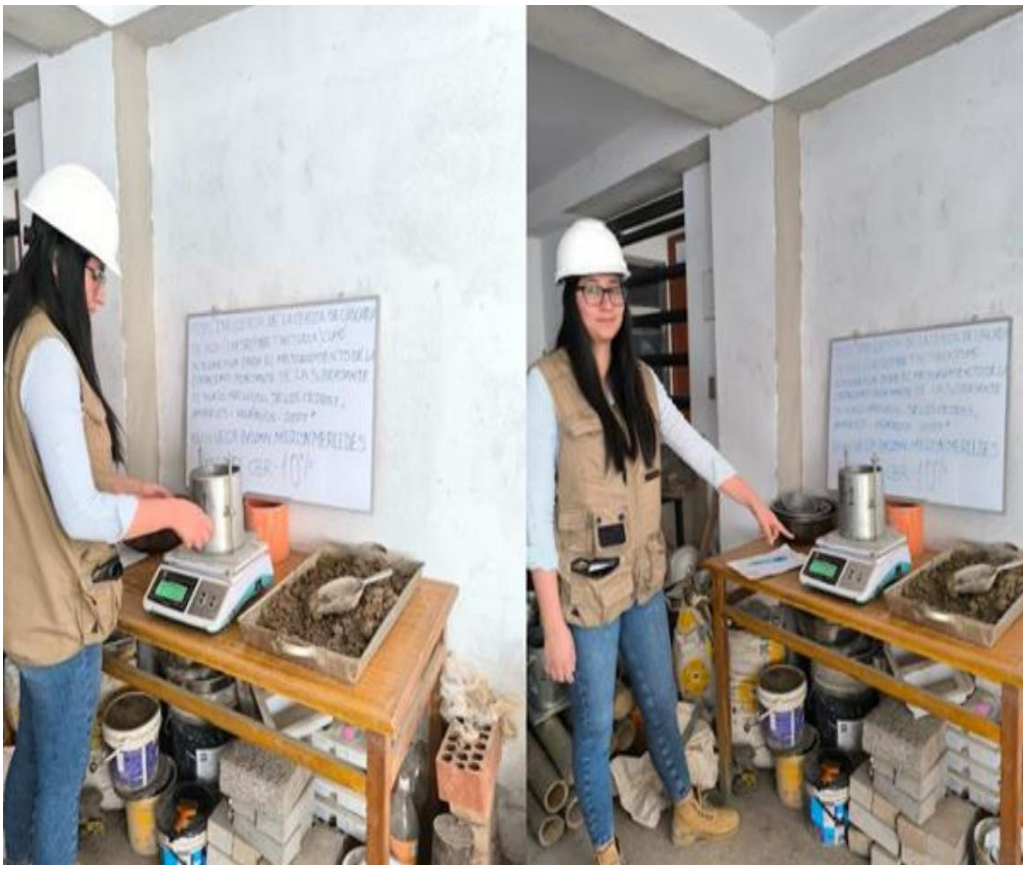


Figura 66

Pesaje del Proctor 15%.

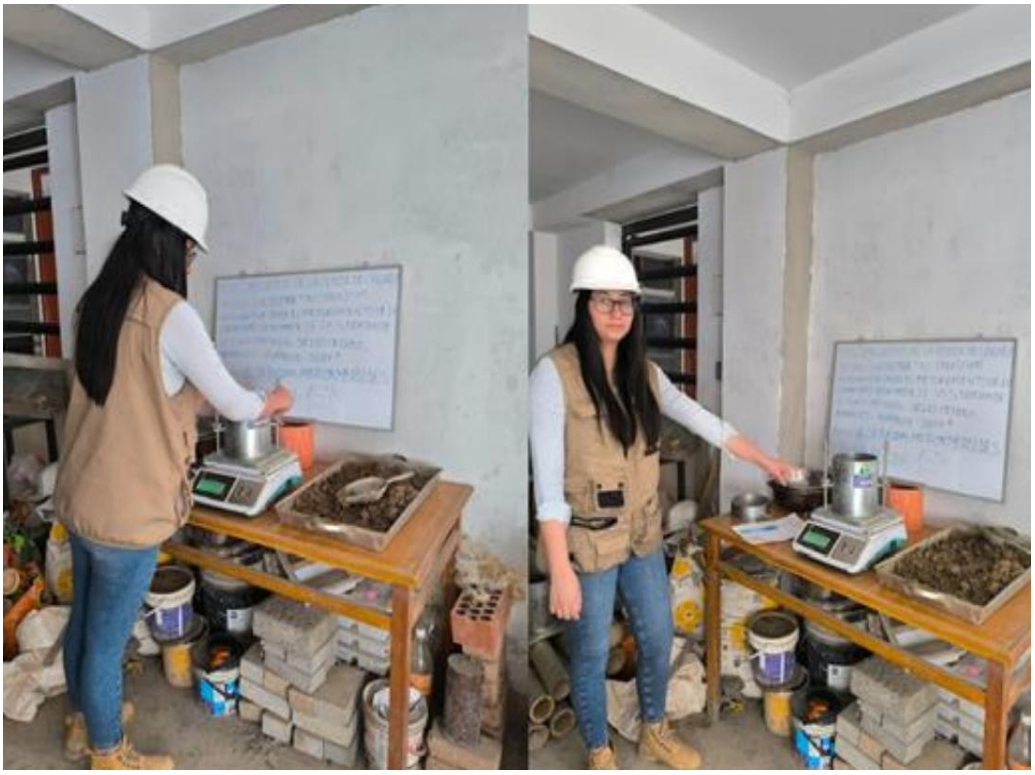


Figura 67

Compactación del ensayo "CBR" en laboratorio (patrón)

Figura 68

Corte del espécimen compactado de la muestra (patrón).

Figura 69

Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo "CBR" (patrón).

Figura 70

Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de (patrón)

Figura 71

Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio con (adición 5%)

Figura 72

Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 5%).

Figura 73

Pesaje de los moldes más suelo húmedo

Figura 74

Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición 5%.

Figura 75

Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición de 5%.

Figura 76

Compactación del ensayo "CBR" en laboratorio con (adición 10%).

Figura 77

Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 10%).

Figura 78

Pesaje de los moldes más suelo húmedo

Figura 79

Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición 10%.

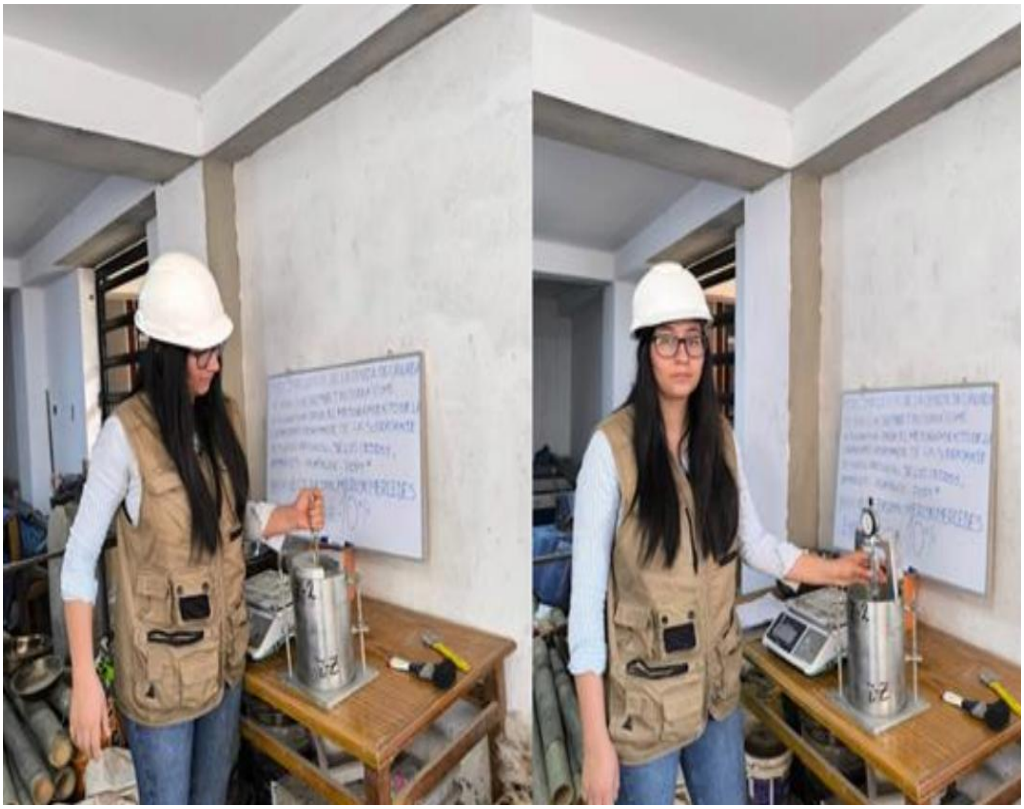


Figura 80

Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición de 10%.

Figura 81

Compactación del ensayo "CBR" en laboratorio con (adición 15%).

Figura 82

Corte del espécimen compactado de la muestra con (adición de 15%).

Figura 83

Pesaje de los moldes más suelo húmedo

Figura 84

Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición 15%.

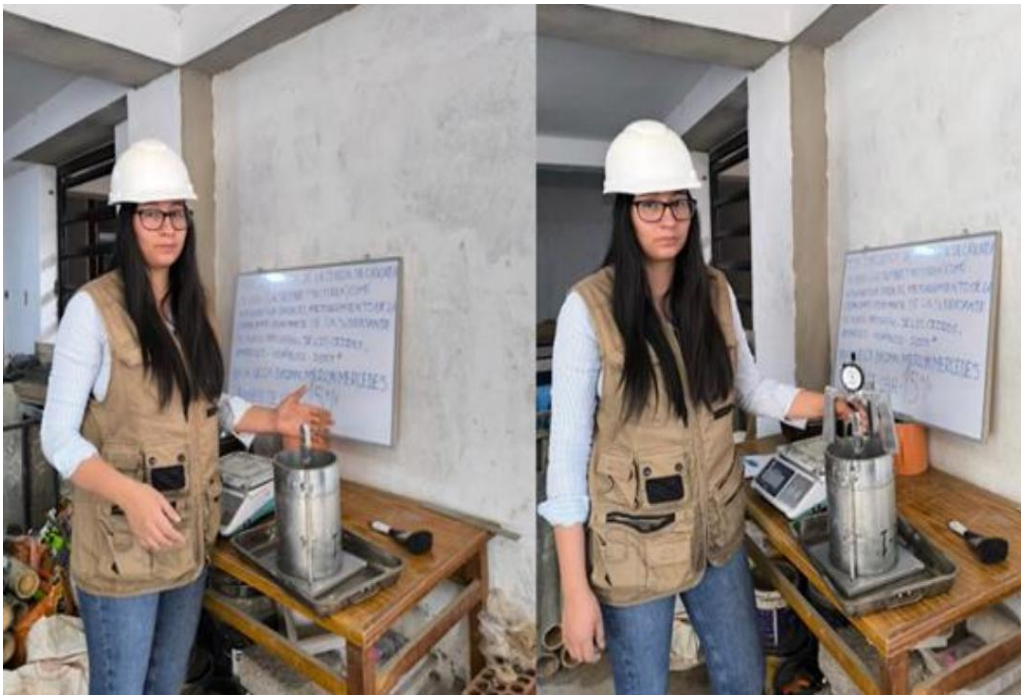


Figura 85

Se sumerge en el tanque las muestras de ensayo "CBR" patrón y con adición de 15%.

Figura 86

Lectura de deformímetro de las muestras de "CBR" (patrón) y con adición 5%, 10% y 15%

Figura 87

Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" patrón

Figura 88

Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición 5%.

Figura 89

Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición 10%.

Figura 90

Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" con adición 15%.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se organizaron en tablas y gráficos comparativos, diferenciando las muestras patrón y aquellas con la adición de ceniza de cáscara de tara en proporciones del 5%, 10% y 15%. Se presentan los valores promedio de resistencia a la compresión simple, densidad seca máxima, humedad óptima y CBR, junto con los estadísticos de contraste aplicados (t de Student y valores de significancia). Esta organización de la información permitió observar de manera clara la variación de las propiedades del suelo arcilloso en función de los diferentes porcentajes de ceniza, facilitando el análisis y la discusión de los resultados.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis de los resultados se realizó empleando Microsoft Excel para la organización de la información, elaboración de tablas y gráficos comparativos, lo que permitió visualizar las tendencias en las propiedades del suelo arcilloso tratado con diferentes porcentajes de ceniza de

cáscara de tara. Posteriormente, con el software SPSS se efectuaron las pruebas estadísticas de contraste mediante t de Student para muestras independientes, a fin de determinar la significancia de las diferencias entre las muestras patrón y las tratadas. La interpretación de los datos se basó en la comparación de las medias y los valores de significancia ($p < 0,05$), lo que permitió concluir de manera objetiva el efecto de la ceniza de cáscara de tara en la capacidad portante y demás propiedades geotécnicas del suelo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En esta sección se expone el análisis de los datos de resistencia a la compresión de las muestras, obtenidos a través de ensayos realizados en el laboratorio de suelos y concreto.

Análisis descriptivo de los datos obtenidos en laboratorio

Tabla 1

Compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)

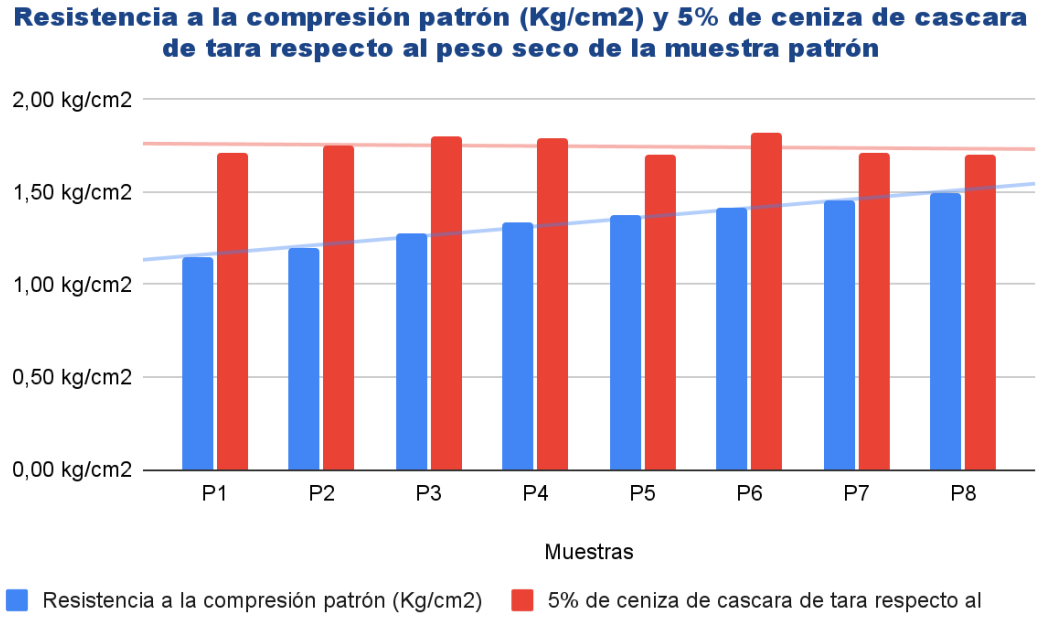
Muestras	F'c patrón (Kg/cm2)	F'c con 5% de ceniza de cáscara de tara
P1	1,15	1,71
P2	1,20	1,75
P3	1,28	1,80
P4	1,34	1,79
P5	1,38	1,70
P6	1,42	1,82
P7	1,46	1,71
P8	1,49	1,70
Media=	**1,34 kg/cm2**	**1,76 kg/cm2**

Interpretación:

La tabla muestra los resultados de la compresión de un suelo patrón y del mismo suelo mezclado con un 5 % de ceniza de cáscara de tara. El rango de valores para el suelo patrón va de 1,15 kg/cm2 a 1,49 kg/cm2, con una resistencia media de 1,34 kg/cm2. Por otro lado, la adición del 5 % de ceniza de tara causó un aumento en la resistencia, con valores que oscilan entre 1,70 kg/cm2 y 1,82 kg/cm2, y una resistencia media notablemente superior de 1,76 kg/cm2. En general, la incorporación de la ceniza de cáscara de tara resultó en un incremento significativo en la resistencia a la compresión del suelo, evidenciado por el aumento de aproximadamente el 39% en la media de resistencia.

Figura 91

Comparación de la compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).



Interpretación:

La figura muestra visualmente la comparativa de la resistencia a la compresión entre el suelo patrón (barras azules) y el suelo modificado con ceniza de tara (barras rojas). Se observa una constante y notable mejora en la resistencia en todas las muestras. La resistencia del suelo patrón mostró su valor más alto en la muestra P8, alcanzando 1,49 kg/cm2. Sin embargo, la resistencia más alta de la mezcla con ceniza de tara se registró en la muestra P6, con un valor de 1,82 kg/cm2. Esta diferencia de 0,33 kg/cm2 entre los valores máximos de ambas series resalta el impacto positivo de la ceniza de tara como material de refuerzo.

Tabla 2

Compresión del suelo con 10% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²)

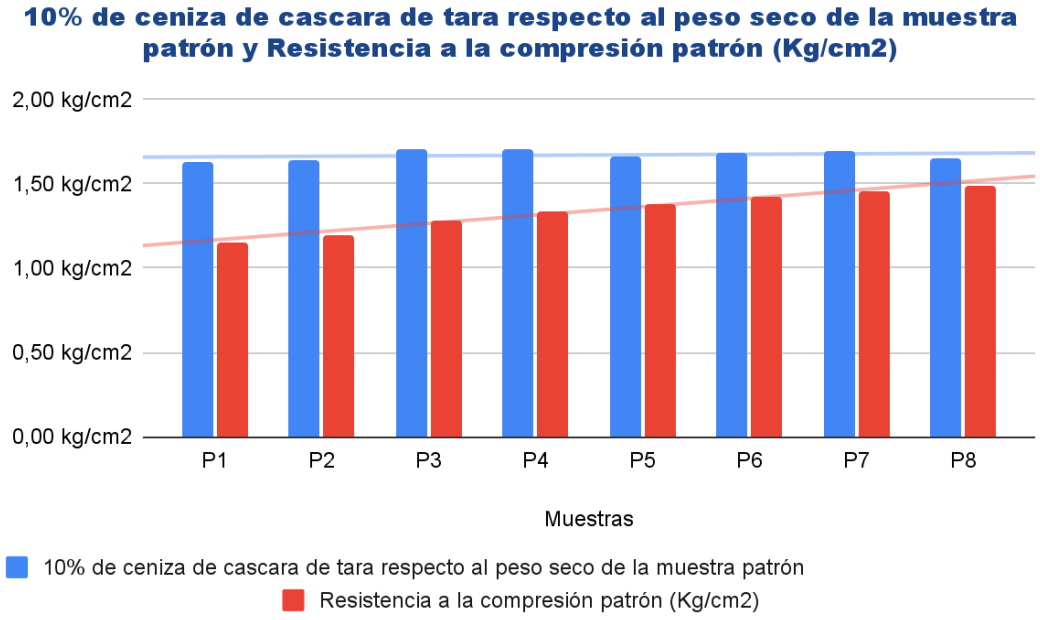
Muestras	F'c 10% de ceniza de cáscara de tara	F'c patrón (Kg/cm2)
P1	1,63	1,15
P2	1,64	1,20
P3	1,71	1,28
P4	1,71	1,34
P5	1,66	1,38
P6	1,68	1,42
P7	1,69	1,46
P8	1,65	1,49
Media=	**1,67 kg/cm2**	**1,34 kg/cm2**

Interpretación:

Esta tabla presenta los resultados de la resistencia a la compresión de un suelo modificado con un 10% de ceniza de cáscara de tara en comparación con el suelo patrón. Se observa que el rango de valores para el suelo con un 10% de ceniza de tara varía de 1,63 kg/cm2 a 1,71 kg/cm2, con una resistencia media de 1,67 kg/cm2. En contraste, los valores de resistencia del suelo patrón van de 1,15 kg/cm2 a 1,49 kg/cm2, con una media de 1,34 kg/cm2. La adición de un 10% de ceniza de tara produjo un incremento significativo en la compresión, evidenciado por el aumento de aproximadamente el 26 % en la media, demostrando el efecto beneficioso de la ceniza de tara como agente estabilizador.

Figura 92

Comparación de la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)



Interpretación:

La figura muestra claramente que la adición del 10% de ceniza de cáscara de tara incrementa consistentemente la compresión en comparación con el suelo patrón. El valor más alto de resistencia para el suelo patrón se registró en la muestra P8, con 1,49 kg/cm2. Sin embargo, la mayor resistencia en las muestras modificadas se observó en P3 y P4, ambas con 1,71 kg/cm2. Esta diferencia de 0.22 kg/cm2 entre los valores máximos de ambas series resalta el impacto positivo de la ceniza de tara como agente estabilizador, ya que logró aumentar la resistencia en el suelo modificado con un 10% de ceniza de cáscara de tara.

Tabla 3

Compresión del suelo con 15% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²)

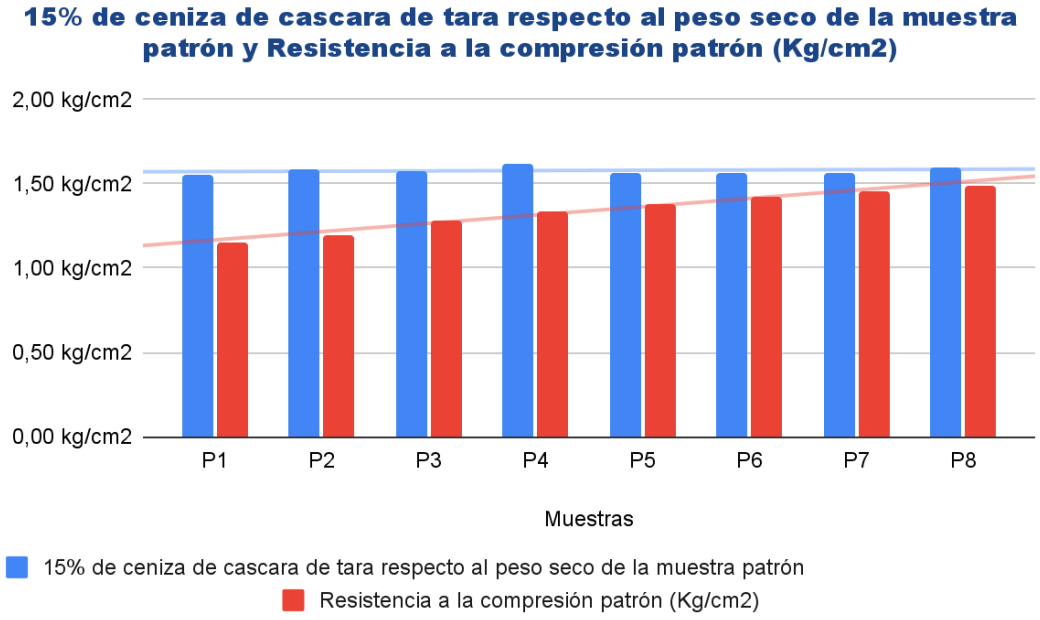
Muestras	F'c 15% de ceniza de cáscara de tara	F'c del suelo patrón (Kg/cm2)
P1	1,55	1,15
P2	1,59	1,20
P3	1,58	1,28
P4	1,62	1,34
P5	1,56	1,38
P6	1,57	1,42
P7	1,57	1,46
P8	1,60	1,49
Media=	**1,58 kg/cm2**	**1,34 kg/cm2**

Interpretación:

La tabla presenta los resultados de la compresión del suelo con un 15% de ceniza de cáscara de tara en comparación con el suelo patrón. El rango de valores para el suelo modificado con 15% de ceniza de tara va de 1,55 kg/cm2 a 1,62 kg/cm2, con una resistencia media de 1,58 kg/cm2. Por otro lado, la resistencia del suelo patrón mostró valores que oscilan entre 1,15 kg/cm2 y 1,49 kg/cm2, con una media de 1,34 kg/cm2. Al igual que en los casos anteriores, la adición del 15% de ceniza de tara mejoró la compresión, reflejado en el aumento del 18% en la resistencia media en comparación con el suelo patrón.

Figura 93

Comparación de la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)



Interpretación:

La figura muestra una comparación visual de la compresión entre el suelo patrón (barras rojas) y el suelo modificado con un 15% de ceniza de cáscara de tara (barras azules). En todas las muestras, se observa que la adición de la ceniza de tara aumenta la resistencia. El valor más alto de resistencia para el suelo patrón se registró en la muestra P8, con 1,49 kg/cm2. Por otro lado, la mayor resistencia en la serie de muestras modificadas con ceniza de tara se encontró en la muestra P4, alcanzando 1,62 kg/cm2. A pesar de que la diferencia es menor en comparación con las mezclas de 5% y 10%, la adición del 15% de ceniza sigue demostrando su eficacia al producir un valor máximo de resistencia que supera al valor máximo del suelo patrón.

Tabla 4

Compresión promedio del suelo con 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de tara y del suelo patrón (kg/cm²)

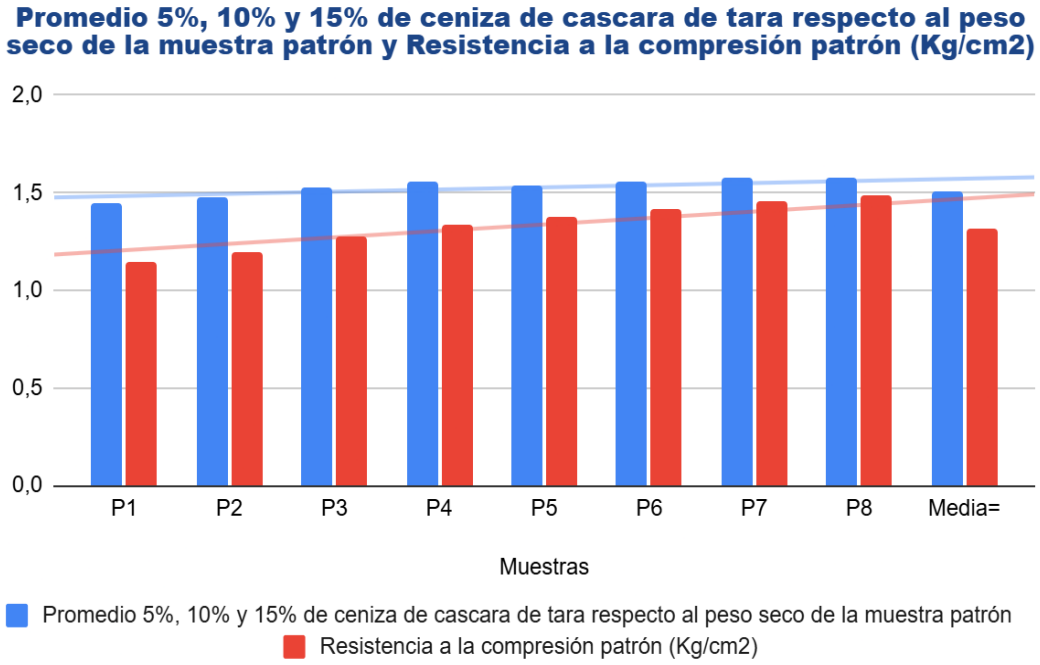
Muestras	F'c promedio 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara	F´c patrón (Kg/cm2)
P1	1,44	1,15
P2	1,48	1,20
P3	1,52	1,28
P4	1,56	1,34
P5	1,53	1,38
P6	1,56	1,42
P7	1,57	1,46
P8	1,58	1,49
Media=	**1,53 kg/cm2**	**1,34 kg/cm2**

Interpretación:

La tabla presenta un resumen de los resultados de la compresión promedio del suelo, tanto el patrón como el modificado con tres diferentes concentraciones de ceniza de cáscara de tara (5%, 10% y 15%). El rango de valores para la resistencia promedio del suelo con ceniza de tara oscila entre 1,44 kg/cm2 y 1,58 kg/cm2, con una resistencia media de 1,53 kg/cm2. En comparación, los valores de resistencia del suelo patrón varían de 1,15 kg/cm2 a 1,49 kg/cm2, con una media de 1,34 kg/cm2. El contraste en las medias demuestra un aumento generalizado del 14,4 % en la compresión al incorporar ceniza de tara.

Figura 94

Comparación de la compresión del suelo patrón y con el promedio de 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)

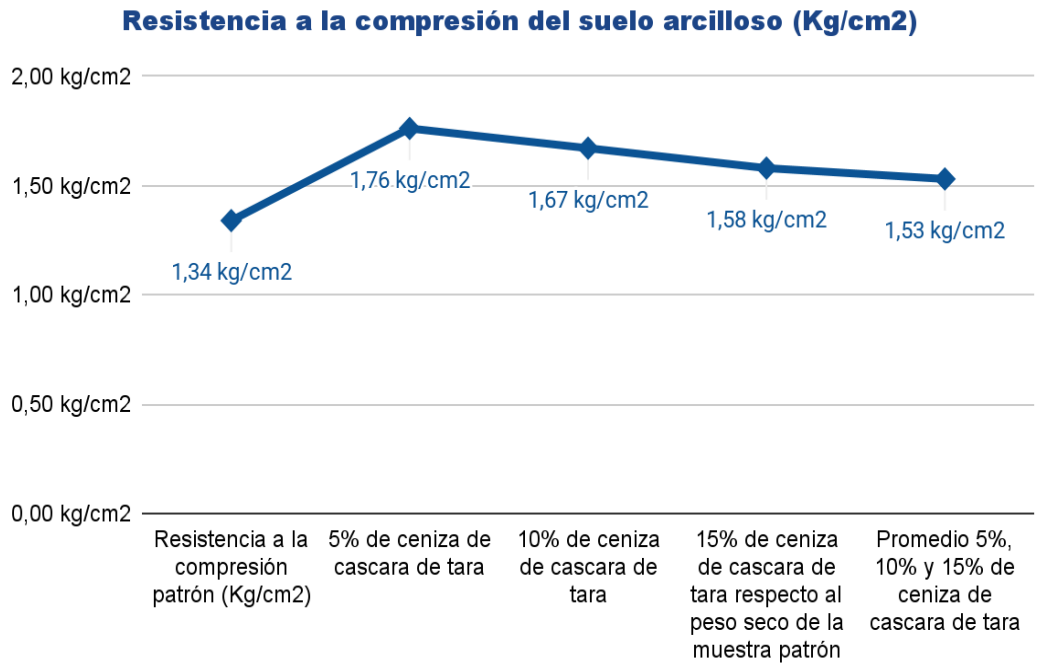


Interpretación:

La figura muestra de manera clara y concisa que la incorporación de ceniza de cáscara de tara en promedio aumenta consistentemente la resistencia del suelo en comparación con el suelo patrón. El valor más alto de resistencia para el suelo patrón se registró en la muestra P8, con 1,49 kg/cm2. Por el contrario, el valor promedio más alto para el suelo modificado con ceniza de tara se observó en la muestra P8, con 1,58 kg/cm2. Aunque la diferencia en los valores máximos no es enorme, la tendencia general en la gráfica confirma que la ceniza de tara es un aditivo eficaz para mejorar la resistencia a la compresión del suelo.

Figura 95

Resistencia a la compresión para todos los grupos experimentales

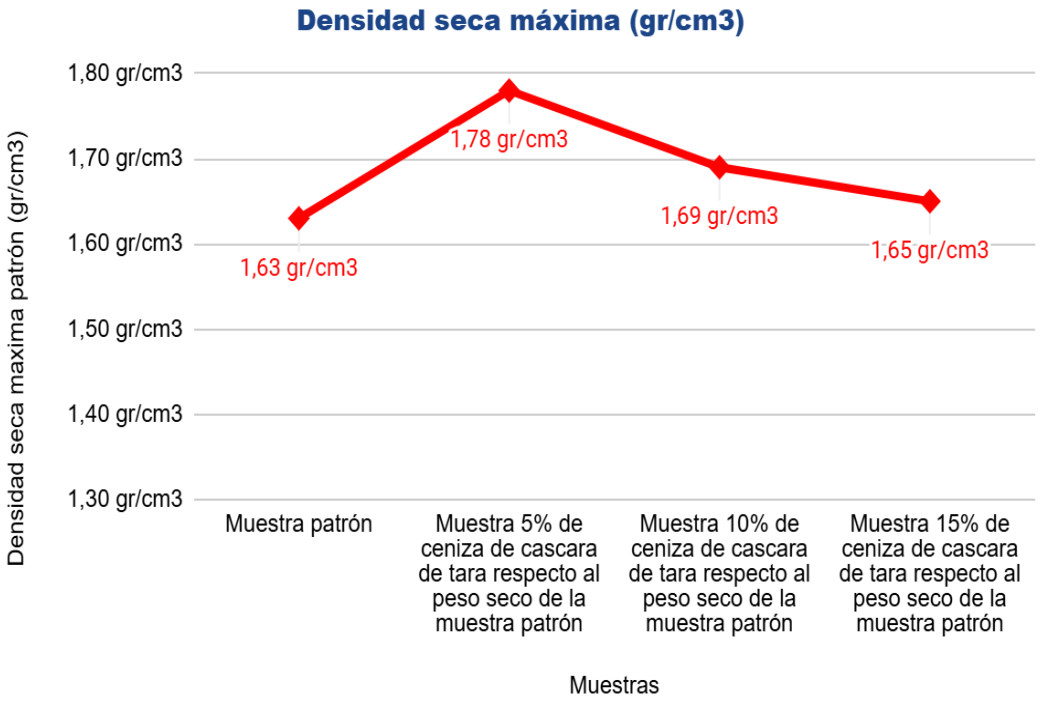


Interpretación:

El gráfico de líneas muestra la compresión del suelo arcilloso en distintas condiciones. Se observa que la resistencia inicial del patrón es de 1,34 kg/cm2. Al añadir un 5% de ceniza de cáscara de tara, la resistencia aumenta significativamente a 1,76 kg/cm2, representando el punto más alto. Sin embargo, a medida que el % de ceniza de cáscara de tara aumenta al 10% y luego al 15%, la compresión disminuye progresivamente a 1,67 kg/cm2 y 1,58 kg/cm2 respectivamente. El promedio de resistencia para las adiciones del 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara es de 1,51 kg/cm2, lo que indica que, a pesar de la disminución con mayores porcentajes, la adición de ceniza de cáscara de tara generalmente mejora la compresión del suelo arcilloso en comparación con el patrón.

Figura 96

Densidad seca máxima

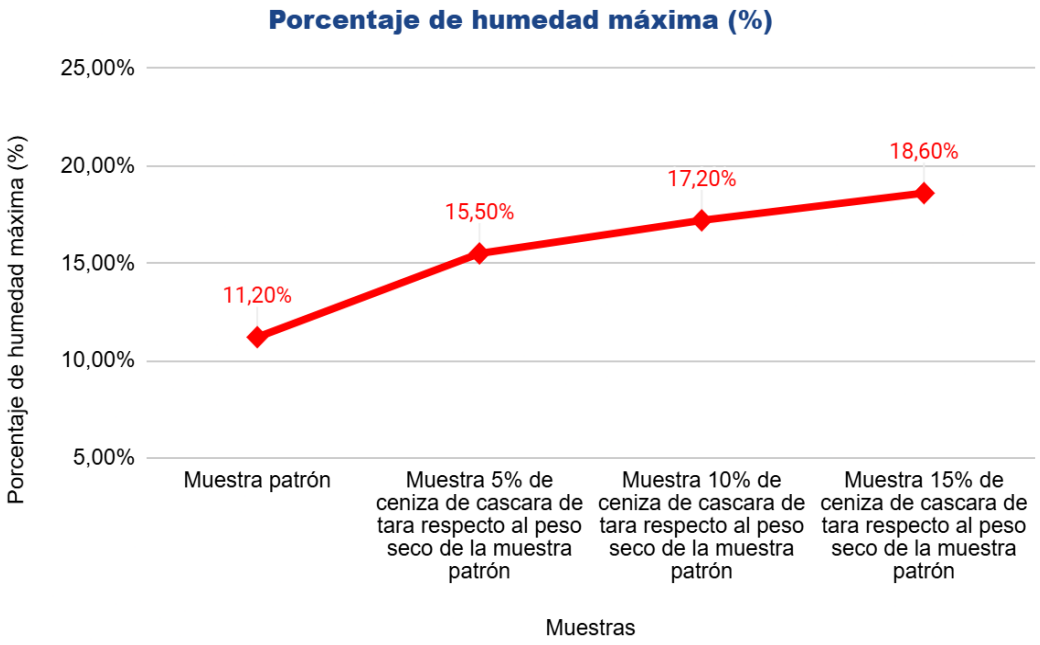


Interpretación:

El gráfico de líneas ilustra la densidad seca máxima del suelo arcilloso bajo diferentes condiciones. La muestra patrón presenta una densidad seca máxima de 1,63 gr/cm3. Al incorporar un 5% de ceniza de cáscara de tara, la densidad seca máxima experimenta un aumento notable, alcanzando su punto máximo de 1,78 gr/cm3. Sin embargo, a medida que la proporción de ceniza de cáscara de tara se incrementa al 10% y luego al 15%, la densidad seca máxima tiende a disminuir, registrando valores de 1,69 gr/cm3 y 1,65 gr/cm3, respectivamente. Esto sugiere que, si bien una adición moderada de ceniza de cáscara de tara puede optimizar la densidad seca máxima, cantidades mayores podrían no mantener este efecto o incluso reducirlo ligeramente.

Figura 97

Porcentaje de humedad máxima

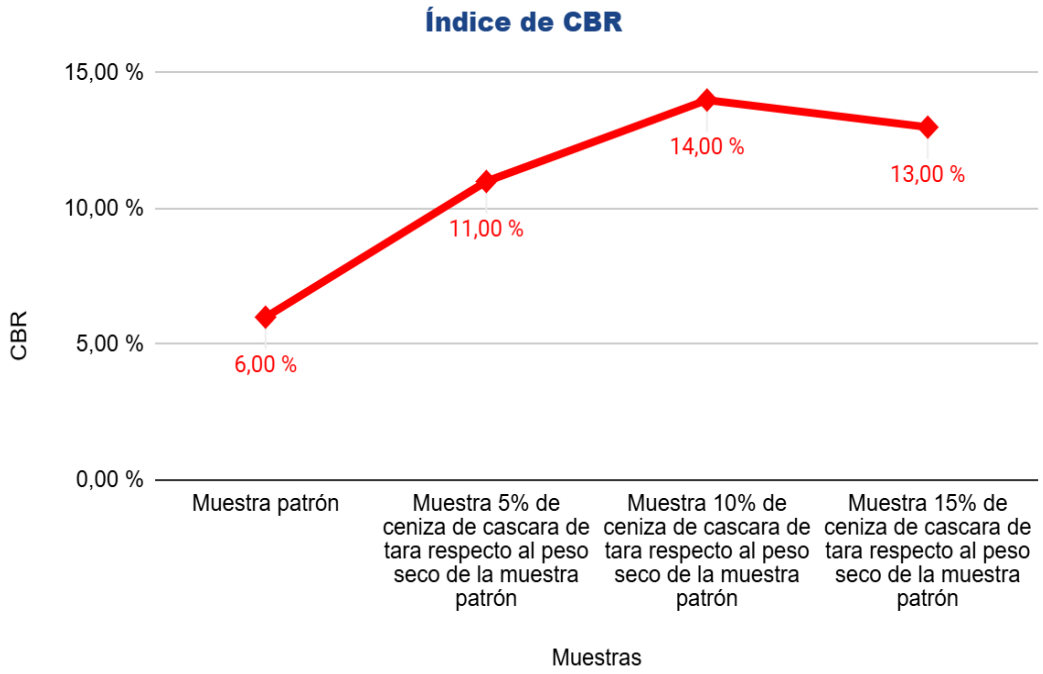


Interpretación:

El gráfico de líneas representa la evolución del porcentaje de humedad máxima en muestras de suelo arcilloso con diferentes adiciones de ceniza de cáscara de tara. La muestra patrón exhibe un porcentaje de humedad máxima del 11,20%. Se observa una tendencia clara y ascendente: a medida que se incrementa la cantidad de ceniza de cáscara de tara, el porcentaje de humedad máxima también aumenta. Con una adición del 5% de ceniza, el valor sube a 15,50%; con el 10%, alcanza el 17,20%; y finalmente, con el 15% de ceniza, el porcentaje de humedad máxima llega a 18,60%. Esta progresión lineal sugiere que la ceniza de cáscara de tara tiene un efecto directo en la capacidad del suelo para retener humedad, incrementando dicho porcentaje a medida que su concentración es mayor.

Figura 98

Índice de CBR



Interpretación:

El gráfico de líneas ilustra la variación del Índice de CBR en muestras de suelo arcilloso con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de cáscara de tara. La muestra patrón presenta un Índice de CBR del 6.00%. Se observa una mejora significativa en el CBR con la incorporación de ceniza: al añadir un 5%, el índice sube a 11,00%, y con un 10% de ceniza, alcanza su punto máximo en 14,00%. Sin embargo, al incrementar la adición al 15% de ceniza de cáscara de tara, el Índice de CBR experimenta una ligera disminución, situándose en 13,00%. Esto sugiere que existe un % óptimo de ceniza de cáscara de tara (alrededor del 10%) para maximizar la capacidad de soporte del suelo, y que dosis mayores podrían no ser tan beneficiosas.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El contraste de las hipótesis se ha realizado empleando el programa estadístico SPSS.

Para la hipótesis general

Ha: La ceniza de cáscara de tara influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

H0: La ceniza de cáscara de tara no influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general

Tabla 5

Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Promedio 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra patrón	,231	8	,200*	,895	8	,259
F'c del suelo patrón (Kg/cm2)	,128	8	,200*	,951	8	,718

Interpretación:

De acuerdo con la prueba Shapiro-Wilk, adecuada por tener un tamaño de muestra menor a 30, se observa que tanto los valores promedios de resistencia a la compresión con 5, 10 y 15% de ceniza de cáscara de tara (p = 0.259) como la resistencia del suelo patrón (p = 0.718) presentan valores de significancia mayores a 0.05, por lo que en ambos casos se acepta la hipótesis nula de normalidad, concluyéndose que los datos se distribuyen normalmente; en consecuencia, corresponde aplicar la prueba de T de student para muestras independientes para comparar las medias.

Análisis inferencial para la hipótesis general

Tabla 6

T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
F'c del suelo no cohesivo (Kg/cm2)	Se asumen varianzas iguales	6.018	0.028	4.091	14	0.001
	No se asumen varianzas iguales			4.091	9.175	0.003

Interpretación:

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la ceniza de cáscara de tara influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. Con una contrastación de (t=4,091; p=0,001<0,05).

Para la hipótesis especifica 1

HE1: La incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 7

Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 5% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²)

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
5% de ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra patrón	,276	8	,074	,847	8	,088
F'c del suelo patrón (Kg/cm2)	,128	8	,200*	,951	8	,718

Interpretación:

De acuerdo con la prueba Shapiro-Wilk, adecuada por tener un tamaño de muestra menor a 30, se observa que tanto los valores de la compresión con 5% de ceniza de cáscara de tara (p = 0.088) como la resistencia del suelo patrón (p = 0.718) presentan valores de significancia mayores a 0.05, por lo que en ambos casos se acepta la hipótesis nula de normalidad, concluyéndose que los datos se distribuyen normalmente; en consecuencia, corresponde aplicar la prueba de T de student para muestras independientes.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 1

Tabla 8

T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

Prueba de muestras independientes						
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
F'c del suelo no	Se asumen varianzas iguales	5.491	0.034	8.754	14	0.001

cohesivo (Kg/cm2)	No se asumen varianzas iguales	8.754	9.243	0.001

Interpretación:

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. Con una contrastación de (t=8,754; p=0,001<0,05).

Para la hipótesis específica 2

HE2: La incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 9

Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
10% de ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra patrón	,145	8	,200*	,926	8	,478
F'c del suelo patrón (Kg/cm2)	,128	8	,200*	,951	8	,718

Interpretación:

De acuerdo con la prueba Shapiro-Wilk, adecuada por tener un tamaño de muestra menor a 30, se observa que tanto los valores de la compresión con 10% de ceniza de cáscara de tara (p = 0.478) como la resistencia del

suelo patrón (p = 0.718) presentan valores de significancia mayores a 0.05, por lo que en ambos casos se acepta la hipótesis nula de normalidad, concluyéndose que los datos se distribuyen normalmente; en consecuencia, corresponde aplicar la prueba de T de student para muestras independientes.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 2

Tabla 10

T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 10% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
F'c del suelo no cohesivo (Kg/cm2)	Se asumen varianzas iguales	9.694	0.008	7.444	14	0.001
	No se asumen varianzas iguales			7.444	7.895	0.001

Interpretación:

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. Con una contrastación de (t=7,444; p=0,001<0,05).

Para la hipótesis específica 3

HE3: La incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

HE0: La incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara no impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso.

Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 11

Normalidad de la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
15% de ceniza de cáscara de tara respecto al peso seco de la muestra patrón	,170	8	,200*	,969	8	,893
F'c del suelo patrón (Kg/cm2)	,128	8	,200*	,951	8	,718

Interpretación:

De acuerdo con la prueba Shapiro-Wilk, adecuada por tener un tamaño de muestra menor a 30, se observa que tanto los valores de la compresión con adición de 15% de ceniza de cáscara de tara (p = 0.893) como la resistencia del suelo patrón (p = 0.718) presentan valores de significancia mayores a 0.05, por lo que en ambos casos se acepta la hipótesis nula de normalidad, concluyéndose que los datos se distribuyen normalmente; en consecuencia, corresponde aplicar la prueba de T de student para muestras independientes.

Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

Tabla 12

T de Student para la resistencia a la compresión del suelo patrón y con 15% de ceniza de cáscara de tara (kg/cm²).

Prueba de muestras independientes						
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
F'c del suelo no cohesivo (Kg/cm2)	Se asumen varianzas iguales	12.232	0.004	5.470	14	0.001
	No se asumen varianzas iguales			5.470	7.483	0.001

Interpretación:

Del análisis realizado con el software estadístico SPSS se toma la hipótesis alternativa en la cual nos indica que la incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. Con una contrastación de (t=5,470; p=0,001<0,05).

Para la hipótesis específica 4

HE4: La densidad máxima seca de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: La densidad máxima seca de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

Los resultados obtenidos permiten contrastar la hipótesis específica 4, la cual sostiene que la densidad máxima seca de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. Se observa que la muestra patrón presentó una densidad de 1,63 gr/cm³,

aumentando a 1,78 gr/cm³ con el 5% de ceniza, lo que representa un incremento significativo y confirma el efecto positivo inicial de la adición. Sin embargo, al incrementar la proporción de ceniza al 10% y 15%, la densidad máxima seca disminuye a 1,69 gr/cm³ y 1,65 gr/cm³ respectivamente, aunque ambas siguen siendo superiores al valor de la muestra patrón. Por lo tanto, la hipótesis se cumple de manera parcial, ya que la adición de ceniza sí incrementa la densidad máxima seca del suelo, pero solo hasta un porcentaje óptimo cercano al 5%, a partir del cual se genera una tendencia decreciente.

Para la hipótesis específica 5

HE5: El porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: El porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

Los resultados obtenidos permiten contrastar la hipótesis específica 5, que plantea que el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. La muestra patrón alcanzó un 11,20%, aumentando progresivamente a 15,50% con el 5% de ceniza, 17,20% con el 10% y 18,60% con el 15%, evidenciando una tendencia ascendente continua en todos los casos. Este comportamiento confirma la hipótesis planteada, ya que la adición de ceniza de cáscara de tara eleva de manera sostenida la capacidad del suelo para retener humedad, lo cual se asocia a la mayor absorción y retención hídrica que aportan las partículas finas de ceniza al mezclarse con el suelo arcilloso.

Para la hipótesis específica 6

HE6: El índice de CBR de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

HE0: El índice de CBR de los suelos arcillosos no se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara.

Los resultados obtenidos permiten contrastar la hipótesis específica 6, que plantea que el índice de CBR de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. La muestra patrón alcanzó un 6.00%, aumentando progresivamente a 11.00% con el 5% de ceniza y 14.00% con el 10%. Sin embargo, con el 15% de adición, el CBR disminuyó ligeramente a 13.00%, evidenciando una tendencia ascendente hasta un punto óptimo de adición. Este comportamiento confirma la hipótesis planteada en su mayor parte, ya que la adición de ceniza de cáscara de tara eleva de manera significativa la capacidad de carga del suelo, lo cual se asocia al efecto estabilizador que aportan las partículas de la ceniza al mezclarse con el suelo arcilloso.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

López (2021) tuvo como objetivo determinar cómo influye la ceniza de cáscara de arroz como aditivo estabilizador en la subrasante arcillosa, su investigación fue experimental el diseño es ex trabajó con 100kg de muestra extraída de una calicata excavada a 1.50m de profundidad y adicionó el 5, 10 y 15% de CCA , los resultados obtenidos de los ensayos ejecutados en el laboratorio indican que el tipo de suelo natural es Arcilla Orgánica de alta plasticidad , tiene un LP de 27.17% , un LL de 51.01% y un IP de 23.84% al adicionar los porcentajes de CCA aumenta el IP el valor máximo fue de 26.75% , por otro lado a mayor porcentaje de CCA , el valor de la DMS disminuye incluso más que la del suelo natural , sin embargo al adicionar más del 15% de CCA logra una óptima DS, con respecto al CBR 95%, al incrementar el 15% de CCA aumenta significativamente a un valor de 10.5%. En conclusión, la CCA favorece al mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, al adicionar el 15% logra clasificar como una subrasante buena.

El incremento en la compresión simple observado en esta investigación, donde las muestras con 5% de ceniza de cáscara de tara alcanzaron un promedio de 1,76 kg/cm² frente a 1,34 kg/cm² del suelo patrón, coincide con lo reportado por Laos (2022), quien encontró que la adición de cenizas de palma aceitera incrementó la resistencia de suelos arcillosos en ensayos de laboratorio. De igual manera, estudios internacionales con cenizas de cascarilla de arroz también muestran mejoras significativas en la resistencia mecánica de suelos arcillosos estabilizados, lo cual respalda los resultados obtenidos en Huánuco.

Cristobal y Quinte (2021) tuvo como objetivo determinar la variación de la subrasante al ser estabilizado con la ceniza de eucalipto, la investigación fue con un diseño experimental y un nivel explicativo, trabajó con una

población al igual que la muestra de 2+182 Km, las cuales excavó 3 calicatas y añadió el 5%, 10%, 15% de ceniza de eucalipto, lo cual resultó un IP de 12.80%, 7.15% y 5.32%, el menor valor de IP corresponde a la adición de 15% de CA, un CBR de 4.36 %, 15.67 % y 7.54 %, el mayor valor de CBR corresponde a un 10% de CE y Un Módulo de resiliencia de 13.32ksi que corresponde a un 10% de CE. En conclusión, se consigue una estabilización al adicionar un porcentaje de 10% de CE, mejora el CBR, módulo de resiliencia y aumenta la estabilidad volumétrica del suelo.

Los resultados de esta investigación evidencian un incremento progresivo en la densidad seca máxima y en el porcentaje de humedad óptima conforme aumentó la proporción de ceniza de cáscara de tara. Este comportamiento es consistente con lo hallado por investigaciones realizadas en Perú y Colombia sobre el uso de ceniza de caña y cascarilla de café, donde se identificó un aumento de la densidad seca máxima asociado a la mejor compactación del suelo tratado. Estos hallazgos sugieren que la ceniza de cáscara de tara actúa de manera similar a otros residuos agroindustriales, mejorando las condiciones de compactación del suelo.

Laos (2022) tuvo como objetivo determinar el efecto de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de la subrasante arcillosa. El diseño fue de tipo cuasi experimental , nivel relacional y enfoque cuantitativo , trabajó con una muestra extraída de una calicata a profundidad de 1.50m en la Sede Palmawasi, en la cual añadió porcentajes de 15%, 20%, 25% de ceniza de biomasa, a través de ensayos de laboratorio se obtuvo un tipo de suelo arcillosos de baja plasticidad, por otro lado el IP redujo significativamente al adicionar el 15% de CBPA de 11.62% a 4.23% con respecto al CBR al 95%, al incorporar el 25% de CBPA resultó un valor máximo de 22.57% logrando una clasificación como material de subrasante Muy buena. En conclusión, la ceniza de biomasa de palma aceitera funciona como aditivo estabilizador, añadiendo el 25% mejora significativamente la capacidad portante del suelo.

En cuanto al índice CBR, los resultados muestran un incremento al incorporar ceniza de cáscara de tara en proporciones de 5%, 10% y 15%, lo cual concuerda con el estudio de Laos (2022), quien reportó que la adición de

ceniza de palma aceitera mejoró el CBR de los suelos de categoría “insuficiente” a “muy buena”. Asimismo, investigaciones realizadas en países como India y Nigeria con la adición de ceniza de cáscara de arroz señalan aumentos significativos en el CBR de suelos arcillosos, lo que confirma que el empleo de residuos agroindustriales como estabilizantes es una estrategia eficaz para incrementar la capacidad portante de subrasantes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, concluimos en los siguiente:

Para el objetivo general: Se concluye que la incorporación de ceniza de cáscara de tara influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso, demostrando mejoras notables en la resistencia a la compresión simple frente a la muestra patrón. Este efecto se evidenció mediante el análisis estadístico de contraste ($p=0,001<0,05$), al observar que las muestras tratadas con 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de tara alcanzaron resistencias promedio de 1,53 kg/cm² respectivamente, en comparación con el 1,34 kg/cm² obtenido para el suelo sin adición. En conjunto, estos resultados confirman que la adición de ceniza de cáscara de tara mejora la compacidad y la cohesión del suelo, incrementando su capacidad portante y posicionándola como una alternativa sostenible y viable para la estabilización de suelos arcillosos.

Para el objetivo específico 1: se concluye que existe un impacto notable en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al incorporar un 5% de ceniza de cáscara de tara. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=8,754$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la compresión de las muestras de suelo aumenta al añadir 5% de ceniza de cáscara de tara, con una media de 1,76 kg/cm2, en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a la compresión promedio es de 1,34 kg/cm2.

Para el objetivo específico 2: se concluye que existe un impacto notable en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al incorporar un 10% de ceniza de cáscara de tara. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=7,444$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la compresión de las muestras de suelo aumenta al añadir 10% de ceniza de cáscara de tara, con una media de 1,67 kg/cm2, en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a la compresión promedio es de 1,34 kg/cm2.

Para el objetivo específico 3: se concluye que existe un impacto notable en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al incorporar un 15% de ceniza de cáscara de tara. Esto se evidencia a través de un análisis de contraste ($t=5,470$; $p=0,001<0,05$), al examinar las medias, se puede inferir que la resistencia a la compresión de las muestras de suelo aumenta al añadir 15% de ceniza de cáscara de tara, con una media de 1,58 kg/cm2, en comparación con las muestras patrón, cuya resistencia a la compresión promedio es de 1,34 kg/cm2.

Para el objetivo específico 4: se concluye que la densidad máxima seca de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. Al examinar las medias, se puede evidenciar que la densidad seca máxima aumenta progresivamente a medida de las proporciones de ceniza de cáscara de tara aumenta.

Para el objetivo específico 5: se concluye que el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. Al examinar las medias, se puede evidenciar que la densidad seca máxima aumenta progresivamente a medida de las proporciones de ceniza de cáscara de tara aumenta.

Para el objetivo específico 6: se concluye que el índice de CBR de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. Al examinar las medias, se puede evidenciar que la densidad seca máxima aumenta progresivamente a medida de las proporciones de ceniza de cáscara de tara aumenta.

RECOMENDACIONES

Ampliar el rango de % de ceniza de cáscara de tara: Se sugiere evaluar proporciones superiores al 15% o fraccionadas (por ejemplo, 2%, 7% o 12%) para identificar con mayor precisión el punto óptimo de mejora en la capacidad portante del suelo arcilloso.

Analizar diferentes tipos de suelos: Sería relevante aplicar la misma metodología en suelos de distinta granulometría (limosos, arenosos o franco-arcillosos) para determinar si el efecto de la ceniza de cáscara de tara es generalizable o particular de los suelos arcillosos.

Evaluar el comportamiento a largo plazo: Se recomienda realizar estudios de durabilidad y resistencia en condiciones de humedad variable, ciclos de carga y exposición prolongada, con el fin de analizar la estabilidad del mejoramiento en escenarios reales de uso.

Comparar con otros residuos agroindustriales: Futuras investigaciones podrían incluir comparaciones con cenizas de otros subproductos locales, como cáscara de arroz, bagazo de caña o cascarilla de café, para identificar cuál ofrece un mejor desempeño técnico y económico.

Realizar ensayos en condiciones de campo: Aunque los resultados de laboratorio son alentadores, es necesario validar el comportamiento del suelo tratado con ceniza de cáscara de tara en tramos piloto de carreteras o plataformas, considerando cargas reales de tránsito y variaciones ambientales.

Analizar el impacto económico y ambiental: Incluir estudios de costo-beneficio y de ciclo de vida de la ceniza de cáscara de tara permitiría demostrar no solo la viabilidad técnica, sino también su contribución a la sostenibilidad y a la reducción de residuos agroindustriales en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, A., Mar, C., & Molar, J. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas.* Patria Educación.

Blanco Fernández de Caleya, P., & Valle Stervinou, A. d. (2009). *Herbarium Mutisianum.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Bravo Barrionuevo, B., & Lopez Jara, H. (2021). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos empleando valvas de molusco y vidrio en la ciudad de Talara, Piura. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Bustamante, O. F., & Bustamante, J. L. (2009). *La tara (Caesalpinia spinosa): oro verde de los valles interandinos del Perú.* Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.

Cobos Lucio, D., & Anchundia Posligua, J. (2024). Análisis de la capacidad portante del suelo para cimentación de obras civiles sector céntrico sitio Los Bajos del Pechiche, Montecristi. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Cristobal Gavancho, F., & Quinte Baltazar, M. (2022). Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín 2021. Universidad Continental.

Díaz de León, V., Gonzales, V., & Rosete, J. (2018). *Mecánica de materiales.* Grupo Editorial Patria.

Enrique Pereyra, L. (2022). *Metodología de la investigación.* Klik.

Espinoza Jesus, J. (2022). Estabilización de suelos de fundación arcillosa con extracto de schinu molle para subrasante, km 26+800 Carretera Huánuco – Punto Unión, 2021. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

García del Amo, D., & Regueiro y González-Barros, M. (2024). *RECURSOS GEOLÓGICOS. UNA PERSPECTIVA MINERAL Y AMBIENTAL.* UNED.

Gaviria Peña, C., & Márquez Fernández, C. A. (2019). *Estadística descriptiva y probabilidad.* Editorial Bonaventuriano.

González Caballero, M. (2001). *El terreno.* UPC, S.L., Edicions.

González Galindo, J., Gutiérrez Chacón, J. G., González Tejada, I., & Jiménez Rodríguez, R. (2024). *Problemas resueltos de mecánica de suelos*

aplicados a la ingeniería civil. Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.

González Ibáñez, D., & Cueto Prendes, E. (2017). *Resistencia de materiales para arquitectos.* (D. González Ibáñez, & E. Cueto Prendes, Trads.) Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Guerrero Fernández, J. A. (2017). *Ingeniería de Vías Férreas.* Lulu.com.

HERRÁEZ GARRIDO, F., & MORENO VEGA, A. (2019). *Ingeniería de vías agroforestales.* Ediciones Mundi-Prensa.

Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos.* Noveduc.

Jaramillo Suárez, H. E. (2017). *Resistencia de materiales: algunos temas especiales (Segunda edición).* Autónoma de Occidente.

Laos Elera, C. (2022). Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, Huánuco 2022. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Lazares Gutiérrez, W. (2021). *Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte.* Marcombo.

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. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Macías Loor, A. O., Quiroz Fernández, L. S., Carvajal Rivadeneira, D. D., Cobos Lucio, D. A., Fienco Sánchez, B. E., Peralta Delgado, J. A., & Zambrano Acosta, J. M. (2018). *MECÁNICA DE SUELO: TOMO II.* 3Ciencias.

Montejo Fonseca, A., Montejo Piratova, A., & Montejo Piratova, A. (2019). *Estabilización de suelos.* Ediciones de la U.

Montoya Jaramillo, L. J. (2017). *Vías de bajo volúmen de tránsito.* Universidad de Medellín.

Navarro García, G. (2023). *Fertilizantes. Química y acción. 2ª edición.* MundiPrensa.

Pazmiño Chiluiza, H., & Romero Freire, J. (2024). Capacidad portante de subrasantes pertenecientes a caminos agrícolas del Cantón Riobamba,

mediante la aplicación de confinamiento con geoceldas. Universidad Nacional de Chimborazo.

Queiroz, R. C. (2018). *Geologia e Geotecnia básica para Engenharia Civil.* Editora Blucher.

Reyes, E. (2022). *Metodologia de la Investigacion Cientifica.* Page Publishing, Incorporated.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2023). *Pavimentos - 2da edición: Materiales, construcción y diseño.* Ecoe Ediciones Mexico.

Rui-Wamba, J. (2020). *Teoría unificada de estructuras y cimientos: Una mirada transversal.* Reverte.

Saldaña García, C., & Yunga Silva, A. (2023). Mejora de la capacidad portante de la subrasante aplicando cal en vías de segundo orden del cantón Alausí. Universidad Nacional de Chimborazo.

Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2021). *Los suelos y su fertilidad.* (J. Puigdefabregas Tomas, Trad.) Reverte.

Villalobos, F. (2016). *Mecánica de Suelos: Segunda Edición.* Universidad Católica de la Santísima Concepción.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Vega Bazan, M. M. (2025). *Influencia de la ceniza de cáscara de tara (Caesalpinia Tinctorea) como alternativa para el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso, jr. Los Cedros Amarilis – Huánuco – 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. http://...

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1697-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 07 de agosto de 2024

Visto, el Oficio N° 1162-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024",** presentado por el (la) Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN.**

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1038-2024-D-FI-UDH, de fecha 09 de mayo de 2024, perteneciente al Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN** se le designó como ASESOR(A) al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1162-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024",** presentado por el (la) Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Luis Fernando Narro Jara (Presidente), Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria (Secretario) y Mg. Biseth Miraval Rojas (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - **APROBAR,** el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "**INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024",** presentado por el (la) Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARIA DOCENTE
Ing. Ethel Jhoanni Munzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado - Archivo.
BCR/EJML/nto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1038-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 09 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 732-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 487300-0000005099, de la Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN,** quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 487300-0000005099, presentado por el (la) Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Merlyn Mercedes VEGA BAZAN** al Mg. William Paolo Taboada Trujillo, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhoyani Munzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/nto.

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024”.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
Problema general PG: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir ceniza de cáscara de tara? **Problema específico** PE1: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 5% de ceniza de cáscara de tara? PE2: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 10% de ceniza de cáscara de tara? PE3: ¿Cuál es el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al	**Objetivo general** OG: Determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir ceniza de cáscara de tara. **Objetivos específicos** OE1: Determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 5% de ceniza de cáscara de tara. OE2: Determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al añadir 10% de ceniza de cáscara de tara. OE3: Determinar el efecto en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso al	**Hipótesis general** HG: La ceniza de cáscara de tara influye significativamente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. **Hipótesis específica** HE1: La incorporación del 5% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. HE2: La incorporación del 10% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. HE3: La incorporación del 15% de ceniza de cáscara de tara impacta notablemente en la capacidad portante de la subrasante de suelo arcilloso. HE4: La densidad máxima seca de los suelos arcillosos se incrementa a medida	**Enfoque:** Enfoque cuantitativo. **Alcance o nivel:** Alcance explicativo. **Diseño:** Diseño cuasi experimental. **Técnica de investigación:** Observación directa **Instrumentos:** Fichas de campo y ficha de laboratorio. ASTM D1557 ASTM D2166 ASTM D1883 **Población:** La población está conformada por el suelo que contiene el Jr. Los Cedros, Distrito De Amarilis, Huánuco. **Muestra:**

añadir 15% de ceniza de cáscara de tara? PE4: ¿Cómo varía la densidad seca máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara? PE5: ¿Cómo varía el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara? PE6: ¿Cómo varía el índice de CBR de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara?	añadir 15% de ceniza de cáscara de tara. OE4: Analizar cómo varía la densidad seca máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara. OE5: Analizar cómo varía el porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara. OE6: Analizar cómo varía el índice de CBR de los suelos arcillosos respecto de la adición de ceniza de cáscara de tara.	que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. HE5: El porcentaje de humedad máxima de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. HE6: El índice de CBR de los suelos arcillosos se incrementa a medida que aumenta la adición de ceniza de cáscara de tara. **Variables** **Variable dependiente** Capacidad portante de la subrasante. **Variable independiente** Ceniza de cáscara de tara.	La muestra tomada es la no probabilística.

ANEXO 04

INSTRUMENTO DE RECOJO DE DATOS

FICHA DE LABORATORIO

Análisis Granulométrico

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO -

UBICACIÓN : AMARILIS - HUÁNUCO

SOLICITA : Bach. Vega Bazán, Marlyn Mercedes

FECHA : MAYO DEL 2025

			TAMIZ NE	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
FRACCIÓN GRUESA	GRAVA	GRUESA	3"	76.200				
			2 1/2"	63.500				
			2"	50.800				
			1 1/2"	38.100				
			1"	25.400				
			3/4"	19.050				100.00
		FINA	1/2"	12.700	2.0	0.16	0.16	99.84
			3/8"	9.525	2.5	0.20	0.35	99.65
			1/4"	6.350	3.0	0.23	0.59	99.41
	ARENA GRUESA		No 4	4.760	4.0	0.31	0.90	99.10
			No 8	2.380	8.5	0.65	1.55	98.45
FRACCIÓN FINA	ARENA	MEDIA	No 10	2.000	6.0	0.47	1.79	98.21
			No 16	1.190	8.0	0.62	2.42	97.58
			No 20	0.840	10.0	0.78	3.20	96.80
			No 30	0.590	12.0	0.94	4.13	95.87
			No 40	0.426	14.0	1.09	5.23	94.77
		FINA	No 50	0.297	18.0	1.38	7.61	92.39
			No 60	0.250	38.0	2.96	10.57	89.43
			No 80	0.177	45.0	3.51	13.88	86.12
			No 100	0.149	55.0	4.29	18.17	81.83
			No 200	0.074	324.0	25.27	43.43	56.57
			CAZOLETA	0.00	725.00	56.57	100.00	0.00
			TOTAL		1 282.00	100.00		

TAMAÑO MÁXIMO

muestra humeda (mh)	muestra seca (ms)	peso de la tara (pt)
1868	1581	249

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Material de suelo de partículas finas aproximadamente:

43.45%

LIMITES DE CONSISTENCIA

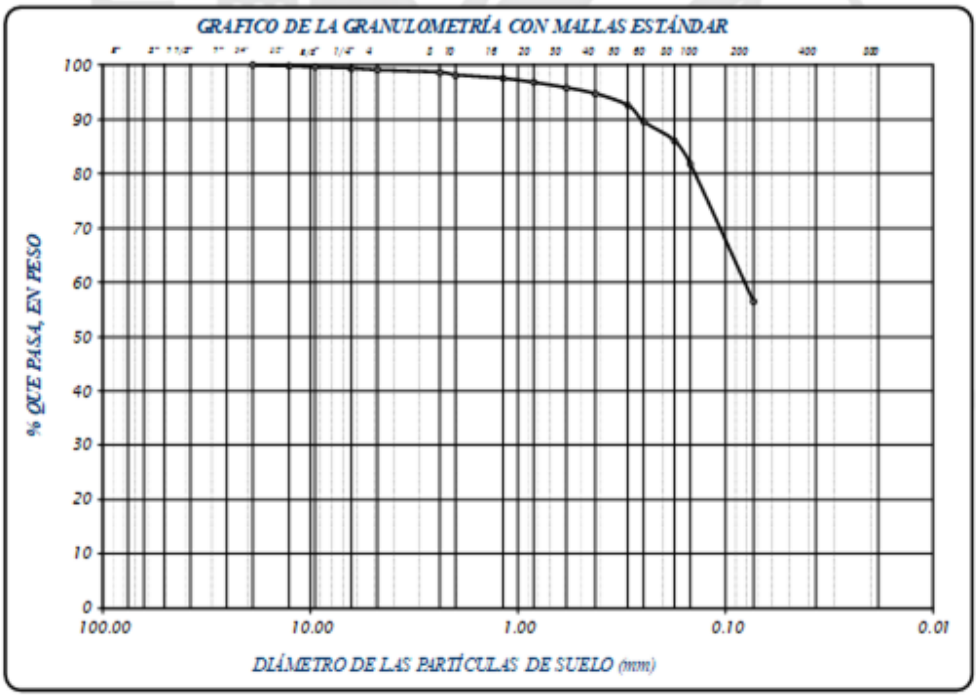
Limite Liquido	=	63.51
Limite Plastico	=	24.70
Indice Plastico	=	38.61
Coeficiente de Curvatura	=	N.P.
Coeficiente de Uniformidad	=	N.P.

CLASIFICACIÓN

SUCS	:	CH
AASHTO	:	A-7-6 (19)

OBSERVACIONES

% de grava	=	0.00 %
% de arena	=	42.55 %
% de limo y arcilla	=	56.57 %
% de humedad	=	26.39 %



MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Perdave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Límites de Atterberg

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024

UBICACIÓN : AMARILIS - HUÁNUCO

SOLICITA : Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes

FECHA : MAYO DEL 2025

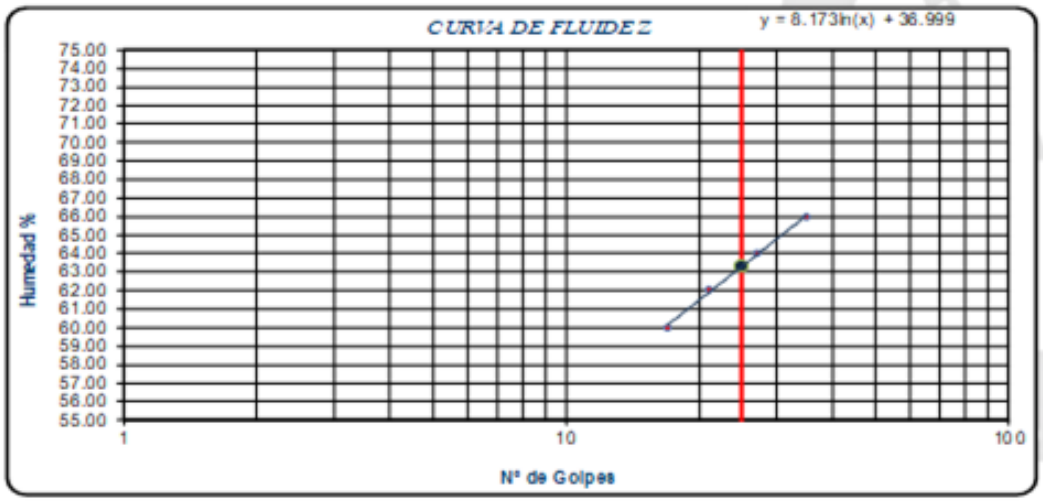
LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	17	21	27	35
Suelo Húmedo + Tara	44.60	43.90	43.82	43.25
Suelo seco + Tara	41.00	40.50	40.50	39.80
Peso de Tara	35.00	34.50	34.80	34.60
Peso del Agua	3.60	3.60	3.32	3.45
Peso de Suelo Seco	6.00	5.80	5.50	5.20
HUMEDAD %	60.00	62.07	64.00	65.96

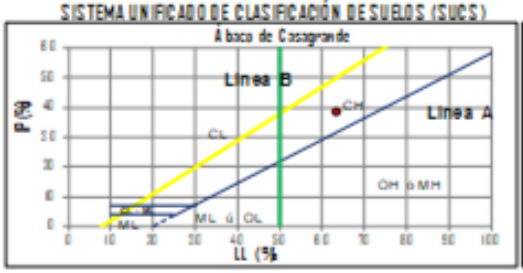
LIMITE LIQUIDO	:	63.31
LIMITE PLÁSTICO	:	24.70
INDICE PLÁSTICO	:	38.61

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

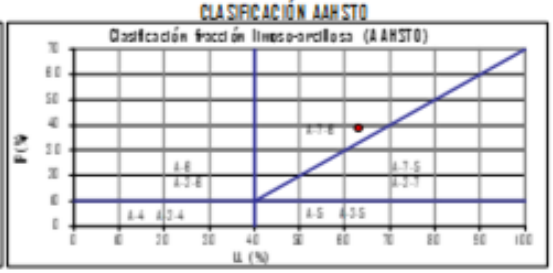
MUESTRA	01	02	03
Suelo Húmedo + Tara	33.00	32.91	32.64
Suelo seco + Tara	32.01	32.02	31.70
Peso de Tara	28.00	28.20	28.10
Peso del Agua	0.99	0.89	0.94
Peso de Suelo Seco	4.01	3.82	3.60
HUMEDAD %	24.69	23.30	26.11



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



CLASIFICACIÓN AASHTO



MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

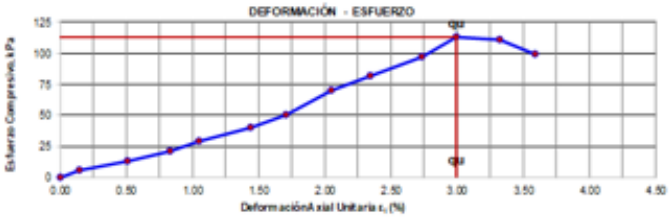
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-1 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS		
ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121			
NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-1
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRON)	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
1.3	1.30	0.006	0.15	21.27	0.06	6
2.9	2.90	0.021	0.51	21.36	0.14	13
4.6	4.60	0.034	0.83	21.41	0.21	21
6.3	6.30	0.043	1.05	21.46	0.29	29
8.7	8.70	0.059	1.44	21.55	0.40	40
11.1	11.10	0.070	1.71	21.61	0.51	50
15.4	15.40	0.084	2.05	21.68	0.71	70
18.1	18.10	0.096	2.34	21.75	0.83	82
21.5	21.50	0.112	2.74	21.83	0.98	97
25.2	25.20	0.123	2.99	21.89	1.15	113
24.8	24.80	0.136	3.32	21.97	1.13	111
22.3	22.30	0.147	3.59	22.03	1.01	99

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	528.25	g
Espécimen seco + Tara	489.6	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	489.19	g
Masa Espécimen seco	450.54	g
Contenido de Humedad	8.6	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	2.21	g/cm^3
Densidad Seca	2.04	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.15 kg/cm^2	113	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	2.99	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA	
Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%): 0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Perdaw
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-2 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO:	21/06/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-2
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
2.6	2.60	0.006	0.15	21.27	0.12	12
4.2	4.20	0.021	0.51	21.35	0.20	19
5.9	5.90	0.034	0.83	21.41	0.28	27
7.6	7.60	0.043	1.05	21.46	0.35	35
10.0	10.00	0.059	1.44	21.55	0.46	46
12.4	12.40	0.070	1.71	21.61	0.57	56
16.7	16.70	0.084	2.05	21.68	0.77	76
19.4	19.40	0.096	2.34	21.75	0.89	87
22.8	22.80	0.112	2.74	21.83	1.04	102
26.3	26.30	0.123	2.99	21.89	1.20	118
26.1	26.10	0.136	3.32	21.97	1.19	117
23.6	23.60	0.147	3.59	22.03	1.07	105

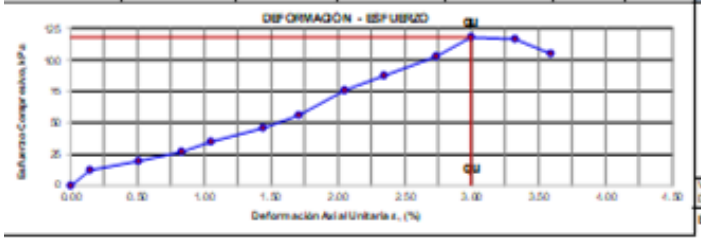
CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	2208.7	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	526.25	g
Espécimen seco + Tara	469.4	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	487.19	g
Masa Espécimen seco	450.34	g
Contenido de Humedad	8.2	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.21	g/cm³
Densidad Seca	2.04	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.20 kg/cm²	118	kPa
Deformación axial instante de la falla, %:	2.99	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min

Deformación Máx. permitida (15%): 0.01 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Perdave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-3 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-3
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
2.8	2.77	0.006	0.15	21.27	0.13	13
5.1	5.12	0.021	0.51	21.35	0.24	24
6.8	6.82	0.034	0.83	21.41	0.32	31
8.5	8.52	0.043	1.05	21.46	0.40	39
10.9	10.92	0.059	1.44	21.55	0.51	50
13.3	13.32	0.070	1.71	21.61	0.62	60
17.6	17.62	0.084	2.05	21.68	0.81	80
20.3	20.32	0.096	2.34	21.75	0.93	92
23.7	23.72	0.112	2.74	21.83	1.09	107
26.0	26.02	0.123	2.99	21.89	1.28	126
27.0	27.02	0.136	3.32	21.97	1.23	121
24.5	24.52	0.147	3.59	22.03	1.11	109

CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	528.02	g
Espécimen seco + Tara	490.8	g
Masa de Tara	39.08	g
Masa Espécimen húmedo	488.96	g
Masa Espécimen seco	451.54	g
Contenido de Humedad	8.3	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.21	g/cm³
Densidad Seca	2.04	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.26 kg/cm²	126	kPa
Deformación axial instante de la falla, %:	2.99	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	

ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min

Deformación Max. permitida (15%): 0.01 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-4 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-4
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1 kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1 kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
2.6	2.58	0.006	0.15	21.27	0.12	12
5.7	5.70	0.021	0.51	21.35	0.27	26
7.4	7.40	0.034	0.83	21.41	0.35	34
9.1	9.10	0.043	1.05	21.46	0.42	42
11.5	11.50	0.059	1.44	21.55	0.53	52
13.9	13.90	0.070	1.71	21.61	0.64	63
16.2	16.20	0.084	2.05	21.68	0.84	82
20.9	20.90	0.098	2.34	21.75	0.96	94
24.3	24.30	0.112	2.74	21.83	1.11	109
29.4	29.38	0.123	2.99	21.89	1.34	132
27.6	27.60	0.136	3.32	21.97	1.26	123
25.1	25.10	0.147	3.59	22.03	1.14	112

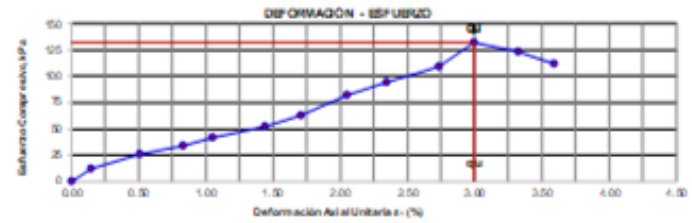
CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	529.25	g
Espécimen seco + Tara	491.8	g
Masa de Tara	39.08	g
Masa Espécimen húmedo	490.19	g
Masa Espécimen seco	452.74	g
Contenido de Humedad	8.3	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.05	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.34 kg/cm²	132	kPa
Deformación en el instante de la falla, %.	2.99	
CONSISTENCIA SEGUN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-5 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-5
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
3.3	3.26	0.006	0.15	21.27	0.15	15
6.4	6.38	0.021	0.51	21.35	0.30	29
8.1	8.08	0.034	0.83	21.41	0.38	37
9.8	9.78	0.043	1.05	21.46	0.46	45
12.2	12.18	0.059	1.44	21.55	0.57	55
14.6	14.58	0.070	1.71	21.61	0.67	66
16.9	16.88	0.084	2.05	21.68	0.87	85
21.6	21.58	0.096	2.34	21.75	0.99	97
25.0	24.98	0.112	2.74	21.83	1.14	112
30.3	30.28	0.123	2.99	21.89	1.38	136
28.3	28.28	0.136	3.32	21.97	1.29	126
25.8	25.78	0.147	3.59	22.03	1.17	115

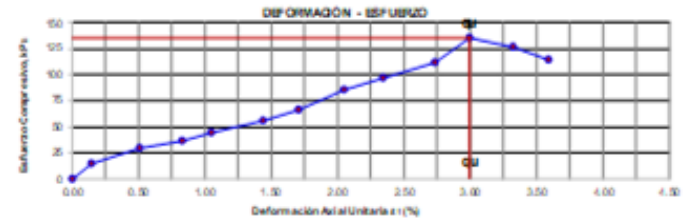
CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	529.11	g
Espécimen seco + Tara	491.2	g
Masa de Tara	39.08	g
Masa Espécimen húmedo	490.05	g
Masa Espécimen seco	452.14	g
Contenido de Humedad	8.4	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.05	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.38 kg/cm²	136	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	2.99	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max permitida (15%): 0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-6 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO:	21/06/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-6
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
4.1	4.14	0.006	0.15	21.27	0.19	19
7.3	7.26	0.021	0.51	21.35	0.34	33
9.0	8.98	0.034	0.83	21.41	0.42	41
10.7	10.68	0.043	1.05	21.46	0.50	49
13.1	13.06	0.059	1.44	21.55	0.61	59
15.5	15.46	0.070	1.71	21.61	0.72	70
19.8	19.76	0.084	2.05	21.68	0.91	89
22.5	22.46	0.096	2.34	21.75	1.03	101
25.9	25.86	0.112	2.74	21.83	1.18	116
31.2	31.16	0.123	2.99	21.89	1.42	140
29.2	29.16	0.136	3.32	21.97	1.33	130
26.7	26.66	0.147	3.59	22.03	1.21	119

CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

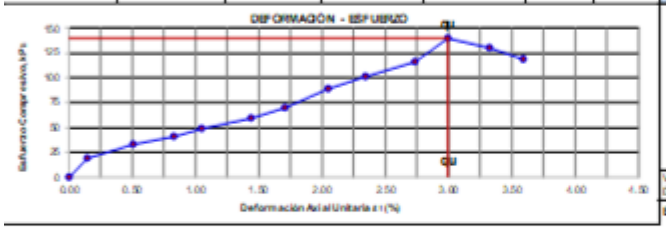
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Área (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	530.09	g
Espécimen seco + Tara	492.5	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	491.03	g
Masa Espécimen seco	453.44	g
Contenido de Humedad	8.3	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.05	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u	
1.42 kg/cm²	140 kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	2.99
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME

ESQUEMA DE FALLA



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Máx. permitida (15%)	0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-7 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/06/2026
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-7
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
4.4	4.38	0.008	0.15	21.27	0.21	20
7.5	7.50	0.021	0.51	21.35	0.35	34
9.2	9.20	0.034	0.83	21.41	0.43	42
10.9	10.90	0.043	1.05	21.46	0.51	50
13.3	13.30	0.059	1.44	21.55	0.62	61
15.7	15.70	0.070	1.71	21.61	0.73	71
20.0	20.00	0.084	2.05	21.68	0.92	90
22.7	22.70	0.096	2.34	21.75	1.04	102
26.1	26.10	0.112	2.74	21.83	1.20	117
31.9	31.92	0.123	2.99	21.89	1.46	143
29.4	29.40	0.136	3.32	21.97	1.34	131
26.9	26.90	0.147	3.59	22.03	1.22	120

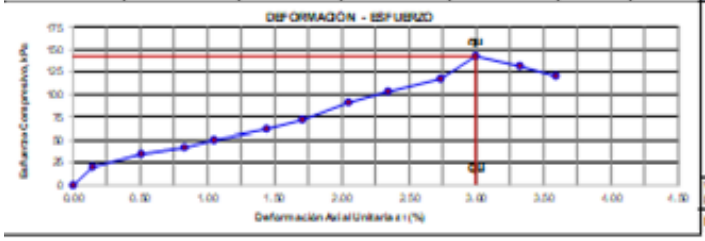
CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☐ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (L_0)	104	mm
Relación L_0/D	2	
Área (A_0)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	531.25	g
Espécimen seco + Tara	494.6	g
Masa de Tara	35.04	g
Masa Espécimen húmedo	462.21	g
Masa Espécimen seco	459.56	g
Contenido de Humedad	**8.0**	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.23	g/cm³
Densidad Seca	2.06	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u	
1.46 kg/cm²	143 kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	2.99
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Máx. permitida (15%): 0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-8 Suelo arcilloso sin adición (patrón)

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/06/2026
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-8
DESCRIPCIÓN:	MUESTRAS DE SUELO ARCILLOSO SIN ADICIÓN (PATRÓN).	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
4.9	4.90	0.006	0.15	21.27	0.23	23
8.0	8.02	0.021	0.51	21.35	0.38	37
9.7	9.72	0.034	0.83	21.41	0.45	45
11.4	11.42	0.043	1.05	21.46	0.53	52
13.8	13.82	0.059	1.44	21.55	0.64	63
16.2	16.22	0.070	1.71	21.61	0.75	74
20.5	20.52	0.084	2.05	21.68	0.95	93
23.2	23.22	0.096	2.34	21.75	1.07	105
26.6	26.62	0.112	2.74	21.83	1.22	120
32.5	32.52	0.123	2.99	21.89	1.49	146
29.9	29.92	0.136	3.32	21.97	1.36	134
27.4	27.42	0.147	3.59	22.03	1.24	122

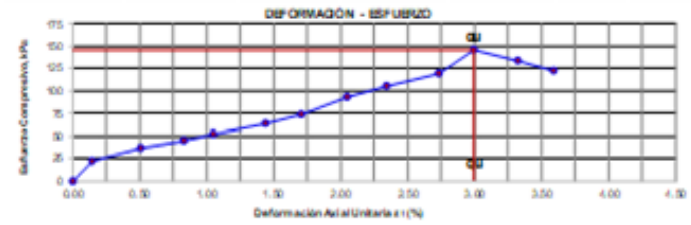
CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☑ Remoldeado ☑ Compactado ☐

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	530.54	g
Espécimen seco + Tara	493.1	g
Masa de Tara	39.07	g
Masa Espécimen húmedo	491.07	g
Masa Espécimen seco	454.03	g
Contenido de Humedad	**8.2**	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.06	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u	
1.49 kg/cm²	146 kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	2.99
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%): 0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-1 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA Kg	CARGA APLICADA kgf	DEFORMACIÓN (Pulg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kg/cm²	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.6	7.60	0.006	0.15	21.27	0.36	35
13.5	13.50	0.020	0.49	21.34	0.63	62
16.6	16.60	0.030	0.73	21.39	0.78	76
19.0	19.00	0.044	1.07	21.47	0.89	87
21.2	21.20	0.056	1.37	21.53	0.98	97
23.9	23.90	0.068	1.61	21.59	1.11	109
26.3	26.30	0.078	1.91	21.65	1.21	119
31.6	31.60	0.095	2.32	21.74	1.45	143
34.2	34.20	0.111	2.71	21.83	1.57	154
37.4	37.40	0.124	3.03	21.90	1.71	167
35.7	35.70	0.136	3.32	21.97	1.63	159
33.6	33.56	0.146	3.57	22.02	1.52	149

CONDICIÓN DEL ESPECIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

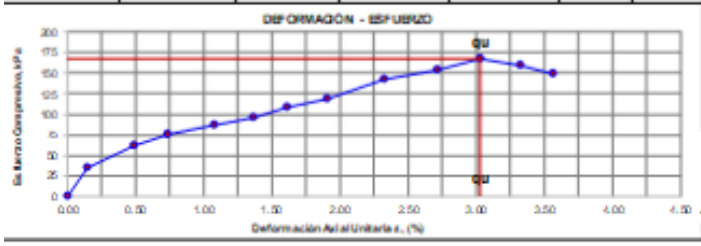
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

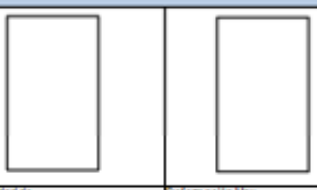
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	527.01	g
Espécimen seco + Tara	492.02	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	487.95	g
Masa Espécimen seco	452.96	g
Contenido de Humedad	**7.7**	%

DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.21	g/cm³
Densidad Seca	2.05	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.71 kg/cm²	167	kPa
Deformación en el instante de la falla, ε_f	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	

ESQUEMA DE FALLA





Velocidad de Deformación: 0.5% x Min

Deformación Max permitida (15%): 0.01 Pulg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-2 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

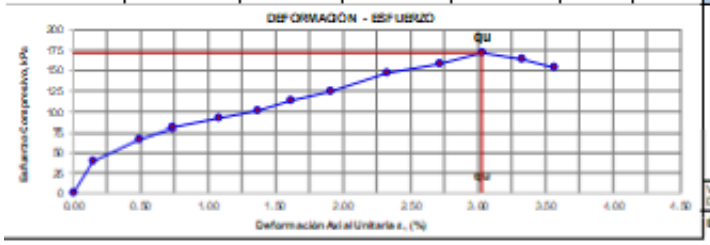
ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE:	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-2
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.60 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
8.6	8.62	0.008	0.15	21.27	0.41	40
14.5	14.52	0.020	0.49	21.34	0.68	67
17.8	17.82	0.030	0.73	21.39	0.82	81
20.0	20.02	0.044	1.07	21.47	0.93	91
22.2	22.22	0.056	1.37	21.53	1.03	101
24.9	24.92	0.068	1.61	21.59	1.15	113
27.3	27.32	0.078	1.91	21.65	1.26	124
32.6	32.62	0.095	2.32	21.74	1.50	147
35.2	35.22	0.111	2.71	21.83	1.61	158
38.4	38.42	0.124	3.03	21.90	1.75	172
36.7	36.72	0.136	3.32	21.97	1.67	164
34.6	34.58	0.146	3.57	22.02	1.57	154

CONDICIÓN DEL ESPECIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diámetro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenido después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	529.11	g
Espécimen seco + Tara	495.01	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	490.05	g
Masa Espécimen seco	455.95	g
Contenido de Humedad	7.5	%
DENSIDAD DEL ESPECIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.06	g/cm³
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.76 kg/cm²	172	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	

DEFORMACIÓN - ESFUERZO



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max permitida (15%): 0.01 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-3 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

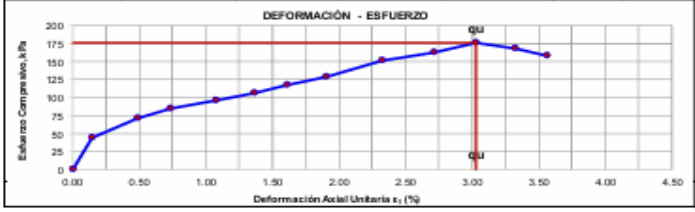
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-3
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
9.6	9.62	0.006	0.15	21.27	0.45	44
15.5	15.52	0.020	0.49	21.34	0.73	71
18.6	18.62	0.030	0.73	21.39	0.87	85
21.0	21.02	0.044	1.07	21.47	0.98	96
23.2	23.22	0.056	1.37	21.53	1.08	106
25.9	25.92	0.066	1.61	21.59	1.20	118
28.3	28.32	0.078	1.91	21.65	1.31	128
33.6	33.62	0.095	2.32	21.74	1.55	152
36.2	36.22	0.111	2.71	21.83	1.66	163
39.4	39.42	0.124	3.03	21.90	1.80	177
37.7	37.72	0.136	3.32	21.97	1.72	168
35.6	35.58	0.146	3.57	22.02	1.62	158

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	531.03	g
Espécimen seco + Tara	495.61	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	491.97	g
Masa Espécimen seco	456.55	g
Contenido de Humedad	**7.8**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.23**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.07**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.80 kg/cm^2	**177**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-4 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-4
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
9.4	9.40	0.006	0.15	21.27	0.44	43
15.3	15.30	0.020	0.49	21.34	0.72	70
18.4	18.40	0.030	0.73	21.39	0.86	84
20.8	20.80	0.044	1.07	21.47	0.97	95
23.0	23.00	0.056	1.37	21.53	1.07	105
25.7	25.70	0.066	1.61	21.59	1.19	117
28.1	28.10	0.078	1.91	21.65	1.30	127
33.4	33.40	0.095	2.32	21.74	1.54	151
36.0	36.00	0.111	2.71	21.83	1.65	162
39.2	39.20	0.124	3.03	21.90	1.79	176
37.5	37.50	0.136	3.32	21.97	1.71	167
35.4	35.36	0.146	3.57	22.02	1.61	157

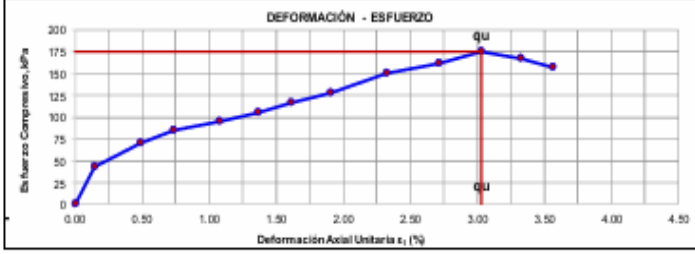
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	530.27	g
Espécimen seco + Tara	495.6	g
Masa de Tara	39.07	g
Masa Espécimen húmedo	491.2	g
Masa Espécimen seco	456.53	g
Contenido de Humedad	**7.6**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	2.22	g/cm³
Densidad Seca	2.07	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.79 kg/cm²	176	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%): 0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-5 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-5
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.4	7.42	0.006	0.15	21.27	0.35	34
13.3	13.32	0.020	0.49	21.34	0.62	61
16.4	16.42	0.030	0.73	21.39	0.77	75
18.8	18.82	0.044	1.07	21.47	0.88	86
21.0	21.02	0.056	1.37	21.53	0.98	96
23.7	23.72	0.066	1.61	21.59	1.10	108
26.1	26.12	0.078	1.91	21.65	1.21	118
31.4	31.42	0.095	2.32	21.74	1.45	142
34.0	34.02	0.111	2.71	21.83	1.56	153
37.2	37.22	0.124	3.03	21.90	1.70	167
35.5	35.52	0.136	3.32	21.97	1.62	159
33.4	33.38	0.146	3.57	22.02	1.52	149

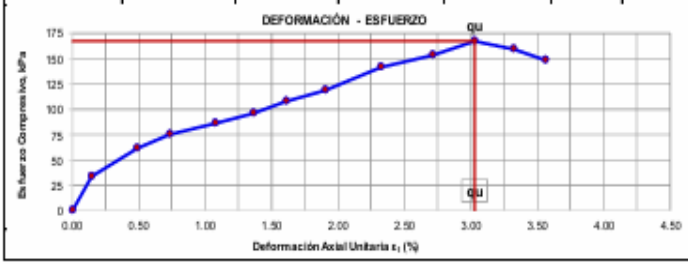
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	529.29	g
Espécimen seco + Tara	493.8	g
Masa de Tara	39.08	g
Masa Espécimen húmedo	490.21	g
Masa Espécimen seco	454.72	g
Contenido de Humedad	**7.8**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.22**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.06**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u	
1.70 kg/cm^2	**167 kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%): 0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-6 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-6
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
10.1	10.12	0.006	0.15	21.27	0.48	47
16.0	16.02	0.020	0.49	21.34	0.75	74
19.1	19.12	0.030	0.73	21.39	0.89	88
21.5	21.52	0.044	1.07	21.47	1.00	98
23.7	23.72	0.056	1.37	21.53	1.10	108
26.4	26.42	0.066	1.61	21.59	1.22	120
28.8	28.82	0.078	1.91	21.65	1.33	131
34.1	34.12	0.095	2.32	21.74	1.57	154
36.7	36.72	0.111	2.71	21.83	1.68	165
39.9	39.92	0.124	3.03	21.90	1.82	179
38.2	38.22	0.136	3.32	21.97	1.74	171
36.1	36.08	0.146	3.57	22.02	1.64	161

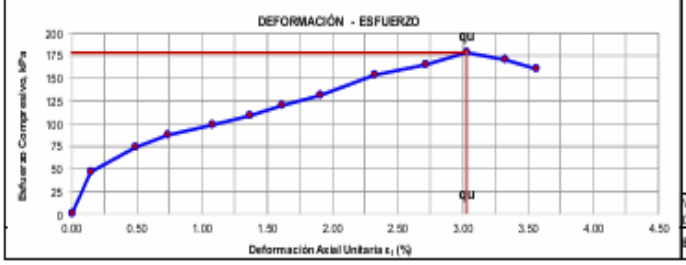
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	533.24	g
Espécimen seco + Tara	497.9	g
Masa de Tara	38.09	g
Masa Espécimen húmedo	495.15	g
Masa Espécimen seco	459.81	g
Contenido de Humedad	**7.7**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.24**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.08**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.82 kg/cm^2	**179**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-7 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-7
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.6	7.62	0.006	0.15	21.27	0.36	35
13.5	13.52	0.020	0.49	21.34	0.63	62
16.6	16.62	0.030	0.73	21.39	0.78	76
19.0	19.02	0.044	1.07	21.47	0.89	87
21.2	21.22	0.056	1.37	21.53	0.99	97
23.9	23.92	0.066	1.61	21.59	1.11	109
26.3	26.32	0.078	1.91	21.65	1.22	119
31.6	31.62	0.095	2.32	21.74	1.45	143
34.2	34.22	0.111	2.71	21.83	1.57	154
37.4	37.42	0.124	3.03	21.90	1.71	168
35.7	35.72	0.136	3.32	21.97	1.63	159
33.6	33.58	0.146	3.57	22.02	1.52	150

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

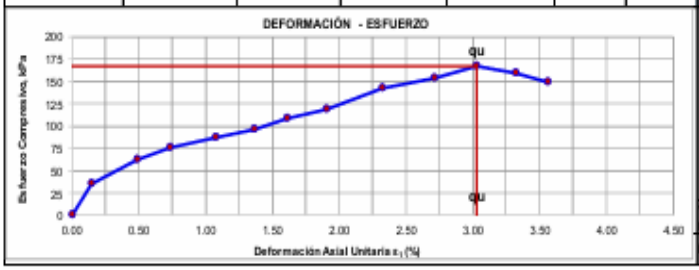
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	534.25	g
Espécimen seco + Tara	499.2	g
Masa de Tara	38.12	g
Masa Espécimen húmedo	496.13	g
Masa Espécimen seco	461.08	g
Contenido de Humedad	**7.6**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	2.25	g/cm³
Densidad Seca	2.09	g/cm³

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u	
1.71 kg/cm²	168 kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME

ESQUEMA DE FALLA



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-8 Suelo arcilloso con adición 5% de la ceniza de tara.

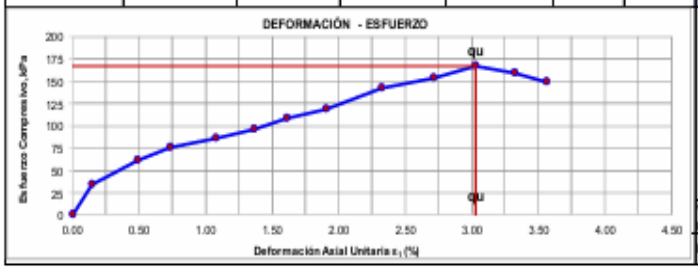
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-8
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.5	7.50	0.006	0.15	21.27	0.35	35
13.4	13.40	0.020	0.49	21.34	0.63	62
16.5	16.50	0.030	0.73	21.39	0.77	76
18.9	18.90	0.044	1.07	21.47	0.88	86
21.1	21.10	0.056	1.37	21.53	0.98	96
23.8	23.80	0.066	1.61	21.59	1.10	108
26.2	26.20	0.078	1.91	21.65	1.21	119
31.5	31.50	0.095	2.32	21.74	1.45	142
34.1	34.10	0.111	2.71	21.83	1.56	153
37.3	37.30	0.124	3.03	21.90	1.70	167
35.6	35.60	0.136	3.32	21.97	1.62	159
33.5	33.46	0.146	3.57	22.02	1.52	149

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	532.21	g
Espécimen seco + Tara	496.6	g
Masa de Tara	39.07	g
Masa Espécimen húmedo	493.14	g
Masa Espécimen seco	457.53	g
Contenido de Humedad	**7.8**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.23**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.07**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.70 kg/cm^2	**167**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-1 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

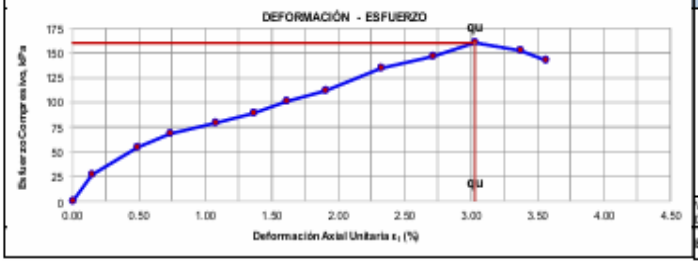
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
5.9	5.90	0.006	0.15	21.27	0.28	27
11.8	11.80	0.020	0.49	21.34	0.55	54
14.9	14.90	0.030	0.73	21.39	0.70	68
17.3	17.30	0.044	1.07	21.47	0.81	79
19.5	19.50	0.056	1.37	21.53	0.91	89
22.2	22.20	0.066	1.61	21.59	1.03	101
24.6	24.60	0.078	1.91	21.65	1.14	111
29.9	29.90	0.095	2.32	21.74	1.38	135
32.5	32.50	0.111	2.71	21.83	1.49	146
35.7	35.70	0.124	3.03	21.90	1.63	160
34.0	34.00	0.138	3.37	21.98	1.55	152
31.9	31.86	0.146	3.57	22.02	1.45	142

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.25	g
Espécimen seco + Tara	492.8	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	485.19	g
Masa Espécimen seco	453.74	g
Contenido de Humedad	**6.9**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.20**	g/cm³
Densidad Seca	**2.05**	g/cm³
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.63 kg/cm²	**160**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-2 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-2
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
6.1	6.10	0.006	0.15	21.27	0.29	28
12.0	12.00	0.021	0.51	21.35	0.56	55
15.1	15.10	0.032	0.78	21.40	0.71	69
17.5	17.50	0.044	1.07	21.47	0.82	80
19.7	19.70	0.056	1.37	21.53	0.91	90
22.4	22.40	0.068	1.66	21.60	1.04	102
24.8	24.80	0.080	1.95	21.66	1.14	112
30.1	30.10	0.095	2.32	21.74	1.38	136
32.7	32.70	0.111	2.71	21.83	1.50	147
35.9	35.90	0.124	3.03	21.90	1.64	161
34.2	34.20	0.137	3.35	21.97	1.56	153
32.1	32.06	0.146	3.57	22.02	1.46	143

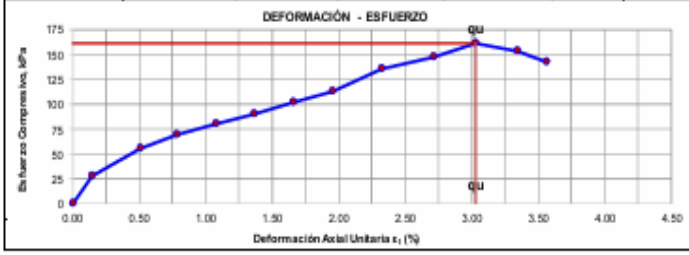
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	525.27	g
Espécimen seco + Tara	492.2	g
Masa de Tara	39.01	g
Masa Espécimen húmedo	486.26	g
Masa Espécimen seco	453.19	g
Contenido de Humedad	**7.3**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.20**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.05**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.64 kg/cm^2	**161**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-3 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-3
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.6	7.60	0.006	0.15	21.27	0.36	35
13.5	13.50	0.020	0.49	21.34	0.63	62
16.6	16.60	0.030	0.73	21.39	0.78	76
19.0	19.00	0.044	1.07	21.47	0.89	87
21.2	21.20	0.056	1.37	21.53	0.98	97
23.9	23.90	0.066	1.61	21.59	1.11	109
26.3	26.30	0.078	1.91	21.65	1.21	119
31.6	31.60	0.095	2.32	21.74	1.45	143
34.2	34.20	0.111	2.71	21.83	1.57	154
37.4	37.40	0.124	3.03	21.90	1.71	167
35.7	35.70	0.138	3.37	21.98	1.62	159
33.6	33.56	0.146	3.57	22.02	1.52	149

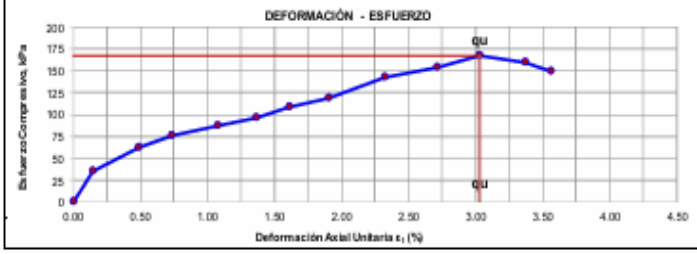
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	525.25	g
Espécimen seco + Tara	492.7	g
Masa de Tara	39.04	g
Masa Espécimen húmedo	486.21	g
Masa Espécimen seco	453.66	g
Contenido de Humedad	**7.2**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.20**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.05**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.71 kg/cm^2	**167**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:		3.03
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-4 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-4
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.7	7.70	0.006	0.15	21.27	0.36	36
13.6	13.60	0.020	0.49	21.34	0.64	62
16.7	16.70	0.030	0.73	21.39	0.78	77
19.1	19.10	0.044	1.07	21.47	0.89	87
21.3	21.30	0.056	1.37	21.53	0.99	97
24.0	24.00	0.068	1.61	21.59	1.11	109
26.4	26.40	0.078	1.91	21.65	1.22	120
31.7	31.70	0.095	2.32	21.74	1.46	143
34.3	34.30	0.111	2.71	21.83	1.57	154
37.5	37.50	0.124	3.03	21.90	1.71	168
35.8	35.80	0.138	3.37	21.98	1.63	160
33.7	33.66	0.146	3.57	22.02	1.53	150

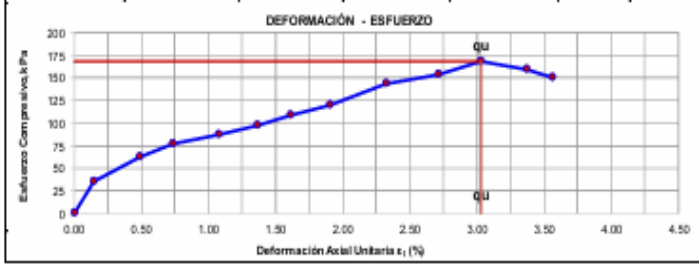
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.25	g
Espécimen seco + Tara	491.9	g
Masa de Tara	39.02	g
Masa Espécimen húmedo	485.23	g
Masa Espécimen seco	452.88	g
Contenido de Humedad	7.1	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	2.20	g/cm^3
Densidad Seca	2.05	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.71 kg/cm^2	168	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-5 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

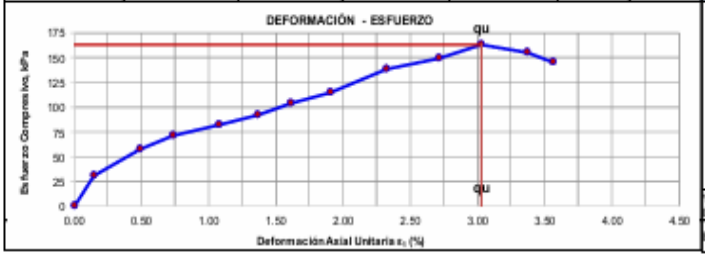
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-5
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
6.6	6.62	0.006	0.15	21.27	0.31	31
12.5	12.52	0.020	0.49	21.34	0.59	58
15.6	15.62	0.030	0.73	21.39	0.73	72
18.0	18.02	0.044	1.07	21.47	0.84	82
20.2	20.22	0.056	1.37	21.53	0.94	92
22.9	22.92	0.066	1.61	21.59	1.06	104
25.3	25.32	0.078	1.91	21.65	1.17	115
30.6	30.62	0.095	2.32	21.74	1.41	138
33.2	33.22	0.111	2.71	21.83	1.52	149
36.4	36.42	0.124	3.03	21.90	1.66	163
34.7	34.72	0.138	3.37	21.98	1.58	155
32.6	32.58	0.146	3.57	22.02	1.48	145

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	523.25	g
Espécimen seco + Tara	490.7	g
Masa de Tara	39.08	g
Masa Espécimen húmedo	484.17	g
Masa Espécimen seco	451.62	g
Contenido de Humedad	**7.2**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.19**	g/cm³
Densidad Seca	**2.04**	g/cm³
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.66 kg/cm²	**163**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-6 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-6
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.0	7.02	0.006	0.15	21.27	0.33	32
12.9	12.92	0.020	0.49	21.34	0.61	59
16.0	16.02	0.030	0.73	21.39	0.75	73
18.4	18.42	0.044	1.07	21.47	0.86	84
20.6	20.62	0.056	1.37	21.53	0.96	94
23.3	23.32	0.066	1.61	21.59	1.08	106
25.7	25.72	0.078	1.91	21.65	1.19	117
31.0	31.02	0.095	2.32	21.74	1.43	140
33.6	33.62	0.111	2.71	21.83	1.54	151
36.8	36.82	0.124	3.03	21.90	1.68	165
35.1	35.12	0.138	3.37	21.98	1.60	157
33.0	32.98	0.146	3.57	22.02	1.50	147

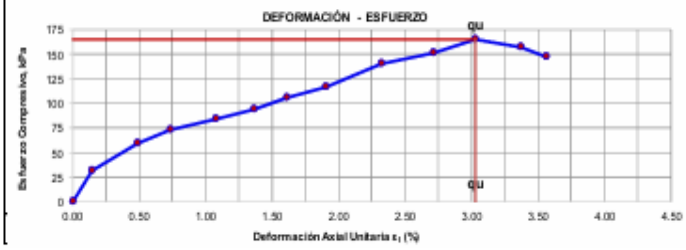
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	525.25	g
Espécimen seco + Tara	492.8	g
Masa de Tara	38.12	g
Masa Espécimen húmedo	487.13	g
Masa Espécimen seco	454.68	g
Contenido de Humedad	**7.1**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.21**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.06**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.68 kg/cm^2	**165**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:		3.03
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Pig

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-7 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

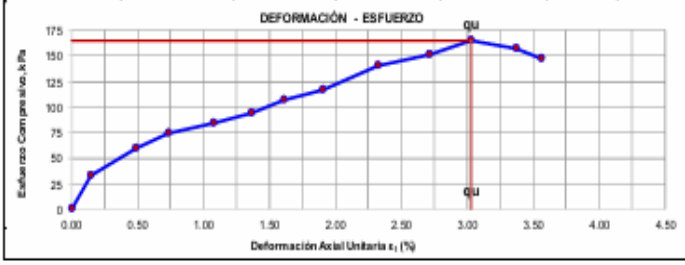
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-7
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm²)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm²	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
7.1	7.12	0.006	0.15	21.27	0.33	33
13.0	13.02	0.020	0.49	21.34	0.61	60
16.1	16.12	0.030	0.73	21.39	0.75	74
18.5	18.52	0.044	1.07	21.47	0.86	85
20.7	20.72	0.056	1.37	21.53	0.96	94
23.4	23.42	0.066	1.61	21.59	1.09	106
25.8	25.82	0.078	1.91	21.65	1.19	117
31.1	31.12	0.095	2.32	21.74	1.43	140
33.7	33.72	0.111	2.71	21.83	1.54	151
36.9	36.92	0.124	3.03	21.90	1.69	165
35.2	35.22	0.138	3.37	21.98	1.60	157
33.1	33.08	0.146	3.57	22.02	1.50	147

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm²
Volumen	220.87	cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	526.23	g
Espécimen seco + Tara	494.6	g
Masa de Tara	39.06	g
Masa Espécimen húmedo	487.17	g
Masa Espécimen seco	455.54	g
Contenido de Humedad	**6.9**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.21**	g/cm³
Densidad Seca	**2.06**	g/cm³
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.69 kg/cm²	**165**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.03	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-8 Suelo arcilloso con adición 10% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-8
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	21.24	0.00	0
6.3	6.32	0.006	0.15	21.27	0.30	29
12.2	12.22	0.020	0.49	21.34	0.57	56
15.3	15.32	0.030	0.73	21.39	0.72	70
17.7	17.72	0.044	1.07	21.47	0.83	81
19.9	19.92	0.056	1.37	21.53	0.93	91
22.6	22.62	0.066	1.61	21.59	1.05	103
25.0	25.02	0.078	1.91	21.65	1.16	113
30.3	30.32	0.095	2.32	21.74	1.39	137
32.9	32.92	0.111	2.71	21.83	1.51	148
36.1	36.12	0.124	3.03	21.90	1.65	162
34.4	34.42	0.138	3.37	21.98	1.57	154
32.3	32.28	0.146	3.57	22.02	1.47	144

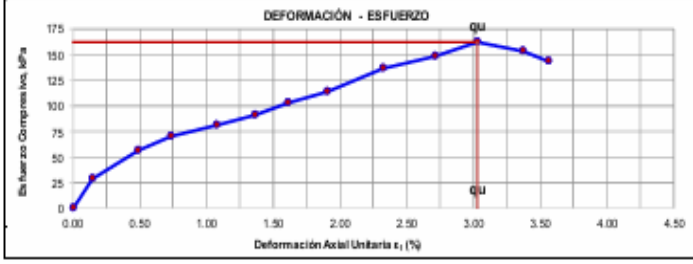
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	52	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	104	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	21.24	cm^2
Volumen	220.87	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.28	g
Espécimen seco + Tara	492.8	g
Masa de Tara	39.07	g
Masa Espécimen húmedo	485.21	g
Masa Espécimen seco	453.53	g
Contenido de Humedad	**7.0**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.20**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.05**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.65 kg/cm^2	**162**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:		3.03
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación: 0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%): 0.61 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-1 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

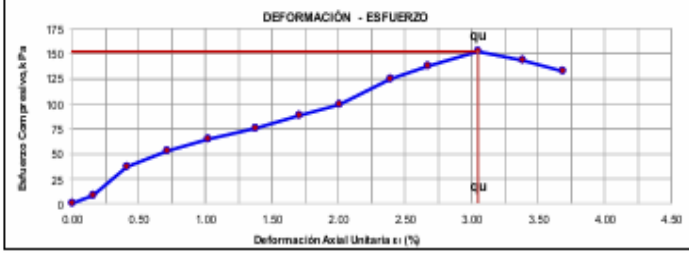
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
1.6	1.60	0.006	0.15	19.66	0.08	8
7.5	7.50	0.016	0.41	19.72	0.38	37
10.6	10.60	0.028	0.71	19.78	0.54	53
13.0	13.00	0.040	1.02	19.84	0.66	64
15.2	15.20	0.054	1.37	19.91	0.76	75
17.9	17.90	0.067	1.70	19.97	0.90	88
20.3	20.30	0.079	2.01	20.04	1.01	99
25.6	25.60	0.094	2.39	20.12	1.27	125
28.2	28.20	0.105	2.67	20.17	1.40	137
31.4	31.40	0.120	3.05	20.25	1.55	152
29.7	29.70	0.133	3.38	20.32	1.46	143
27.6	27.56	0.145	3.68	20.39	1.35	133

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	522.38	g
Espécimen seco + Tara	492.01	g
Masa de Tara	38.44	g
Masa Espécimen húmedo	483.92	g
Masa Espécimen seco	453.57	g
Contenido de Humedad	**6.7**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.46**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.31**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.55 kg/cm^2	**152**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-2 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

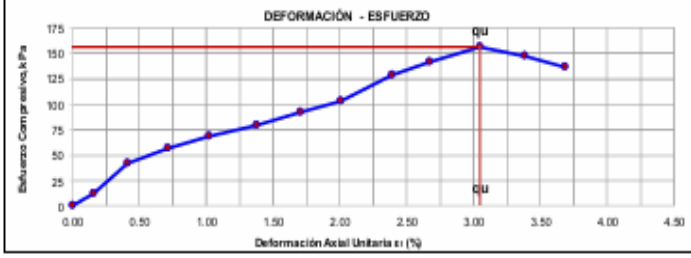
MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH.VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-2
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
2.4	2.40	0.006	0.15	19.66	0.12	12
8.3	8.30	0.016	0.41	19.72	0.42	41
11.4	11.40	0.028	0.71	19.78	0.58	57
13.8	13.80	0.040	1.02	19.84	0.70	68
16.0	16.00	0.054	1.37	19.91	0.80	79
18.7	18.70	0.067	1.70	19.97	0.94	92
21.1	21.10	0.079	2.01	20.04	1.05	103
26.4	26.40	0.094	2.39	20.12	1.31	129
29.0	29.00	0.105	2.67	20.17	1.44	141
32.2	32.20	0.120	3.05	20.25	1.59	156
30.5	30.50	0.133	3.38	20.32	1.50	147
28.4	28.36	0.145	3.68	20.39	1.39	136

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	523.05	g
Espécimen seco + Tara	493.14	g
Masa de Tara	38.42	g
Masa Espécimen húmedo	484.63	g
Masa Espécimen seco	454.72	g
Contenido de Humedad	**6.6**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.47**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.32**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.59 kg/cm^2	**156 kPa**	
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	**FIRME**	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-3 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

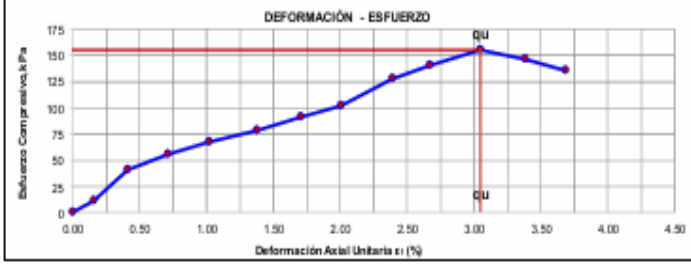
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-3
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
2.2	2.20	0.006	0.15	19.66	0.11	11
8.1	8.10	0.016	0.41	19.72	0.41	40
11.2	11.20	0.028	0.71	19.78	0.57	56
13.6	13.60	0.040	1.02	19.84	0.69	67
15.8	15.80	0.054	1.37	19.91	0.79	78
18.5	18.50	0.067	1.70	19.97	0.93	91
20.9	20.90	0.079	2.01	20.04	1.04	102
26.2	26.20	0.094	2.39	20.12	1.30	128
28.8	28.80	0.105	2.67	20.17	1.43	140
32.0	32.00	0.120	3.05	20.25	1.58	155
30.3	30.30	0.133	3.38	20.32	1.49	146
28.2	28.16	0.145	3.68	20.39	1.38	135

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.12	g
Espécimen seco + Tara	495.35	g
Masa de Tara	38.41	g
Masa Espécimen húmedo	485.71	g
Masa Espécimen seco	456.94	g
Contenido de Humedad	**6.3**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.47**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.33**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.58 kg/cm^2	**155**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-4 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-4
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
2.9	2.92	0.006	0.15	19.66	0.15	15
8.8	8.82	0.016	0.41	19.72	0.45	44
11.9	11.92	0.030	0.76	19.79	0.60	59
14.3	14.32	0.039	0.99	19.83	0.72	71
16.5	16.52	0.054	1.37	19.91	0.83	81
19.2	19.22	0.067	1.70	19.97	0.96	94
21.6	21.62	0.079	2.01	20.04	1.08	106
26.9	26.92	0.094	2.39	20.12	1.34	131
29.5	29.52	0.105	2.67	20.17	1.46	144
32.7	32.72	0.120	3.05	20.25	1.62	158
31.0	31.02	0.133	3.38	20.32	1.53	150
28.9	28.88	0.145	3.68	20.39	1.42	139

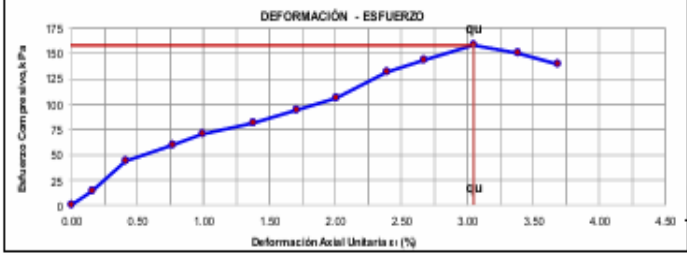
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	523.9	g
Espécimen seco + Tara	494.5	g
Masa de Tara	38.43	g
Masa Espécimen húmedo	485.47	g
Masa Espécimen seco	456.07	g
Contenido de Humedad	**6.4**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.47**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.32**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.62 kg/cm^2	**158**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:		3.05
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-5 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-5
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
1.7	1.72	0.006	0.15	19.66	0.09	9
7.6	7.62	0.016	0.41	19.72	0.39	38
10.7	10.72	0.030	0.76	19.79	0.54	53
13.1	13.12	0.040	1.02	19.84	0.66	65
15.3	15.32	0.054	1.37	19.91	0.77	75
18.0	18.02	0.067	1.70	19.97	0.90	88
20.4	20.42	0.079	2.01	20.04	1.02	100
25.7	25.72	0.094	2.39	20.12	1.28	125
28.3	28.32	0.105	2.67	20.17	1.40	138
31.5	31.52	0.120	3.05	20.25	1.56	153
29.8	29.82	0.133	3.38	20.32	1.47	144
27.7	27.68	0.145	3.68	20.39	1.36	133

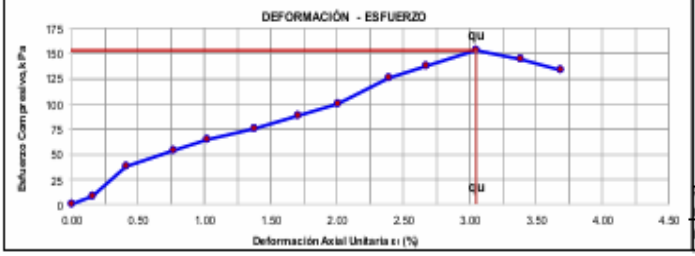
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida despues del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	521.8	g
Espécimen seco + Tara	491.7	g
Masa de Tara	38.42	g
Masa Espécimen húmedo	483.38	g
Masa Espécimen seco	453.28	g
Contenido de Humedad	**6.6**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.46**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.31**	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.56 kg/cm^2	**153**	**kPa**
Deformación en el instante de la falla, %:		3.05
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-6 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

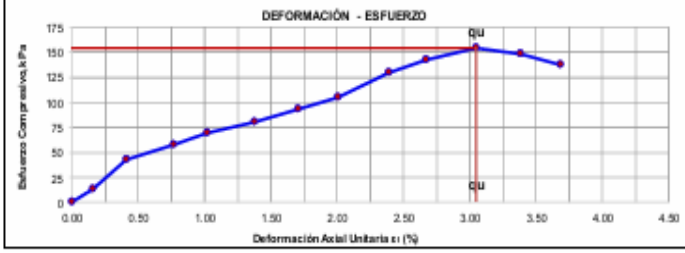
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-6
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
2.6	2.62	0.006	0.15	19.66	0.13	13
8.5	8.52	0.016	0.41	19.72	0.43	42
11.6	11.62	0.030	0.76	19.79	0.59	58
14.0	14.02	0.040	1.02	19.84	0.71	69
16.2	16.22	0.054	1.37	19.91	0.81	80
18.9	18.92	0.067	1.70	19.97	0.95	93
21.3	21.32	0.079	2.01	20.04	1.06	104
26.6	26.62	0.094	2.39	20.12	1.32	130
29.2	29.22	0.105	2.67	20.17	1.45	142
31.8	31.80	0.120	3.05	20.25	1.57	154
30.7	30.72	0.133	3.38	20.32	1.51	148
28.6	28.58	0.145	3.68	20.39	1.40	137

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	522.7	g
Espécimen seco + Tara	493.6	g
Masa de Tara	38.47	g
Masa Espécimen húmedo	484.23	g
Masa Espécimen seco	455.13	g
Contenido de Humedad	**6.4**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.47**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.32**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.57 kg/cm^2	**154**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-7 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

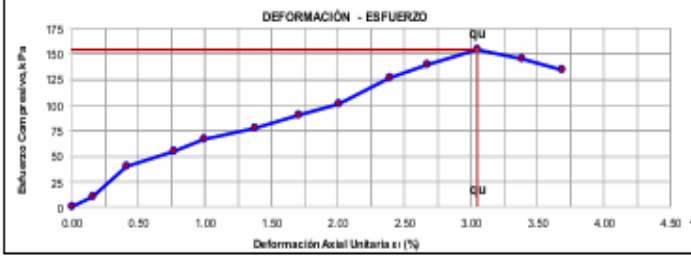
MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-7
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_1	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.83	0.00	0
2.0	2.00	0.006	0.15	19.86	0.10	10
7.9	7.90	0.016	0.41	19.72	0.40	39
11.0	11.00	0.030	0.76	19.79	0.56	55
13.4	13.40	0.039	0.99	19.83	0.68	66
15.6	15.60	0.054	1.37	19.91	0.78	77
18.3	18.30	0.067	1.70	19.97	0.92	90
20.7	20.70	0.079	2.01	20.04	1.03	101
26.0	26.00	0.094	2.39	20.12	1.29	127
28.6	28.60	0.105	2.67	20.17	1.42	139
31.8	31.80	0.120	3.05	20.25	1.57	154
30.1	30.10	0.133	3.38	20.32	1.48	145
28.0	27.96	0.145	3.68	20.39	1.37	135

CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN:		
Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑		
DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.97	g
Espécimen seco + Tara	496.6	g
Masa de Tara	37.81	g
Masa Espécimen húmedo	487.16	g
Masa Espécimen seco	458.79	g
Contenido de Humedad	**6.2**	%
DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	**2.48**	g/cm^3
Densidad Seca	**2.34**	g/cm^3
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.57 kg/cm^2	**154**	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	
ESQUEMA DE FALLA		



Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

M-8 Suelo arcilloso con adición 15% de la ceniza de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D 2166 / NTP 339.167 / MTC E 121

NOMBRE DEL CLIENTE :	BACH. VEGA BAZÁN, MERLYN MERCEDES	FECHA DE ENSAYO :	21/05/2025
ESTUDIO / PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	MUESTRA:	M-8
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA.	PROFUNDIDAD:	1.50 m

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA ε_1 (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm^2)	ESFUERZO COMPRESIVO, σ_c	
Kg	kgf				kg/cm^2	kPa
0.0	0.00	0.000	0.00	19.63	0.00	0
2.6	2.60	0.006	0.15	19.66	0.13	13
8.5	8.50	0.016	0.41	19.72	0.43	42
11.6	11.60	0.028	0.71	19.78	0.59	58
14.0	14.00	0.040	1.02	19.84	0.71	69
16.2	16.20	0.054	1.37	19.91	0.81	80
18.9	18.90	0.067	1.70	19.97	0.95	93
21.3	21.30	0.079	2.01	20.04	1.06	104
26.6	26.60	0.094	2.39	20.12	1.32	130
29.2	29.20	0.105	2.67	20.17	1.45	142
32.4	32.40	0.120	3.05	20.25	1.60	157
30.7	30.70	0.133	3.38	20.32	1.51	148
28.6	28.56	0.145	3.68	20.39	1.40	137

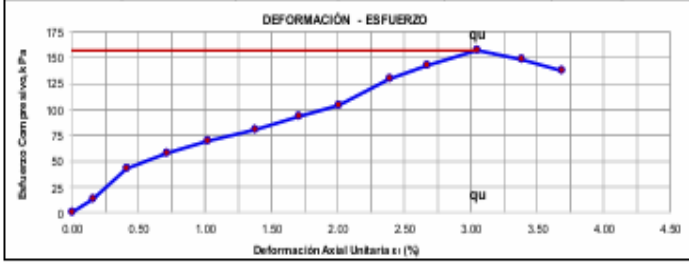
CONDICIÓN DEL ESPÉCIMEN: Inalterado ☐ Remoldeado ☑ Compactado ☑

DIMENSIÓN PROMEDIO		
Diametro, D	50	mm
Longitud inicial del espécimen, (Lo)	100	mm
Relación Lo/D	2	
Area (Ao)	19.63	cm^2
Volumen	196.35	cm^3

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Obtenida después del ensayo		
Espécimen húmedo + Tara	524.25	g
Espécimen seco + Tara	495.25	g
Masa de Tara	38.46	g
Masa Espécimen húmedo	485.79	g
Masa Espécimen seco	456.79	g
Contenido de Humedad	**6.3**	%

DENSIDAD DEL ESPÉCIMEN		
Densidad Húmeda	2.47	g/cm^3
Densidad Seca	2.33	g/cm^3

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q_u		
1.60 kg/cm^2	157	kPa
Deformación en el instante de la falla, %:	3.05	
CONSISTENCIA SEGÚN q_u	FIRME	



ESQUEMA DE FALLA

Velocidad de Deformación:	0.5% x Min	Deformación Max. permitida (15%):	0.59 Plg

EQUIPO UTILIZADO: PRENSA CBR DIGITAL

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

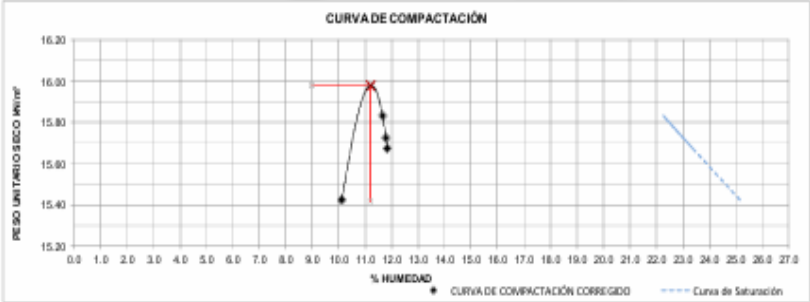
Resultado de Proctor Modificado Patón.

MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	FECHA DE ENSAYO	MAYO DEL 2025
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA DE SUELO PATRON	CALICATA No:	C-1

REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS	FRACCIÓN	PORCENTAJE DE FRACCIÓN	HUMEDAD (%)	HUMEDAD CORREGIDA	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA
SI	GRUESA P_{FG} (%)	43.45	6.2	6.8	1.97	2.08
	FINA P_{FF} (%)	56.55	7.3		2.17	

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	A
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	No	4	4	4	4
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2050	2050	2050	2050
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	5815.2	5965.7	5986.1	5941
MASA DEL MOLDE	g	2740	2740	2740	2740
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3075.2	3215.7	3246.1	3201
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	7	13	15	18
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	532.8	551.0	555.0	549.2
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	490.1	500.1	504.2	498.3
MASA DEL MOLDE	g	68.0	68.0	68.0	68.0
MASA DEL AGUA	g	42.7	50.9	50.8	50.9
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	422.1	432.1	436.2	430.3
% de HUMEDAD	%	10.1	11.8	11.7	11.8
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	1.500	1.569	1.583	1.562
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1.362	1.403	1.418	1.396
PESO UNITARIO SECO	kN/m^3	13.36	13.76	13.91	13.69
	lbf/pie^3	85.04	87.61	88.54	87.18
PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)	kN/m^3	15.42	15.72	15.83	15.67
HUMEDAD DE SATURACIÓN					
HUMEDAD DE SATURACIÓN	%	25.2	23.0	22.3	23.4



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO	
15.98	kN/m^3
1630	kg/m^3
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	
11.2	

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR	
14.11	kN/m3
1439	kg/m3

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de CBR Patrón.

MONTAÑA

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO

ASTM D-1883

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	FECHA DE ENSAYO :	MAYO DEL 2025
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	CALICATA No. :	C-1
DESCRIPCIÓN:	MUESTRA DE SUELO PATRON	MUESTRA No. :	M-1

COMPACTACIÓN

Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por Capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13535.00		13600.00		12320.00	
Peso de molde (g)	9981.00		9867.00		9100.00	
Peso del Suelo húmedo (g)	3554.00		3733.00		3220.00	
Volumen del molde (cm^3)	2127.00		2114.00		2116.00	
Densidad húmeda (g/cm^3)	**1.671**		**1.766**		**1.522**	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	620.80		622.45		721.80	
Peso suelo seco + tara (g)	587.30		618.90		663.78	
Peso tara (g)	16.14		16.38		16.16	
Peso de agua (g)	33.50		3.55		58.02	
Peso de suelo seco (g)	571.16		602.52		647.62	
Contenido de humedad (%)	**5.87**		**0.59**		**8.96**	
Densidad seca (g/cm^3)	**1.578**		**1.756**		**1.397**	
Densidad seca (g/cm3) - Corregido	**1.727**		**1.842**		**1.599**	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
14/12/24	10:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0
15/12/24	10:00	24.00	13	0.130	0.1	18	0.180	0.2	22	0.220	0.2
16/12/24	10:00	48.00	18	0.180	0.2	26	0.260	0.2	33	0.330	0.3
17/12/24	10:00	72.00	24	0.240	0.2	37	0.370	0.3	45	0.450	0.4
18/12/24	10:00	96.00	33	0.330	0.3	49	0.490	0.4	59	0.590	0.5

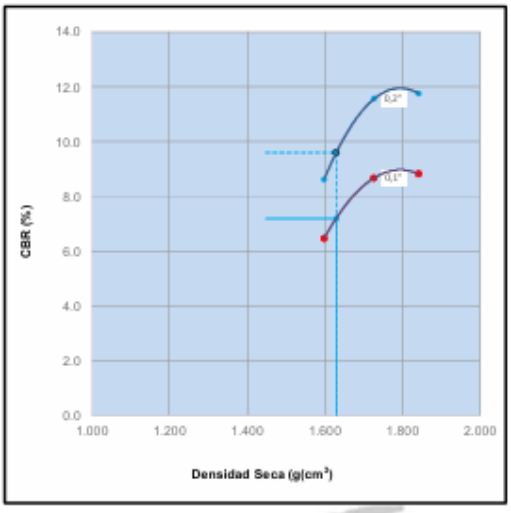
PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		10	7.3	21.7		11	8.1	22.0		16	11.8	16.2	
1.270	0.050		33	24.3	43.4		37	27.2	44.1		41	30.1	32.3	
1.905	0.075		70	51.4	65.0		74	54.4	66.1		81	59.5	48.5	
2.540	**0.100**	**70.458**	113	83.0	86.7	8.7	121	88.9	88.2	8.8	151	111.0	64.7	6.5
3.175	0.125		134	98.5	108.4		136	99.9	110.2		164	120.5	80.8	
3.810	0.150		175	128.6	130.1		179	131.5	132.3		179	131.5	97.0	
4.445	0.175		202	148.4	151.8		206	151.4	154.3		212	155.8	113.2	
5.080	**0.200**	**104.980**	231	169.8	173.4	11.6	241	177.1	176.4	11.8	239	175.6	129.3	8.6
7.620	0.300		245	180.0	216.8		266	195.5	220.5		246	180.8	161.7	
10.160	0.400		273	200.6	242.3		291	213.8	246.4		261	191.8	180.7	
12.700	0.500		301	221.2	259.3		324	238.1	263.7		297	218.3	193.4	

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : **ASTM D-1557**

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 1.630 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.20

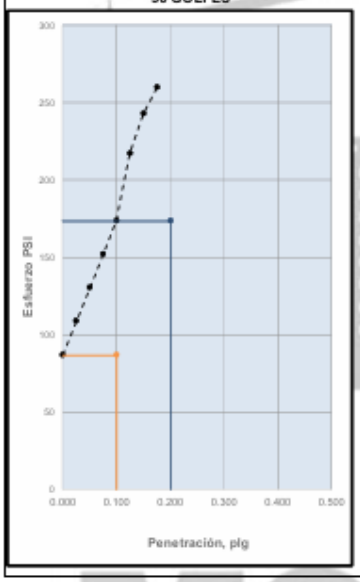
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) :	1.597	98%
90%DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) :	1.548	95%

C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1") :	7	0.2" :	10
C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1") :	6	0.2" :	9
C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1") :	5	0.2" :	7

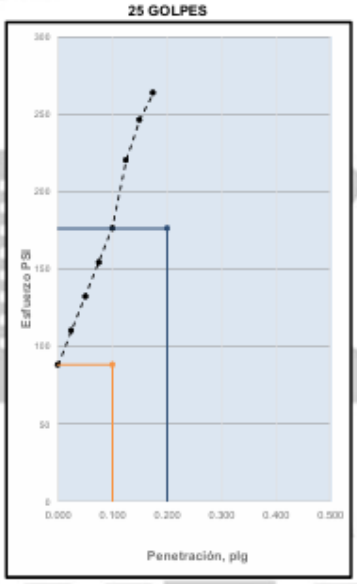
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	7 %
Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.	=	6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	5 %

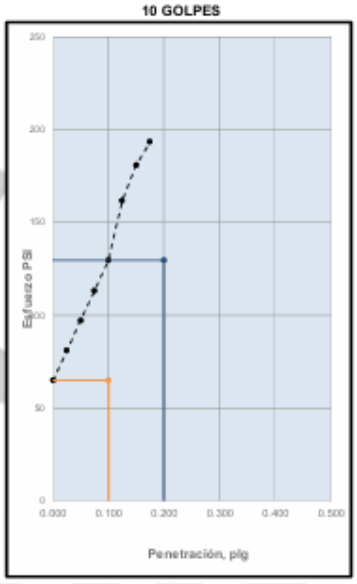
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



MONTANA

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de Proctor Modificado con adición del 5% de ceniza de cáscara de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

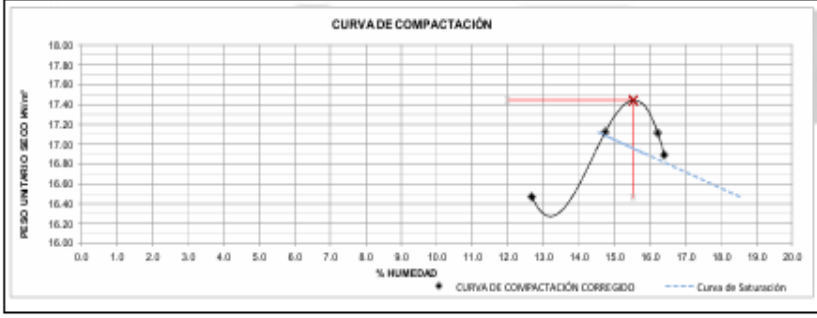
RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	FECHA DE ENSAYO	MAYO DEL 2025
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	CALICATA No:	C-1

REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS	FRACCIÓN	PORCENTAJE DE FRACCIÓN	HUMEDAD (%)	HUMEDAD CORREGIDA	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA
SI	GRUESA P_{76} (%)	43.45	6.2	6.8	1.79	2.29
	FINA P_{76} (%)	56.55	7.3		2.91	

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	A
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	No	4	4	4	4
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2020	2050	2050	2050
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	6391	6771	6821	6735
MASA DEL MOLDE	g	2740	2740	2740	2740
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3651	4031	4081	3995
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	2	5	8	9
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	581.9	682.9	601.6	601.9
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	524.1	603.9	527.1	526.7
MASA DEL MOLDE	g	68.0	68.0	68.0	68.0
MASA DEL AGUA	g	57.8	79.0	74.4	75.2
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	456.1	535.9	459.1	459
% de HUMEDAD	%	12.7	14.7	16.2	16.4
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	1.807	1.968	1.991	1.949
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1.604	1.714	1.713	1.7
PESO UNITARIO SECO	kN/m^3	15.73	16.81	16.80	16.42
	lbf/pie^3	100.14	106.98	106.94	104.52
PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)	kN/m^3	16.47	17.12	17.11	16.89
HUMEDAD DE SATURACIÓN					
HUMEDAD DE SATURACIÓN	%	18.5	14.5	14.8	15.9



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO	
17.44	kN/m^3
1780	kg/m^3
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	
15.5	

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR	
17.35	kN/m3
1769	kg/m3

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de CBR con adición del 5% de ceniza de cáscara de tara.

MONTAÑA

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO

ASTM D-1883

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	FECHA DE ENSAYO :	MAYO DEL 2025
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	CALICATA No. :	C-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 5% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	MUESTRA No. :	M-1

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por Capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13529.55		13594.55		12464.55	
Peso de molde (g)	8472.00		8767.00		8100.00	
Peso del Suelo húmedo (g)	5057.55		4827.55		4364.55	
Volumen del molde (cm^3)	2127.00		2114.00		2116.00	
Densidad húmeda (g/cm^3)	**2.378**		**2.284**		**2.063**	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	641.20		688.40		724.30	
Peso suelo seco + tara (g)	590.50		640.80		669.50	
Peso tara (g)	16.14		16.38		16.16	
Peso de agua (g)	50.70		47.60		54.80	
Peso de suelo seco (g)	574.36		624.42		653.34	
Contenido de humedad (%)	**8.83**		**7.62**		**8.39**	
Densidad seca (g/cm^3)	**2.185**		**2.122**		**1.903**	
Densidad seca (g/cm3) - Corregido	**1.993**		**1.963**		**1.852**	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
14/12/24	10:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0
15/12/24	10:00	24.00	12	0.120	0.1	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2
16/12/24	10:00	48.00	17	0.170	0.1	24	0.240	0.2	30	0.300	0.3
17/12/24	10:00	72.00	22	0.220	0.2	35	0.350	0.3	42	0.420	0.4
18/12/24	10:00	96.00	29	0.290	0.2	47	0.470	0.4	51	0.510	0.4

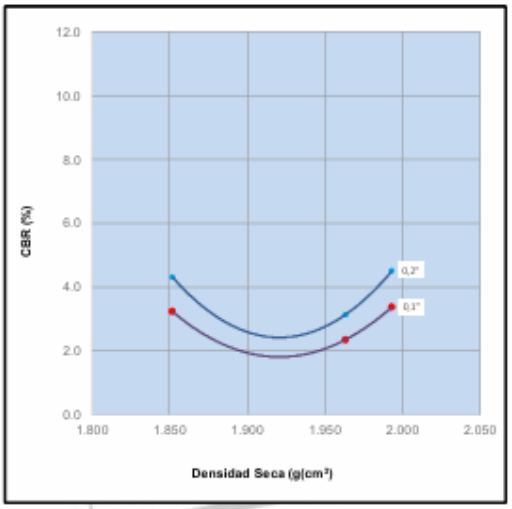
PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°			4	MOLDE N°			5	MOLDE N°			6
mm	pulg.	kg\cm2	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		10	7.3	8.5		12	8.8	5.9		13	9.6	8.1	
1.270	0.050		27	19.8	16.9		30	22.0	11.8		29	21.3	16.2	
1.905	0.075		39	28.7	25.4		42	30.9	17.6		41	30.1	24.3	
2.540	**0.100**	**72.458**	48	35.3	33.8	3.4	62	45.6	23.5	2.4	63	46.3	32.3	3.2
3.175	0.125		61	44.8	42.3		66	48.5	29.4		71	52.2	40.4	
3.810	0.150		78	57.3	50.7		75	55.1	35.3		84	61.7	48.5	
4.445	0.175		83	61.0	59.2		81	59.5	41.2		92	67.6	56.6	
5.080	**0.200**	**104.980**	94	69.1	67.6	4.5	94	69.1	47.0	3.1	107	78.6	64.7	4.3
7.620	0.300		110	80.8	84.5		113	83.0	58.8		121	88.9	80.8	
10.160	0.400		127	93.3	94.5		128	94.1	65.7		137	100.7	90.3	
12.700	0.500		141	103.6	101.1		149	109.5	70.3		148	108.8	96.7	

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



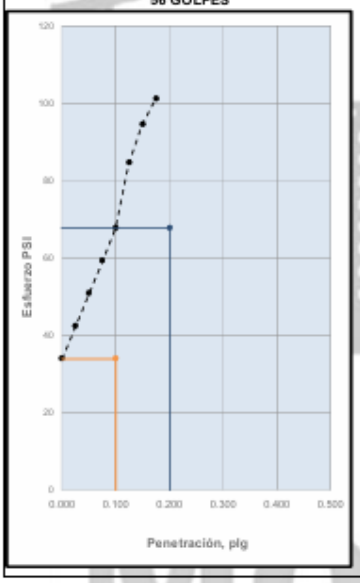
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	ASTM D-1557
DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.780	CORREGIDO
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 15.50	
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.744	98%
90%DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.691	95%

C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	8	0,2" :	10
C.B.R. al 98% de M.D.S (0,1") :	11	0,2" :	15
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	18	0,2" :	23

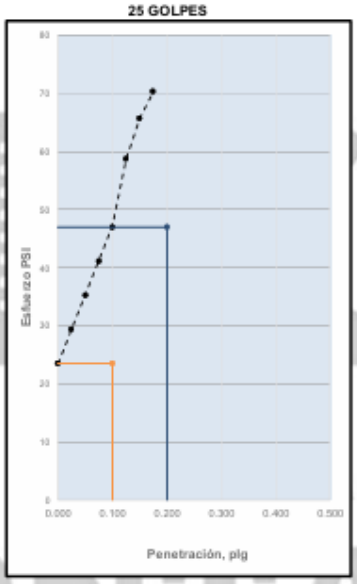
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	8 %
Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.	=	11 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	18 %

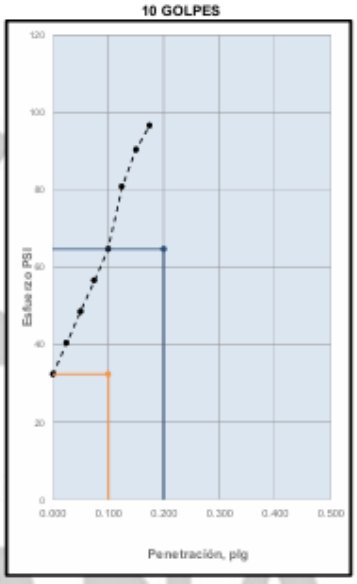
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



MONTAÑA

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de Proctor Modificado con adición del 10% de ceniza de cáscara de tara.

MONTAÑA

INFORME DE ENSAYO

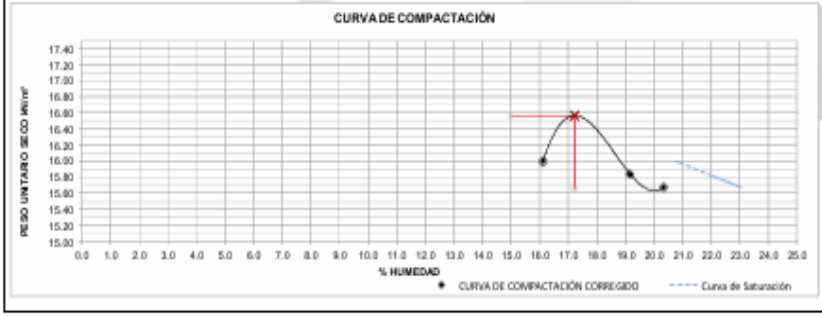
RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)

NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	FECHA DE ENSAYO	MAYO DEL 2025
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	CALICATA No:	C-1

REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS	FRACCIÓN	PORCENTAJE DE FRACCIÓN	HUMEDAD (%)	HUMEDAD CORREGIDA	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA
SI	GRUESA P_{FG} (%)	43.45	6.2	6.8	2.16	1.93
	FINA P_{FG} (%)	56.55	7.3		1.78	

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	A
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	No	4	4	4	4
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2050	2050	2050	2050
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	6005.7	6010.7	6027.1	6045
MASA DEL MOLDE	g	2740	2740	2740	2740
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3265.7	3270.7	3287.1	3305
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	1	4	6	10
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	522.1	548.0	551.9	549.2
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	459.1	481.4	470.1	471.8
MASA DEL MOLDE	g	68.0	68.0	68.0	68.0
MASA DEL AGUA	g	63.0	66.7	81.8	77.4
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	391.1	413.4	402.1	404
% de HUMEDAD	%	16.1	16.1	20.3	19.2
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	1.593	1.595	1.803	1.812
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1.372	1.374	1.332	1.4
PESO UNITARIO SECO	kN/m^3	13.45	13.47	13.07	13.27
	lbf/pie^3	85.65	85.77	83.18	84.47
PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)	kN/m^3	15.99	16.00	15.67	15.84
HUMEDAD DE SATURACIÓN					
HUMEDAD DE SATURACIÓN	%	20.9	20.8	23.0	21.9



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO	
16.57	kN/m^3
1690	kg/m^3
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	
17.2	

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR	
14.18	kN/m3
1446	kg/m3

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de CBR con adición del 10% de ceniza de cáscara de tara.

MONTAÑA

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO

ASTM D-1883

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	FECHA DE ENSAYO :	MAYO DEL 2025
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	CALICATA No. :	C-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 10% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	MUESTRA No. :	M-1

COMPACTACIÓN

Molde N°	7		8		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por Capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13543.48		13608.48		12478.48	
Peso de molde (g)	8472.00		8767.00		8100.00	
Peso del Suelo húmedo (g)	5071.48		4841.48		4378.48	
Volumen del molde (cm^3)	2127.00		2114.00		2116.00	
Densidad húmeda (g/cm^3)	**2.384**		**2.290**		**2.069**	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	646.61		696.35		732.55	
Peso suelo seco + tara (g)	597.13		642.74		671.27	
Peso tara (g)	16.18		16.37		16.24	
Peso de agua (g)	51.48		55.61		61.28	
Peso de suelo seco (g)	580.95		626.37		655.03	
Contenido de humedad (%)	**8.86**		**8.88**		**9.36**	
Densidad seca (g/cm^3)	**2.190**		**2.103**		**1.892**	
Densidad seca (g/cm3) - Corregido	**2.177**		**2.127**		**2.000**	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
14/12/24	10:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0
15/12/24	10:00	24.00	11	0.110	0.1	16	0.160	0.1	17	0.170	0.1
16/12/24	10:00	48.00	16	0.160	0.1	22	0.220	0.2	28	0.280	0.2
17/12/24	10:00	72.00	22	0.220	0.2	31	0.310	0.3	38	0.380	0.3
18/12/24	10:00	96.00	28	0.280	0.2	42	0.420	0.4	47	0.470	0.4

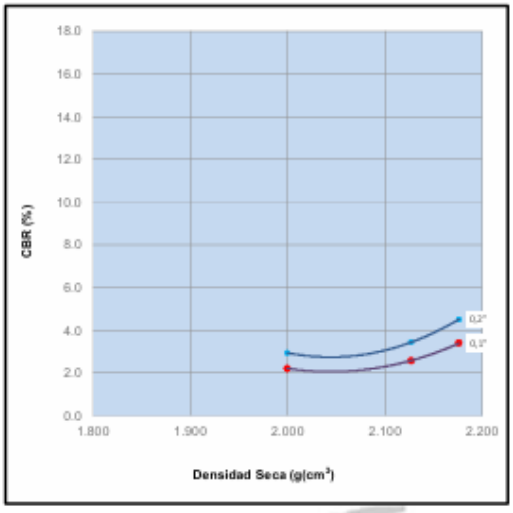
PENETRACIÓN

PENETRACIÓN mm	PENETRACIÓN pulg.	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° 7 lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	MOLDE N° 8 lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	MOLDE N° 9 lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		10	7.3	8.5		13	9.6	6.4		21	15.4	5.5	
1.270	0.050		27	19.8	16.9		25	18.4	12.9		33	24.3	11.0	
1.905	0.075		39	28.7	25.4		37	27.2	19.3		44	32.3	16.5	
2.540	**0.100**	**72.458**	48	35.3	33.8	3.4	45	33.1	25.7	2.6	55	40.4	22.0	2.2
3.175	0.125		61	44.8	42.3		52	38.2	32.2		59	43.4	27.6	
3.810	0.150		78	57.3	50.7		64	47.0	38.6		72	52.9	33.1	
4.445	0.175		83	61.0	59.2		71	52.2	45.0		83	61.0	38.6	
5.080	**0.200**	**104.980**	94	69.1	67.6	4.5	80	58.8	51.4	3.4	85	62.5	44.1	2.9
7.620	0.300		110	80.8	84.5		91	66.9	64.3		91	66.9	55.1	
10.160	0.400		127	93.3	94.5		102	75.0	71.9		101	74.2	61.6	
12.700	0.500		141	103.6	101.1		115	84.5	76.9		110	80.8	65.9	

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



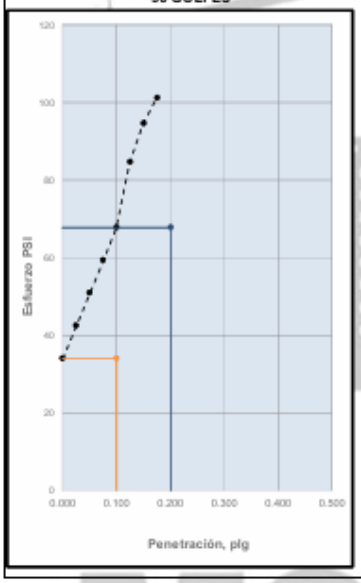
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	ASTM D-1557
DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.690	CORREGIDO
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.20	
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.656	98%
90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.605	95%

C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	12	0,2" :	16
C.B.R. al 98% de M.D.S (0,1") :	14	0,2" :	18
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	17	0,2" :	22

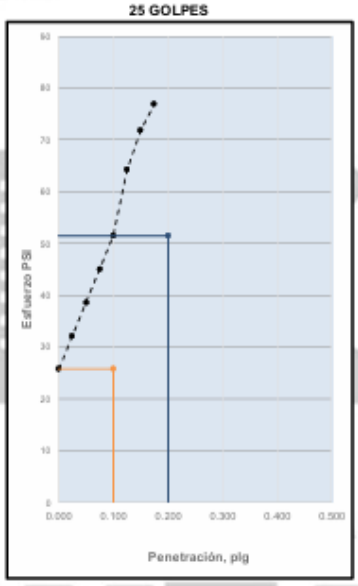
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	12 %
Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.	=	14 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	17 %

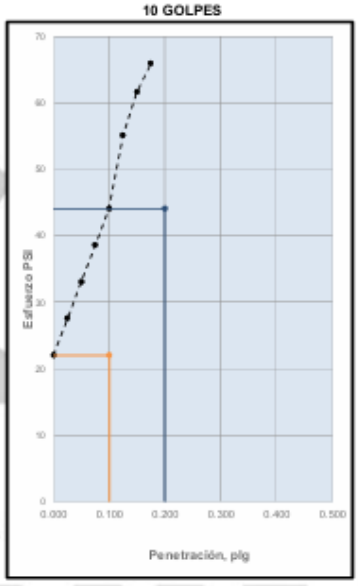
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



MONTANA

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

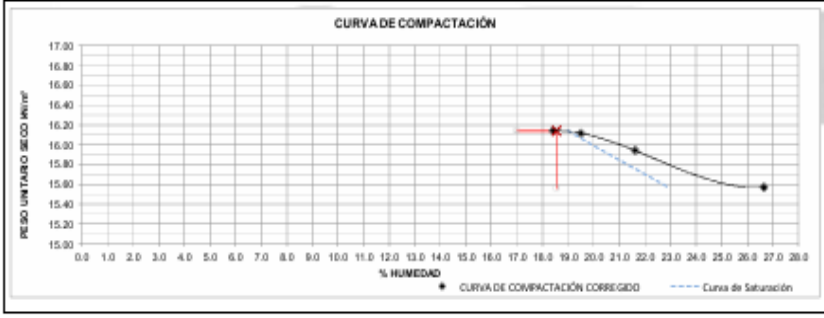
Resultado de Proctor Modificado con adición del 15% de ceniza de cáscara de tara

MONTAÑA	INFORME DE ENSAYO
	RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024		
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	FECHA DE ENSAYO	MAYO DEL 2025
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	CALICATA No:	C-1

REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS	FRACCIÓN	PORCENTAJE DE FRACCIÓN	HUMEDAD (%)	HUMEDAD CORREGIDA	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA
SI	GRUESA P_{FG} (%)	43.45	6.2	6.8	1.789	2.20
	FINA P_{FF} (%)	56.55	7.3		2.68	

COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	A
PRUEBA	Und	1	2	3	4
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	56	56	56	56
NUMERO DE MOLDE	No	4	4	4	4
VOLUMEN MOLDE	cm^3	2050	2050	2050	2050
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	6004.2	6028.9	6027.1	6035
MASA DEL MOLDE	g	2240	2240	2240	2240
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3764.2	3788.9	3787.1	3795
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	12	11	3	14
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	531.1	557.7	563.1	579.4
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	459.1	477.8	475.1	471.8
MASA DEL MOLDE	g	68.0	68.0	68.0	68.0
MASA DEL AGUA	g	72.0	79.9	88.0	107.6
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	391.1	409.8	407.1	404
% de HUMEDAD	%	18.4	19.5	21.6	26.6
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm^3	1.836	1.848	1.847	1.851
DENSIDAD SECA	g/cm^3	1.551	1.547	1.519	1.5
PESO UNITARIO SECO	kN/m^3	15.21	15.17	14.90	14.34
	lbf/pie^3	96.81	96.56	94.83	91.26
PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)	kN/m^3	16.14	16.11	15.94	15.57
HUMEDAD DE SATURACIÓN					
HUMEDAD DE SATURACIÓN	%	19.0	19.2	20.3	22.9



PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO	
16.14	kN/m^3
1650	kg/m^3
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	
18.6	

PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR	
15.21	kN/m3
1551	kg/m3

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Resultado de CBR con adición del 15% de ceniza de cáscara de tara

MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO

ASTM D-1883

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Vega Bazán, Merlym Mercedes		
OBRA/PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024	FECHA DE ENSAYO :	MAYO DEL 2025
LOCALIZACIÓN:	AMARILIS - HUÁNUCO	CALICATA No. :	C-1
DESCRIPCIÓN:	PESO DEL 15% DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA RESPECTO AL PESO SECO DE LA MUESTRA	MUESTRA No. :	M-1

COMPACTACIÓN

Molde N°	10		11		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por Capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13536.24		13601.24		12471.24	
Peso de molde (g)	8472.00		8767.00		8100.00	
Peso del Suelo húmedo (g)	5064.24		4834.24		4371.24	
Volumen del molde (cm^3)	2127.00		2114.00		2116.00	
Densidad húmeda (g/cm^3)	**2.381**		**2.287**		**2.066**	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	641.28		685.35		722.51	
Peso suelo seco + tara (g)	594.27		632.74		661.59	
Peso tara (g)	16.16		16.37		16.24	
Peso de agua (g)	47.01		52.61		60.92	
Peso de suelo seco (g)	578.09		616.37		645.35	
Contenido de humedad (%)	**8.13**		**8.54**		**9.44**	
Densidad seca (g/cm^3)	**2.202**		**2.107**		**1.888**	
Densidad seca (g/cm3) - Corregido	**2.001**		**1.955**		**1.843**	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %
14/12/24	10:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0
15/12/24	10:00	24.00	9	0.090	0.1	14	0.140	0.1	15	0.150	0.1
16/12/24	10:00	48.00	14	0.140	0.1	19	0.190	0.2	25	0.250	0.2
17/12/24	10:00	72.00	17	0.170	0.1	25	0.250	0.2	31	0.310	0.3
18/12/24	10:00	96.00	25	0.250	0.2	32	0.320	0.3	40	0.400	0.3

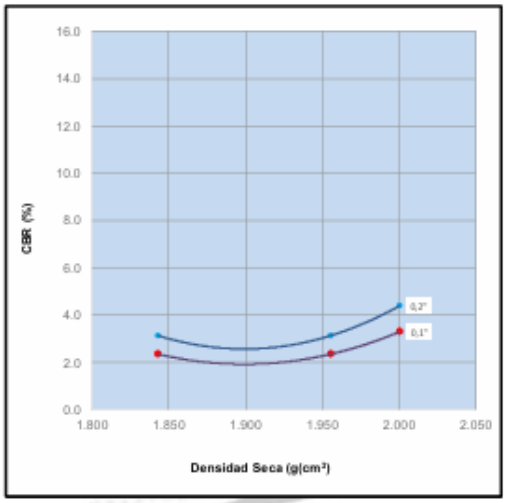
PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°			10	MOLDE N°			11	MOLDE N°			12
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas Kgf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		10	7.3	8.3		13	9.6	5.9		21	15.4	5.9	
1.270	0.050		27	19.8	16.5		25	18.4	11.8		33	24.3	11.8	
1.905	0.075		39	28.7	24.8		37	27.2	17.6		44	32.3	17.6	
2.540	**0.100**	**72.458**	55	40.4	33.1	3.3	54	39.7	23.5	2.4	53	38.9	23.5	2.4
3.175	0.125		61	44.8	41.3		52	38.2	29.4		59	43.4	29.4	
3.810	0.150		78	57.3	49.6		64	47.0	35.3		72	52.9	35.3	
4.445	0.175		83	61.0	57.9		71	52.2	41.2		83	61.0	41.2	
5.080	**0.200**	**104.980**	100	73.5	66.1	4.4	86	63.2	47.0	3.1	85	62.5	47.0	3.1
7.620	0.300		110	80.8	82.7		91	66.9	58.8		91	66.9	58.8	
10.160	0.400		127	93.3	92.4		102	75.0	65.7		101	74.2	65.7	
12.700	0.500		141	103.6	98.9		115	84.5	70.3		110	80.8	70.3	

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968



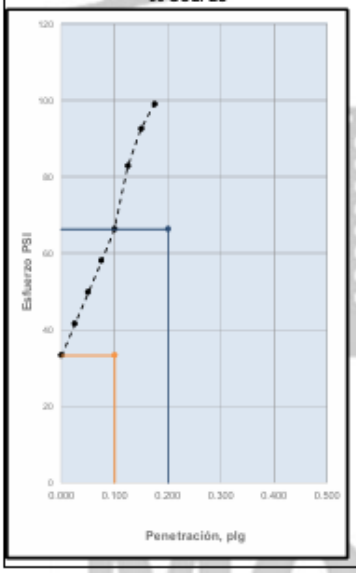
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	ASTM D-1557
DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.650	CORREGIDO
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.60	
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.617	98%
90%DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)	: 1.568	95%

C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	10	0,2" :	14
C.B.R. al 98% de M.D.S (0,1") :	13	0,2" :	17
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	17	0,2" :	22

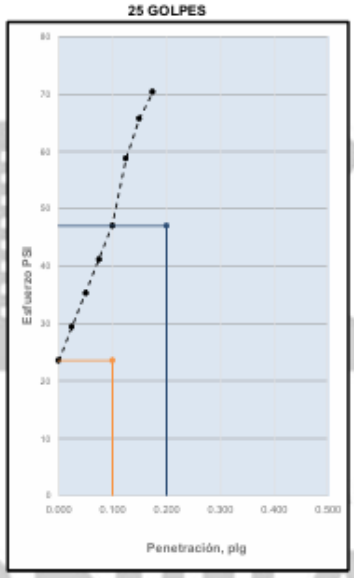
RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	10 %
Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.	=	13 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	17 %

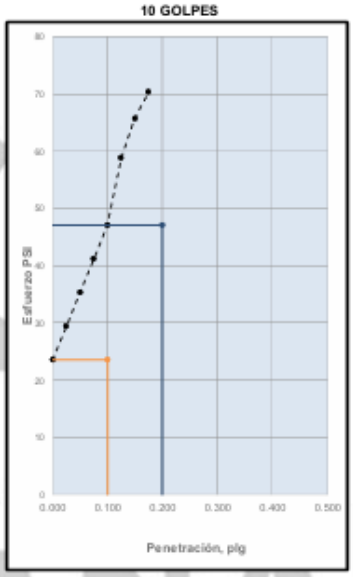
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



MONTAÑA

MONTAÑA

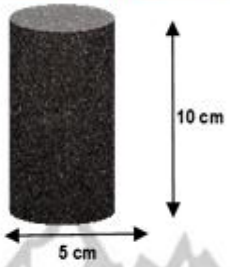
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968

Diseño de mezcla de la muestra cilíndrica

PROYECTO:	:	INFLUENCIA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE TARA (CAESALPINIA TINCTOREA) COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE DE SUELO ARCILLOSO, JR. LOS CEDROS AMARILIS – HUÁNUCO - 2024
SOLICITA:	:	Bach. Vega Bazán, Merlyn Mercedes
FECHA:	:	MAYO DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLA DE LA MUESTRA CILINDRICA NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS



PESO SECO DE MUESTRA	1	0.442 kg			
PESO SECO DE MUESTRA	8	3.536 kg			
% DE AGUA PARA MUESTRA PATRÓN	20%	1			0.088 lt
		8			0.707 lt
		AGUA			
% DE AGUA PARA LAS MUESTRAS CON ADICIONANTES	5%	25%	1		0.1105 kg
			8		0.8840 kg
	10%	30%	1		0.1326 kg
			8		1.0608 kg
	15%	35%	1		1.2376 kg
			8		1.2376 kg
CENIZA DE CÁSCARA DE TARA	5%	1			0.0221 kg
					0.0442 kg
	10%				0.0663 kg
		8			0.1768 kg
	15%				0.3536 kg
					0.5304 kg

MONTAÑA

AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samaniel Juanito Falcon Pardave
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 218968