



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN
DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A
NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL
DISTRITO DE CARACOTO - 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ
2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN
DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A
NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL
DISTRITO DE CARACOTO - 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1085-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU-8264 presentado por el (la) Bachiller: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulada: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025, la misma que pertenece a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * Presidente : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
* 1er Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES
* 2do Miembro : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. LEONEL SUASACA PELINCO.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de él (la) bachiller: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE; del informe final de la investigación (tesis) titulada: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025 para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * FECHA : viernes 26 de septiembre del 2025
* HORA : 08:00 horas
* LUGAR : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo intermedio (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 843-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 6243 por el señor (a): ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 663- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 078- 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 078- 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025, Correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

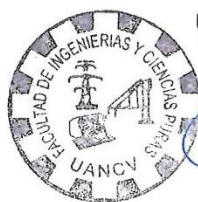
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, presentado por el señor (a): ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como ASESOR DE INVESTIGACIÓN al (a) la), Dr. LEONEL SUASACA PELINCO.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA DECANO (e) CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

Dr. Fritz Wally Mamani Apaza DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo interesado (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 559-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 26 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 4252, presentado por el señor (a) ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 384-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 006-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE ha presentado su propuesta de investigación Titulada: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 006-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. LEONEL SUASACA PELINCO.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 19730



cc.
Archivo 2025
Interconsulta (n)



18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 15% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

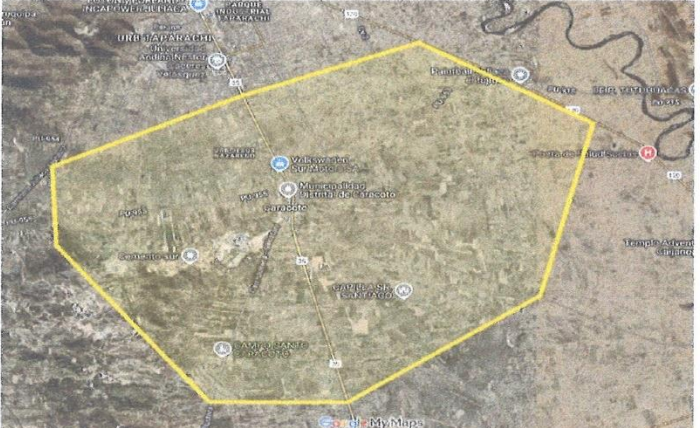
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios UANCV

Título de la tesis	
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74279609
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-2243-7250
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Caracoto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 15° 34' 04" - Longitud: O 70° 06' 09"  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1fUiQY6y98JcSPdnUunvWQ8KIEaUcrZc&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería del la Construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD ALTIPLANA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y OBRAS PÚBLICAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE, identificado con DNI
Nro. 74279609, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
 Programa de Segunda Especialidad,
 Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico
denominada:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL
DISTRITO DE CARACOTO - 2025

Asesorado por: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 7 de OCTUBRE del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis con todo mi cariño y gratitud a mi padre, Víctor Llanos Quispe, por ser ejemplo de esfuerzo, constancia y sabiduría, pilares que me motivaron a seguir adelante en mi formación profesional. A mi madre, Irene Glorinda Choque Álvarez, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo en cada etapa de mi vida. Y a mi querido hermanito, Edson Leones Llanos Choque, cuya alegría y compañía han sido siempre una fuente de inspiración. Este logro también es de ustedes.

Este logro no es solo personal, es también el reflejo del amor, la fe y el apoyo que me han rodeado. A todos ustedes, les dedico con profundo agradecimiento este paso culminante de mi formación como ingeniero civil.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este trabajo de investigación. Extiendo mi gratitud a mis docentes de la universidad, quienes con su guía, conocimientos y exigencia académica me permitieron desarrollar habilidades que hicieron posible este logro. De manera especial, reconozco a mis amigos y compañeros de estudio, quienes con su apoyo, motivación y compañerismo fueron parte fundamental en este proceso. A todos ustedes, gracias por acompañarme en este camino de formación profesional y personal.



ÍNDICE

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCIÓN xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación de la problemática..... 1

1.2. Planteamiento del problema 3

 1.2.1. Problema General..... 3

 1.2.2. Problemas específicos..... 3

1.3. Justificación de la investigación 3

 1.3.1. Justificación Técnica..... 3

 1.3.2. Justificación económica 5

 1.3.3. Justificación social 5

 1.3.4. Justificación ambiental..... 6

1.4. Objetivos de la investigación 6

 1.4.1. Objetivo general..... 6



1.4.2. Objetivos específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis general.....	7
1.5.2. Hipótesis específicas.....	7
1.6. Variables e indicadores.....	8
1.7. Operacionalización de las variables.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3. Antecedentes locales y regionales.....	13
2.2. Marco teórico.....	14
2.2.1. Estabilización de suelos.....	14
2.2.2. Tipos de estabilización (mecánica, química, física).....	14
2.2.3. Criterios de selección de métodos de estabilización.....	15
2.2.4. Parámetros geotécnicos de control.....	16
2.2.5. Suelos Inestables.....	17
2.2.6. Subrasante.....	18
2.2.7. Módulo resiliente y CBR (California Bearing Ratio).....	19
2.2.8. Residuos de construcción y demolición (RCD).....	19
2.2.9. Estabilización mecánica con agregados.....	20



2.2.10. Tecnología de pavimentos..... 21

2.3. Marco conceptual..... 22

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo..... 24

3.2. Nivel de investigación 24

3.3. Diseño de la investigación 25

3.4. Enfoque 25

3.5. Población y muestra 25

 3.5.1. Población..... 25

 3.5.2. Muestra..... 25

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación..... 25

 3.6.1. Técnicas 25

 3.6.2. Instrumentos 25

 3.6.3. Criterios para establecer la estabilización de suelos 27

 3.6.4. Ensayo de CBR 27

 3.6.5. Ensayo valor relativo de soporte (CBR)..... 29

 3.6.6. Determinación de la densidad y humedad..... 30

 3.6.7. Humedad de mezclado 30

 3.6.8. Determinación de la expansión del material 31

 3.6.9. Cálculo de CBR 32

 3.6.10. Procesamiento Calicata 01 35



3.6.11.Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 01 + 5%
residuos de construcción 43

3.6.12.Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 02 + 10%
residuos de construcción 47

3.6.13.Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 03 + 15%
residuos de construcción 51

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados para objetivo específico 1 56

 4.1.1. Resultado de CBR de suelo calicata 01 56

 4.1.2. Descripción de resultados para el objetivo específico 2 58

 4.1.3. Descripción de resultados para el objetivo 3 62

CONCLUSIONES.....63

RECOMENDACIONES65

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS67

ANEXOS68



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables	9
Tabla 2 Resultados de los ensayos de laboratorio de las calicatas realizadas.....	56
Tabla 3 Resultado CBR calicata 01	56
Tabla 4 Resultado CBR Calicata 01 + 5 % RCD	58
Tabla 5 Resultados CBR Calicata 02 + 10 % RCD	59
Tabla 6 Resultados del CBR Calicata 03 + 15 % RCD	60
Tabla 7 Reaultados finales	62



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Equipo CBR.....	31
Figura 2 Proctor modificado Calicata 01	35
Figura 3 Relación humedad densidad calicata 01	36
Figura 4 relación de la humedad y densidad calicata 01	38
Figura 5 Procedimiento de campo para calicata 01	42



RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de concreto reciclado en el mejoramiento y estabilización de suelos finos de subrasante en vías del distrito de Caracoto durante el 2025. Para ello, se plantearon tres objetivos específicos: caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural, analizar su comportamiento al incorporar 5%, 10% y 15% de residuos de construcción y demolición (RCD), y determinar la proporción óptima que permita garantizar mayor capacidad portante y estabilidad en el uso vial

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio mostraron que el suelo natural presenta baja resistencia y alta humedad óptima, clasificándose como material poco apto para subrasantes. Con la adición de RCD se evidenció una mejora progresiva: al 5% se redujo la humedad óptima y se obtuvo una ligera ganancia de resistencia; al 10% se alcanzó un incremento significativo en la densidad seca y capacidad portante; finalmente, con el 15% se lograron los mejores valores de CBR (7.10%) y máxima densidad seca (2.008 g/cm³), confirmando que este porcentaje ofrece un desempeño superior

Las conclusiones establecen que el concreto reciclado es una alternativa técnica y sostenible para la estabilización de suelos en Caracoto. Se determinó que el suelo natural no cumple con los parámetros mínimos para infraestructura vial, pero su incorporación con 10% y, sobre todo, con 15% de RCD mejora notablemente las propiedades mecánicas, reduciendo la humedad óptima y aumentando el CBR. En consecuencia, se concluye que la proporción óptima es 15%, ya que garantiza mayor capacidad portante, estabilidad estructural y contribuye a un uso eficiente de residuos, alineándose con criterios de sostenibilidad y economía circular

Palabras claves: SUB RASANTE, ESTABILIZACIÓN DE SUELO, CONCRETO RECICLADO, CBR DE SUELO ESTABILIZADO



ABSTRACT

The research aimed to evaluate the effect of using recycled concrete in the improvement and stabilization of fine subgrade soils on roads in the district of Caracoto during 2025. To this end, three specific objectives were established: to characterize the physical and mechanical properties of the natural soil, to analyze its behavior when incorporating 5%, 10%, and 15% of construction and demolition waste (CDW), and to determine the optimal proportion that ensures greater bearing capacity and stability for road use.

The results obtained from the laboratory tests showed that the natural soil presents low strength and high optimum moisture, classifying it as a material unsuitable for subgrades. With the addition of CDW, a progressive improvement was observed: at 5% the optimum moisture decreased and a slight increase in strength was obtained; at 10% there was a significant increase in dry density and bearing capacity; finally, at 15% the best values of CBR (7.10%) and maximum dry density (2.008 g/cm³) were achieved, confirming that this percentage offers superior performance.

The conclusions establish that recycled concrete is a technical and sustainable alternative for soil stabilization in Caracoto. It was determined that the natural soil does not meet the minimum parameters for road infrastructure, but its incorporation with 10% and, especially, with 15% of CDW significantly improves the mechanical properties, reducing optimum moisture and increasing CBR. Consequently, it is concluded that the optimal proportion is 15%, as it guarantees greater bearing capacity, structural stability, and contributes to an efficient use of waste, aligning with sustainability and circular economy criteria.

Keywords: SUBGRADE, SOIL STABILIZATION, RECYCLED CONCRETE, STABILIZED SOIL CBR



INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil contemporánea enfrenta desafíos cada vez más complejos en el desarrollo de infraestructura vial sostenible, particularmente en distritos rurales donde la combinación de suelos problemáticos, recursos limitados y crecientes demandas de conectividad requieren soluciones técnicas innovadoras y económicamente viables. El distrito de Caracoto, ubicado en la provincia de San Román, región Puno, presenta características geotécnicas particulares que demandan un análisis especializado para el mejoramiento de sus vías de comunicación, considerando que la calidad de la infraestructura vial constituye un factor determinante para el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales.

Uno de los mayores problemas técnicos en los proyectos viales es lidiar con suelos inestables en la subbase de los pavimentos. Esto es especialmente cierto en áreas donde son comunes los suelos arcillosos altamente plásticos, los suelos orgánicos o los materiales que no cumplen con las regulaciones actuales de capacidad de carga. Este problema se agrava en zonas andinas altas como Caracoto, donde las condiciones climáticas extremas, los ciclos de congelación-descongelación y los cambios en los niveles de agua a lo largo del año hacen que los suelos cohesivos se expandan y contraigan más, lo que debilita la estabilidad estructural de los pavimentos y encarece considerablemente el mantenimiento y la reparación de las carreteras.

La adición de materiales cementosos o áridos de alta calidad a los suelos para hacerlos más estables es una práctica habitual en la ingeniería geotécnica en todo el mundo. Sin embargo, el uso de residuos de construcción y demolición como agentes estabilizadores es un nuevo campo de investigación que debe tener en cuenta las propiedades únicas de los materiales locales, cómo afectan a las propiedades mecánicas del proyecto y si este es viable desde el punto de vista técnico y financiero.

Este estudio se centra en la necesidad de crear alternativas técnicas que mejoren el rendimiento geomecánico de los suelos inestables en el distrito de Caracoto, evaluando



la eficacia de los residuos de construcción y demolición como material estabilizador a nivel de la subbase. Esta investigación pretende contribuir al conocimiento de la ingeniería sobre la estabilización de suelos con materiales no convencionales, proporcionando datos experimentales que sirvan de apoyo para la toma de decisiones en futuros proyectos de carreteras en la región.

El estudio busca nuevas maneras de mejorar la resistencia del suelo frágil de Caracoto, comprobando si los residuos de construcción y demolición funcionan como suelo de subbase. La idea es demostrar cómo este tipo de material sobrante puede soportar cargas, aportando información práctica que los ingenieros puedan utilizar al tomar decisiones sobre los materiales para futuras carreteras en la zona.

El capítulo uno plantea el problema principal. Explica qué es, por qué es importante, qué intenta lograr la investigación y qué creen los investigadores que sucederá (la hipótesis).

En el capítulo dos se abordan todos los antecedentes. Se presenta la historia de la teoría y las bases para las preguntas.

El capítulo tres profundiza en los detalles: quiénes participaron, cuántas personas, qué herramientas utilizaron, qué pasos siguieron y cómo midieron los datos.

El cuarto capítulo, Se desarrolla los resultados obtenidos por los objetivos planteados, análisis del mejoramiento de suelo, conclusiones y recomendaciones.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación de la problemática

El distrito de Caracoto, ubicado en la provincia de San Román, región Puno, a una altitud promedio de 3,825 metros sobre el nivel del mar, presenta una problemática compleja en su infraestructura vial derivada de la confluencia de factores geológicos, climáticos y socioeconómicos adversos. La formación geológica predominante, compuesta por depósitos lacustres del Pleistoceno y sedimentos cuaternarios, ha dado origen a suelos arcillosos de alta plasticidad clasificados como CH según SUCS y A-7-6 según AASHTO, caracterizados por índices de plasticidad superiores al 30% y valores de CBR entre 2% y 5%, significativamente inferiores al 6% mínimo requerido para subrasantes de pavimentos flexibles. Esta condición geotécnica desfavorable se intensifica por las condiciones climáticas extremas del altiplano, donde las temperaturas oscilan entre -15°C y 18°C , generando ciclos de congelamiento-descongelamiento que afectan la estabilidad estructural de los suelos cohesivos, mientras que las precipitaciones de 600-800 mm anuales durante la época húmeda provocan reducciones drásticas en la capacidad portante, llegando a valores críticos de CBR de 1-2% que comprometen severamente la transitabilidad vehicular.

La red vial del distrito, compuesta por aproximadamente 45 kilómetros de vías locales y vecinales, refleja directamente esta problemática geotécnica, ya que únicamente el 15% cuenta con pavimento asfáltico en condiciones aceptables, mientras que el 85% restante corresponde a caminos de tierra o afirmados que presentan intransitabilidad



recurrente durante la época de lluvias debido a la formación de lodazales y encharcamientos persistentes. Los tramos pavimentados existentes evidencian patologías prematuras típicas de subrasantes inadecuadas, incluyendo deformaciones por ahuellamiento, fisuras de fatiga, hundimientos localizados y desprendimiento de capas asfálticas que se manifiestan antes de cumplir el 50% del período de diseño, generando incrementos sustanciales en costos de mantenimiento correctivo. Las soluciones técnicas convencionales, como la sustitución de material inadecuado o la estabilización química con cemento, enfrentan limitaciones económicas significativas debido a los altos costos de transporte de materiales de calidad desde canteras ubicadas a más de 80 kilómetros de distancia, incrementando los costos de construcción entre 40-60%, mientras que la estabilización con cemento Portland representa una inversión de S/. 180-220 por metro cúbico, monto económicamente inviable para proyectos de desarrollo local con presupuestos limitados.

En este contexto problemático, la región genera anualmente aproximadamente 2,500 m³ de residuos de construcción y demolición (RCD), compuestos principalmente por fragmentos de concreto simple y armado, material cerámico y agregados pétreos, que actualmente son depositados en botaderos informales sin aprovechamiento técnico, generando impactos ambientales negativos como contaminación visual, ocupación de áreas productivas y riesgos de contaminación de fuentes de agua superficial. Esta situación configura una oportunidad única para desarrollar soluciones innovadoras que integren la gestión sostenible de residuos con el mejoramiento de infraestructura vial, implementando estrategias de economía circular que permitan la valorización de estos materiales como agentes estabilizantes de suelos deficientes. Sin embargo, la viabilidad técnica de esta alternativa requiere investigación específica que permita caracterizar el comportamiento geomecánico de mezclas suelo-RCD bajo las condiciones particulares del distrito de Caracoto, estableciendo parámetros de diseño, dosificaciones óptimas y procedimientos constructivos que garanticen el cumplimiento de especificaciones técnicas vigentes,



contribuyendo así al desarrollo de infraestructura vial sostenible y económicamente competitiva que facilite la integración del distrito con los centros de desarrollo regional.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de la utilización de concreto reciclado en el mejoramiento de subrasantes con presencia de suelos finos para la ciudad de Caracoto?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál será las características del suelo a nivel de subrasante para mejoramiento y estabilización en el distrito de Caracoto 2025?
2. Cual serán las propiedades de los suelos con adición de 5% 10% y 15% de residuos de construcción y demolición para subrasante en el distrito de Caracoto?
3. ¿Cual será la mejor proporción para estabilizar y mejorar el suelo de la subrasante en vías del distrito de Caracoto?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación Técnica

Desde un punto de vista técnico, la utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como agente estabilizador en suelos de subrasante se basa en los principios de mejora geomecánica mediante la alteración de la distribución del tamaño de las partículas y el aumento de la rigidez de la matriz de agregados del suelo. Los fragmentos de hormigón reciclado, compuestos principalmente por pasta de cemento hidratada y áridos de piedra, presentan propiedades cementosas residuales y características mecánicas que superan a las del suelo natural. Esto da lugar a efectos de densificación, una reducción de los índices de vacío y una mejora de la capacidad portante



global. Desde un punto de vista técnico, la utilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como agente estabilizador en suelos de subrasante se basa en los principios de mejora geomecánica mediante la alteración de la distribución del tamaño de las partículas y el aumento de la rigidez de la matriz de agregados del suelo. Los fragmentos de hormigón reciclado, compuestos principalmente por pasta de cemento hidratada y áridos de piedra, presentan propiedades cementosas residuales y características mecánicas que superan a las del suelo natural. Esto da lugar a efectos de densificación, una reducción de los índices de vacío y una mejora de la capacidad portante global.

La viabilidad técnica de esta solución se basa en experiencias internacionales exitosas y en el cumplimiento de las especificaciones técnicas para materiales de subrasante, considerando que estudios previos han demostrado aumentos en los valores CBR de hasta un 300-400 % en suelos tratados con porcentajes de CDW entre un 20-40 % en peso seco, alcanzando valores superiores al 15 % requerido para subrasantes de tráfico medio según las normas del MTC. La metodología de implementación incluye procesos de trituración y clasificación de los CDW para obtener áridos con granulometría controlada, mezcla homogénea con suelo natural en proporciones determinadas experimentalmente, compactación a densidades óptimas establecidas mediante ensayos Proctor modificados y control de calidad mediante la verificación de parámetros geotécnicos como el CBR, el módulo de resiliencia y la resistencia a la compresión simple. Esta alternativa técnica es especialmente adecuada para el distrito de Caracoto, donde la disponibilidad local de CDW reduce considerablemente el coste del transporte de materiales, las mejores propiedades de drenaje de la mezcla de suelo y CDW también ayudan a disminuir los efectos negativos del clima extremo de las tierras altas, lo que la convierte en una solución completa que satisface tanto las necesidades geotécnicas locales como los requisitos de sostenibilidad medioambiental de los proyectos de infraestructura vial.



1.3.2. Justificación económica

Mezclar residuos de construcción y demolición (RCD) con un suelo inestable ofrece a los constructores una solución más económica que usar únicamente materiales convencionales. Reutilizar estos residuos reduce considerablemente el gasto en transporte y compra de materiales habituales, como gravas o suelos de préstamo. Al aprovechar materiales locales, se disminuyen los gastos logísticos y se optimiza la disponibilidad de recursos, lo que resulta especialmente beneficioso en contextos rurales como el distrito de Caracoto. De esta manera, el proyecto no solo contribuye a abaratar el proceso constructivo, sino que también fomenta un modelo circular en la gestión de materiales.

Asimismo, el uso de RCD genera un impacto positivo en el largo plazo, ya que la mejora de la subrasante incrementa la vida útil de las vías y reduce la necesidad de mantenimientos frecuentes, que suelen ser altamente costosos para las municipalidades y comunidades. Este enfoque no solo optimiza el presupuesto público destinado a infraestructura vial, sino que también libera recursos económicos que pueden ser invertidos en otros sectores prioritarios. En conjunto, la propuesta ofrece una solución sostenible y rentable, que combina eficiencia financiera con beneficios ambientales y sociales para la población de Caracoto.

1.3.3. Justificación social

Añadir residuos de construcción y demolición (RCD) a suelos inestables los hace más estables. Esto tiene beneficios sociales directos para el distrito de Caracoto, ya que mejora la calidad de la infraestructura vial en zonas que han tenido problemas en el pasado debido a las malas condiciones del terreno. Las carreteras más duraderas y resistentes facilitan los desplazamientos de las personas, lo que hace que sea más seguro y fácil llegar a las escuelas, los hospitales, los mercados y otros lugares importantes para la vida de la comunidad. De esta manera, la propuesta contribuye a elevar la calidad de vida de los habitantes, promoviendo la integración social y la equidad territorial.



Además, la implementación de este tipo de solución sostenible refuerza la conciencia medioambiental y social entre la población al promover la reutilización de materiales que, de otro modo, se desecharían, este método anima a todos a asumir la responsabilidad por la contaminación y la mala gestión de los residuos, lo que es bueno para la salud pública y la convivencia en comunidad, el proyecto no solo mejora las carreteras, sino que también anima a las personas a ser más responsables y serviciales, lo que es bueno para los habitantes de Caracoto y sus alrededores.

1.3.4. Justificación ambiental

El uso de residuos de construcción y demolición (RCD) para estabilizar suelos inestables es una opción responsable con el medio ambiente, ya que ayuda a reducir la cantidad de residuos sólidos que, si no se utilizan, tienden a acumularse en vertederos informales o basureros, lo que puede dañar el paisaje, el aire y los recursos hídricos. La reincorporación de estos materiales en la subbase de las carreteras fomenta un ciclo de reutilización que reduce la presión sobre las canteras y los bancos de materiales naturales y que evita el uso excesivo de suelos y áridos, que son recursos no renovables.

De igual modo, esta práctica reduce la huella de carbono asociada a los proyectos viales, al disminuir la necesidad de transportar materiales desde largas distancias y al limitar los procesos extractivos intensivos en energía. Así, la propuesta no solo aporta al mejoramiento de la infraestructura del distrito de Caracoto, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental a largo plazo, alineándose con políticas globales de gestión de residuos y mitigación del cambio climático. En conjunto, la investigación demuestra que es posible compatibilizar el desarrollo vial con la protección del entorno natural.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de concreto reciclado en el mejoramiento y estabilización de suelos finos en subrasantes de vías del distrito de Caracoto, con el fin de determinar su influencia en las propiedades mecánicas y de resistencia del suelo durante el año 2025.



1.4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a nivel de subrasante en el distrito de Caracoto para identificar sus condiciones iniciales y necesidades de mejoramiento.
2. Analizar las propiedades del suelo con la adición de 5%, 10% y 15% de concreto reciclado proveniente de residuos de construcción y demolición, a fin de evaluar su comportamiento frente a parámetros de resistencia y estabilidad.
3. Determinar la proporción óptima de concreto reciclado que permita estabilizar y mejorar las características del suelo de la subrasante en las vías del distrito de Caracoto, garantizando mejores condiciones para su uso vial.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La utilización de concreto reciclado en la estabilización de suelos finos mejora significativamente las propiedades mecánicas y de resistencia de las subrasantes en las vías del distrito de Caracoto 2025

1.5.2. Hipótesis específicas

1. El suelo a nivel de subrasante en el distrito de Caracoto presenta características físicas y mecánicas que requieren mejoramiento para su uso como soporte en infraestructura vial.
2. La adición de 5%, 10% y 15% de concreto reciclado en el suelo de subrasante produce variaciones positivas, mejorando parámetros como la resistencia, la capacidad de soporte y la disminución de la plasticidad.
3. Existe una proporción óptima de concreto reciclado que maximiza la estabilización y mejora del suelo de subrasante en las vías del distrito de Caracoto



1.6. Variables e indicadores

VARIABLE INDEPENDIENTE

Adición de residuos de construcción y demolición (concreto reciclado) a nivel de subrasante.

- Dimensión principal: porcentaje de adición (5%, 10%, 15%).
- Naturaleza: manipulable (se controla en el experimento).

VARIABLE DEPENDIENTE

Estabilización de suelos inestables a nivel de subrasante en vías

- Propiedades físicas del suelo (granulometría, límites de Atterberg, humedad).
- Propiedades mecánicas (CBR, resistencia, densidad seca máxima).
- Comportamiento estructural (capacidad de soporte y durabilidad del suelo tratado).



1.7. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica / Ensayo	Unidad / Escala
Adición de residuos de construcción y demolición (RCD) [VI]	Dosificación	% de RCD añadido	Dosificación por peso en laboratorio	% (0, 5, 10, 15)
	Naturaleza del RCD	Tipo de RCD	Inspección y clasificación	Categoría (concreto)
	Granulometría del RCD	Tamaño máximo/curva	Tamizado (AASHTO T27 / ASTM C136)	mm, % que pasa
	Humedad de mezclado	Humedad de compactación	Proctor (AASHTO T99/T180)	%
Estabilización del suelo de subrasante [VD]	Propiedades físicas	Granulometría del suelo	Tamizado e hidrómetro (AASHTO T27/T88)	% que pasa
	Propiedades físicas	Límites de Atterberg (LL, LP, IP)	AASHTO T89 (LL) / T90 (LP)	%; IP = LL-LP
	Propiedades físicas	Contenido de humedad natural	AASHTO T265	%
	Propiedades de compactación	Densidad seca máxima (yd máx.)	AASHTO T99/T180	g/cm ³ o kN/m ³
	Propiedades de compactación	Humedad óptima (w _{ópt})	AASHTO T99/T180	%
	Capacidad de soporte	CBR	AASHTO T193	%
	Resistencia	Resistencia a compresión simple (q _u)	ASTM D2166 / D5102	kPa o MPa
	Comportamiento resiliente (opcional)	Módulo resiliente (Mr)	AASHTO T307	MPa
Volumétrico/durabilidad	Hinchamiento / Colapso	AASHTO T193 (hinchamiento CBR)	%	
Desempeño global	Índice de mejora	Cálculo a partir de ensayos	Adimensional	

Nota: Elaboración Propia



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Becerra Cely, P. G., & Gómez Méndez, L. F. (2019). Estudio del comportamiento en las arcillas típicas de Bogotá estabilizadas con residuos de construcción y demolición (RCD) (Trabajo de grado de especialización). Universidad Católica de Colombia. tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos altamente plásticos mediante la adición de RCD en diferentes porcentajes (5%, 10% y 20%), determinando su comportamiento principalmente a través del ensayo CBR; los resultados mostraron que, si bien el material reciclado presentó características granulométricas adecuadas y una tendencia positiva en el aumento de la resistencia, los valores obtenidos no superaron el 10% de CBR, por lo que no son suficientes para garantizar un buen desempeño de la subrasante, recomendándose ensayos con porcentajes superiores al 30% que podrían reflejar mejoras significativas; asimismo, se concluye que el RCD puede clasificarse como arena bien gradada, apta para otros usos constructivos como sellos de rajón, y que su aprovechamiento representa una alternativa ambientalmente sostenible al reducir la disposición de escombros y la explotación de canteras.



Silva F A & Souza R M (2019) El estudio evalúa la aplicabilidad de la fracción fina de los residuos de construcción y demolición como alternativa para estabilizar suelos de baja capacidad portante en la región de Foz do Iguazu Brasil Se parte de la necesidad de reducir impactos ambientales y aprovechar materiales reciclados en ingeniería civil Se realizaron ensayos de caracterización granulométrica límites de Atterberg compactación y resistencia CBR en suelos mezclados con diferentes porcentajes de residuos Los resultados demostraron que la incorporación de la fracción fina mejora la densidad seca máxima y la resistencia mecánica además de disminuir la plasticidad del suelo La investigación concluye que estos residuos poseen viabilidad técnica y ambiental para su uso en capas de subrasante y pueden sustituir materiales convencionales en obras viales sostenibles

2.1.2. Antecedentes nacionales

Casas Alberto (2017) la investigación analiza el uso de residuos de construcción como estabilizadores de la subrasante en el jirón Manuel Scorza distrito de Chilca Junín 2017 El estudio surge ante la problemática de suelos arcillosos con baja capacidad portante que afectan la durabilidad de las vías Se plantearon objetivos relacionados con la influencia de los residuos en la presión de penetración la densidad seca y húmeda y la expansión del suelo La metodología fue aplicada de nivel explicativo y diseño experimental Se realizaron ensayos Proctor y CBR con adiciones de residuos al 10 20 y 30 obteniendo mejoras significativas en la resistencia La expansión resultó baja y los valores de CBR aumentaron hasta 12.50 por ciento confirmando la viabilidad técnica y ambiental de esta alternativa

El estudio tuvo como propósito analizar el uso de residuos finos de hormigón, llamados FC-fine (todos los fragmentos de menos de 2 mm), para reparar el suelo blando de la subrasante proveniente de materiales sobrantes en Foz de Iguazú, Brasil. El equipo realizó pruebas prácticas de recolección y limpieza de FC-fine para sus experimentos, la preparación de mezclas con 20%, 40% y 60% de RC-fino, y la ejecución de ensayos de



caracterización física, compactación y Relación de Soporte de California (CBR). Los resultados evidenciaron que la adición de RC-fino disminuyó los límites de Atterberg, la densidad específica de sólidos, la humedad óptima y la expansión, al mismo tiempo que incrementó la densidad seca máxima y el CBR del suelo, alcanzando hasta 17 veces su valor original con un 60% de adición.

Se concluyó que el suelo residual, inicialmente clasificado como inadecuado para subrasante, adquirió propiedades aceptables para su uso en pavimentación al incorporar residuos de concreto fino, cumpliendo así con los requisitos de las normas brasileñas de transporte. Los autores señalaron que este comportamiento estabilizador podía explicarse por una combinación de efectos físicos y químicos derivados del material, y destacaron la necesidad de realizar investigaciones adicionales que analicen proporciones menores de RC-fino, así como evaluaciones económicas y ensayos de desempeño a largo plazo en condiciones reales.

Arnao, R. R. (2020) El objetivo era examinar la influencia de la responsabilidad social corporativa (RSC) en la gestión de los recursos humanos, en particular sus efectos en la motivación, el compromiso y el rendimiento de los empleados. El autor sostenía que la RSC no debe percibirse únicamente como una estrategia externa dirigida a la comunidad o al medio ambiente, sino también como un principio fundamental dentro de las organizaciones, que mejora la cultura organizativa y el desarrollo humano.

Las conclusiones indicaron que la implementación de políticas de RSE contribuyó a mejorar el clima laboral, reforzar la identidad de los empleados con la organización y generar ventajas competitivas sostenibles. Se determinó que, cuando la empresa integró la RSE en sus procesos de gestión de talento humano, se logró no solo un mayor bienestar para los trabajadores, sino también un impacto positivo en la productividad y en la imagen corporativa. Finalmente, el estudio resaltó la necesidad de continuar promoviendo prácticas responsables como parte del modelo de gestión estratégica de las empresas.



2.1.3. Antecedentes locales y regionales

Ccori Siello Vega, N. (2023). La investigación analizó la estabilización de suelos en la carretera Lago Sagrado, en Puno, Perú, usando ceniza de quinoa y cal como materiales sustitutos. La investigación abordó el problema de los caminos de tierra erosionados por la lluvia, lo que dificulta el tráfico diario y dificulta la conducción. El plan fue práctico y se basó en cálculos. Los equipos analizaron el tamaño de las partículas, verificaron la consistencia, aplicaron un Proctor modificado y realizaron pruebas CBR. Resulta que mezclar un 9% de ceniza de quinoa con un 5% de cal redujo la adherencia del suelo y mejoró su densidad en seco. Se alcanzó un máximo de 1,902 g/cm³. La humedad óptima bajó al 9%, con resultados bastante sólidos.

Asimismo, los ensayos de capacidad de soporte (CBR) evidenciaron un aumento significativo en comparación con el suelo de fundación. Mientras el suelo natural registró un CBR de 12,5 %, la adición de los materiales alternativos permitió alcanzar un 32,0 % al 100 % de densidad seca y 25,6 % al 95 %. Estos resultados concluyeron que la incorporación de ceniza de quinua y cal mejoró las propiedades mecánicas del suelo, haciéndolo más resistente y apto para servir como base de pavimento flexible, lo que repercutió en un mayor desplazamiento vehicular seguro y eficiente en la zona. Ccori (2023)

Ospina (2020), el estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de las subrasantes arcillosas al ser mejoradas mediante la adición de escoria de acero. Para ello, se realizaron ensayos de laboratorio con diferentes dosificaciones de 25%, 50% y 75%, comparando los resultados con una muestra patrón de arcilla caolinita. A través de pruebas de caracterización, compactación, CBR y compresión inconfiada, se buscó determinar si la escoria podía funcionar como aditivo estabilizador en suelos cohesivos, con el fin de optimizar la capacidad de soporte y reducir la plasticidad, elementos clave para la construcción de pavimentos duraderos



La adición de escoria de acero redujo la plasticidad a cero. El índice CBR se disparó un 378,92 %, lo que fortaleció considerablemente el suelo. Sin embargo, al añadir más escoria de acero, la resistencia a la compresión disminuyó, mientras que la dosificación del 25% resultó ser la más recomendable, ya que permitió incrementar la densidad y el CBR sin generar pérdidas importantes de resistencia. En conclusión, se estableció que la escoria de acero constituyó una alternativa eficiente y sostenible para el mejoramiento de subrasantes arcillosas de baja capacidad portante

2.2. Marco teórico

2.2.1. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos en pavimentos puede definirse como el proceso integral mediante el cual se modifican y optimizan las propiedades físico-mecánicas de un terreno natural, a través de la incorporación de agentes estabilizantes y técnicas constructivas, con el fin de mejorar su capacidad portante, durabilidad y desempeño frente a cargas de tránsito y condiciones ambientales; este proceso no solo incrementa la resistencia y reduce la deformabilidad del suelo, sino que también lo transforma en un material de ingeniería creado in situ, donde la sinergia entre el tipo de suelo, el estabilizante empleado y los métodos de compactación y curado permiten obtener mezclas estables y sostenibles que garantizan la funcionalidad y la vida útil de la infraestructura vial.

2.2.2. Tipos de estabilización (mecánica, química, física)

Estabilización mecánica

- La estabilización mecánica consiste en la mejora del suelo mediante procesos físicos de compactación y la combinación de diferentes tipos de materiales granulares para lograr una mezcla con granulometría adecuada, mayor densidad y mejor comportamiento estructural; su fundamento radica en la redistribución de partículas que, al ser compactadas, reducen vacíos y



aumentan la fricción interna, generando un suelo con mayor capacidad de soporte y menor susceptibilidad a deformaciones.

Estabilización química

- La estabilización química consiste en añadir al suelo productos químicos o aditivos como cal, cemento, asfalto, cloruros o productos poliméricos. Estos productos químicos reaccionan con los componentes minerales del suelo para cambiar su estructura interna, reducir su plasticidad, aumentar su resistencia y disminuir su sensibilidad al agua. Esta estabilización hace que el suelo sea más resistente y duradero, lo que lo convierte en una buena plataforma para estructuras pavimentadas.

Estabilización física

- La estabilización física se refiere al uso de técnicas externas que alteran las condiciones del suelo sin modificar necesariamente su composición química, como el secado, el control de humedad, la congelación artificial, el calentamiento o el uso de geosintéticos; este tipo de intervención busca aumentar la resistencia temporal o permanente del terreno, controlar asentamientos diferenciales y mejorar la estabilidad general de la capa de suelo que servirá de apoyo al pavimento.

2.2.3. Criterios de selección de métodos de estabilización

Los criterios de selección de métodos de estabilización en pavimentos parten del análisis de las características del suelo existente, ya que propiedades como granulometría, plasticidad, humedad natural, permeabilidad y capacidad portante determinan la técnica más adecuada para mejorar su desempeño. De igual manera, se deben considerar las condiciones ambientales y climáticas del lugar, puesto que factores como precipitaciones, nivel freático o variaciones térmicas influyen directamente en la durabilidad del tratamiento.



Así, un suelo arcilloso de alta plasticidad, por ejemplo, puede requerir estabilización química con cal o cemento, mientras que un suelo granular podría beneficiarse más de una estabilización mecánica mediante compactación o mezcla granulométrica.

Otro criterio fundamental es la factibilidad técnica, económica y ambiental de cada método. En este sentido, la disponibilidad local de materiales estabilizantes, los costos de transporte y aplicación, así como el impacto ambiental asociado al uso de aditivos o al aprovechamiento de materiales reciclados, juegan un papel decisivo en la elección. También se consideran la magnitud del tránsito que soportará el pavimento y la vida útil proyectada de la vía, ya que estabilizaciones de bajo costo pueden ser adecuadas para caminos secundarios de bajo volumen vehicular, mientras que proyectos urbanos o carreteras principales requieren métodos más robustos y duraderos.

2.2.4. Parámetros geotécnicos de control

Los parámetros geotécnicos de control son un conjunto de propiedades físicas y mecánicas del suelo que se evalúan y supervisan con el fin de garantizar la calidad, estabilidad y desempeño de los materiales empleados en la construcción de pavimentos. Estos parámetros permiten determinar cómo se comportará el suelo ante cargas, humedad y procesos constructivos, asegurando que cumpla con las condiciones necesarias para servir como soporte estructural en la vía.

Entre los principales parámetros se encuentran:

Granulometría: distribución de tamaños de partículas en el suelo, esencial para clasificarlo y verificar su idoneidad en capas de subbase o base.

Límites de Atterberg (líquido, plástico e índice de plasticidad): definen el rango de humedad en el que un suelo arcilloso cambia de estado, permitiendo evaluar su plasticidad y comportamiento volumétrico.



Proctor modificado: determina la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación, claves para lograr suelos firmes y resistentes.

Gravedad específica: relaciona el peso de los sólidos del suelo con el agua, útil para clasificarlo y entender su composición.

CBR (California Bearing Ratio): mide la capacidad portante del suelo, indicador fundamental para el diseño de pavimentos.

2.2.5. Suelos Inestables

Los suelos inestables son aquellos que, por sus características físicas, químicas o mecánicas, no ofrecen un comportamiento adecuado como material de soporte en obras de ingeniería civil, ya que presentan baja capacidad portante, alta deformabilidad o una excesiva variación volumétrica ante cambios de humedad o carga. Este tipo de suelos compromete la seguridad, durabilidad y funcionalidad de estructuras como pavimentos, cimentaciones y taludes, por lo cual requieren tratamientos especiales o procesos de estabilización antes de ser utilizados.

Dentro de esta categoría se incluyen:

Suelos arcillosos expansivos, que aumentan de volumen con la presencia de agua y se contraen al secarse, generando grietas y asentamientos diferenciales.

Suelos limosos y arenosos sueltos, que son altamente compresibles, erosionables y susceptibles a licuación bajo cargas dinámicas o sísmicas.

Suelos orgánicos o turbas, con alto contenido de materia vegetal en descomposición, que presentan baja resistencia, alta compresibilidad y deformaciones excesivas con el tiempo.

Suelos saturados o con mala drenabilidad, que pierden cohesión y estabilidad cuando se exponen a variaciones de humedad o a esfuerzos de corte.

Clasificación y características de suelos problemáticos



Suelos expansivos y colapsables

Suelos de baja capacidad portante

Factores que influyen en la inestabilidad

2.2.6. Subrasante

La subrasante es la capa natural de suelo ubicada en la parte más baja de la estructura de un pavimento, que sirve como soporte fundamental para todas las capas superiores (subbase, base y carpeta de rodadura). Su comportamiento y resistencia condicionan directamente la durabilidad, capacidad portante y estabilidad del pavimento, ya que cualquier falla en esta capa se reflejará en deformaciones, agrietamientos o deterioros prematuros de la vía.

Esta capa puede estar conformada por suelos en estado natural o mejorados mediante procesos de compactación, estabilización mecánica, química o física, con el fin de alcanzar parámetros adecuados de resistencia y deformabilidad. Entre las propiedades que se controlan en la subrasante se encuentran: la densidad seca máxima, el contenido de humedad óptima, la capacidad de soporte (CBR), la plasticidad y la permeabilidad.

2.2.6.1. Función estructural en pavimentos

La función estructural de los pavimentos es soportar las cargas que les imponen los vehículos sin deformarse demasiado y prolongar la vida útil de la carretera. Esto se consigue gracias al sistema de capas que componen los pavimentos, que son la subrasante, la subbase, la base y la capa de rodadura. Cada capa tiene una función distinta: la capa de rodadura soporta directamente las cargas y las condiciones meteorológicas; la base y la subbase las distribuyen y las reducen lentamente; y la subrasante, que es un soporte natural, transmite las tensiones al terreno.

De esta manera, la función estructural protege las capas inferiores, garantiza que el conjunto pueda soportar su peso y mantiene la comodidad y seguridad de los usuarios



al reducir los efectos de la fatiga, la deformación plástica y la rotura. Una estructura bien diseñada permite que el pavimento soporte la tensión a lo largo de su vida útil prevista, lo que reduce los costes de mantenimiento y garantiza su buen funcionamiento en todas las condiciones climáticas y de tráfico.

2.2.7. Módulo resiliente y CBR (California Bearing Ratio)

El módulo resiliente (M_r) es un parámetro geotécnico que mide la capacidad de un suelo o material granular de deformarse elásticamente bajo cargas repetitivas y recuperar su forma al retirar la carga. Se expresa como la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación recuperable, siendo un indicador clave en el diseño de pavimentos, ya que simula las condiciones reales de tránsito. Un suelo con alto módulo resiliente muestra buena capacidad de soporte y menor susceptibilidad a deformaciones permanentes, mientras que un valor bajo indica debilidad estructural y riesgo de fallas prematuras.

CBR (California Bearing Ratio)

El CBR (California Bearing Ratio) es un ensayo de laboratorio y campo que evalúa la capacidad portante de un suelo comparando la resistencia a la penetración del mismo con la de un material granular de referencia (piedra triturada bien graduada). Se expresa en porcentaje: a mayor valor de CBR, mayor resistencia y capacidad de soporte del suelo. Este parámetro es ampliamente utilizado para clasificar la calidad de la subrasante y determinar espesores de las capas de pavimento, siendo valores bajos (<5%) indicativos de suelos blandos que requieren estabilización, y valores altos (>20%) característicos de suelos competentes para soportar cargas de tránsito.

2.2.8. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son materiales resultantes de actividades constructivas, de mantenimiento o de demolición de obras civiles, como edificaciones, pavimentos y estructuras de infraestructura. Están conformados principalmente por concreto, ladrillo, asfalto, madera, metales, vidrio, plásticos, yeso y



materiales provenientes de excavaciones. Estos residuos representan un volumen significativo dentro de los desechos sólidos urbanos y, cuando no se gestionan b

- Residuos finos no expansivos: limos, arenas finas y arcillas de baja plasticidad. Pueden usarse como material de relleno o en mezclas controladas.
- Residuos metálicos: hierro, acero, aluminio y cobre, que se recuperan mediante reciclaje industrial.
- Residuos de madera, plásticos y vidrio, que pueden reutilizarse o someterse a procesos de transformación según su pureza.

RCD no aprovechables

Aquellos contaminados con sustancias que alteran su calidad, como mezclas con orgánicos, plásticos degradados o materiales en mal estado que no cumplen condiciones técnicas para ser reutilizados.

RCD peligrosos o especiales

Incluyen residuos con componentes químicos, corrosivos, inflamables o tóxicos, tales como pinturas, solventes, aceites, betunes, asbesto o yeso contaminado. Requieren un manejo especializado bajo normativas ambientales para evitar riesgos a la salud y al medio ambiente.

2.2.9. Estabilización mecánica con agregados

La estabilización mecánica con agregados es un proceso de mejoramiento del suelo que consiste en modificar su granulometría y estructura mediante la adición y mezcla de materiales granulares (gravas, arenas, fragmentos pétreos o agregados reciclados), con el objetivo de obtener una combinación más densa, resistente y estable. Este método busca reducir las brechas, aumentar la adherencia del suelo y fortalecerlo para que pueda soportar más peso. De esta manera, las carreteras y otros elementos similares resisten mejor una vez construidas.



El principio fundamental de esta estabilización radica en lograr una mezcla bien graduada, donde las partículas grandes proporcionan resistencia y las más finas rellenan los espacios vacíos, generando un material compactado con mayor densidad seca y menor deformabilidad. El proceso incluye la selección de agregados adecuados, su correcta dosificación y la compactación hasta alcanzar la densidad y humedad óptima determinadas por ensayos de laboratorio (como el Proctor modificado).

En pavimentos, esta técnica es ampliamente utilizada en la conformación de subbases y bases granulares, ya que permite obtener capas con alta capacidad portante y buena resistencia al corte, esenciales para la distribución de cargas hacia la subrasante. Además, la estabilización mecánica con agregados puede incorporar materiales reciclados como los residuos de construcción y demolición (RCD), aportando no solo un beneficio técnico y económico, sino también ambiental al reducir la explotación de canteras y la disposición inadecuada de escombros.

2.2.10. Tecnología de pavimentos

Este campo estudia la forma en que diferentes capas (subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura) se integran para soportar cargas de tránsito, distribuir esfuerzos y garantizar la durabilidad de la vía. La tecnología del pavimento abarca tanto los pavimentos rígidos (de concreto hidráulico) como los flexibles (asfalto y mezclas bituminosas), además de incluir técnicas de estabilización de suelos, reciclaje de materiales, selección de granulometrías y control de calidad en obra. También aborda los procedimientos constructivos, los ensayos de laboratorio y campo necesarios para verificar el comportamiento estructural, y las innovaciones relacionadas con el uso de materiales alternativos y sostenibles para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental en la infraestructura vial.

Transferencia de cargas en pavimentos

Modelamiento estructural

Criterios de falla y serviciabilidad



2.3. Marco conceptual

Estabilización de Suelos

Se entiende como el conjunto de técnicas aplicadas para mejorar las características físicas y mecánicas de un suelo, tales como su resistencia, durabilidad y capacidad de soporte. Para ello se emplean aditivos como cal, cemento, asfalto o materiales reciclados (ejemplo: concreto triturado), lo que resulta esencial en el diseño de subrasantes y capas estructurales de pavimentos.

Compactación del Suelo

La compactación compacta el suelo con maquinaria (menos espacio vacío, mayor densidad seca). Esto fortalece el suelo. El suelo puede soportar más peso y se mantiene firme. Es fundamental para la construcción de carreteras, cimientos o cualquier tipo de terraplén.

Relación Soporte de California (CBR)

El CBR es un índice de laboratorio y campo que compara la capacidad de penetración de un suelo frente a un material granular patrón. Este valor expresa la resistencia al esfuerzo de carga y constituye un parámetro indispensable para el dimensionamiento de subrasantes, subbases y bases en el diseño de pavimentos.

Plasticidad del Suelo

La plasticidad refleja la habilidad de un suelo, principalmente arcilloso, de deformarse bajo humedad sin fracturarse y conservar esa deformación. Se determina a través de los límites de Atterberg (líquido y plástico) y es un criterio fundamental para clasificar suelos y definir su comportamiento en proyectos viales y de cimentación.

Suelos Finos

Son aquellos compuestos por partículas de tamaño reducido, como limos y arcillas, caracterizados por su elevada plasticidad y baja capacidad de soporte. Estos suelos son muy sensibles a la variación de humedad, generando deformaciones y expansiones que



comprometen su estabilidad, por lo que usualmente requieren estabilización o reemplazo para su uso en obras viales.

Concreto Reciclado

Se obtiene del procesamiento y trituración de residuos de construcción y demolición (RCD), y puede emplearse como agregado en capas granulares o en procesos de estabilización de suelos. Su uso disminuye costos, mejora el desempeño estructural y reduce los impactos ambientales, favoreciendo prácticas sostenibles en proyectos de infraestructura.

Norma SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) organiza los suelos en grupos basados en sus propiedades granulométricas y de plasticidad. Este método es clave en la ingeniería geotécnica, pues permite definir la idoneidad del material en aplicaciones como pavimentos, cimentaciones y obras de tierra.

Diseño de Pavimentos

Es el proceso técnico mediante el cual se establecen espesores, materiales y características estructurales de las capas del pavimento, en función del tránsito esperado, las condiciones del suelo y los parámetros de soporte. Su correcta aplicación asegura la funcionalidad, seguridad y vida útil de las vías.

Sostenibilidad en Construcción

Enfoque que busca reducir el impacto ambiental en la industria de la construcción mediante la incorporación de materiales reciclados y reutilizados, como el concreto triturado, fomentando la economía circular. Promueve la conservación de recursos naturales y aporta a la creación de infraestructuras más responsables y resilientes.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se desarrollará utilizando un enfoque experimental y aplicado, con el objetivo de evaluar el efecto de añadir residuos de construcción y demolición (RCD) para estabilizar suelos inestables presentes en la subbase de carreteras en el distrito de Caracoto en 2025. Para ello, analizamos el suelo mediante pruebas geotécnicas como granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Luego, seleccionamos y preparamos el CDW según su tipo y composición. Después, mezclamos diferentes lotes de suelo y el CDW (diversas proporciones). A continuación, realizamos pruebas de laboratorio con estas mezclas, siempre bajo condiciones controladas, para evaluar su rendimiento físico y mecánico frente al suelo convencional;

3.1. Tipo

Es aplicada porque busca resolver un problema práctico y concreto en el distrito de Caracoto mediante el uso de residuos de construcción y demolición para mejorar las características del suelo a nivel de subrasante.

3.2. Nivel de investigación

Corresponde a un nivel explicativo ya que pretende determinar cómo la adición de residuos influye en la resistencia y comportamiento mecánico del suelo. También puede situarse en un nivel correlacional – explicativo, porque analiza la relación entre la proporción de residuos y las propiedades mejoradas del suelo.



3.3. Diseño de la investigación

El diseño es experimental de tipo preexperimental o cuasiexperimental según el alcance. Se manipula la variable independiente (porcentaje de residuos de construcción y demolición) y se observa el efecto en la variable dependiente (propiedades geotécnicas del suelo). El experimento se desarrolla en condiciones controladas de laboratorio y con aplicación práctica en campo.

3.4. Enfoque

El enfoque es cuantitativo porque se basa en la recolección de datos numéricos a través de ensayos de laboratorio como Proctor, CBR, granulometría, límites de Atterberg y análisis de densidad y expansión.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Pavimentos con suelos inestables del distrito de CARACOTO

3.5.2. Muestra

Jr. Cusco del distrito de Caracoto (03 calles alternas)

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

3.6.1. Técnicas

Muestreo

Fichas

ensayos

3.6.2. Instrumentos

1. Fuente de información



La investigación se sustentará en fuentes primarias y secundarias. Como fuente primaria se emplearán los ensayos de laboratorio realizados directamente sobre las muestras de suelo y las mezclas con RCD, mientras que las fuentes secundarias estarán constituidas por libros, artículos científicos, normas técnicas y tesis previas que aborden la estabilización de suelos y el aprovechamiento de residuos de construcción y demolición.

2. Ensayos de laboratorio

Gradación (análisis granulométrico): se utilizará tamices normalizados para determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo y los agregados reciclados, lo que permite evaluar la uniformidad y adecuación del material para capas de subrasante.

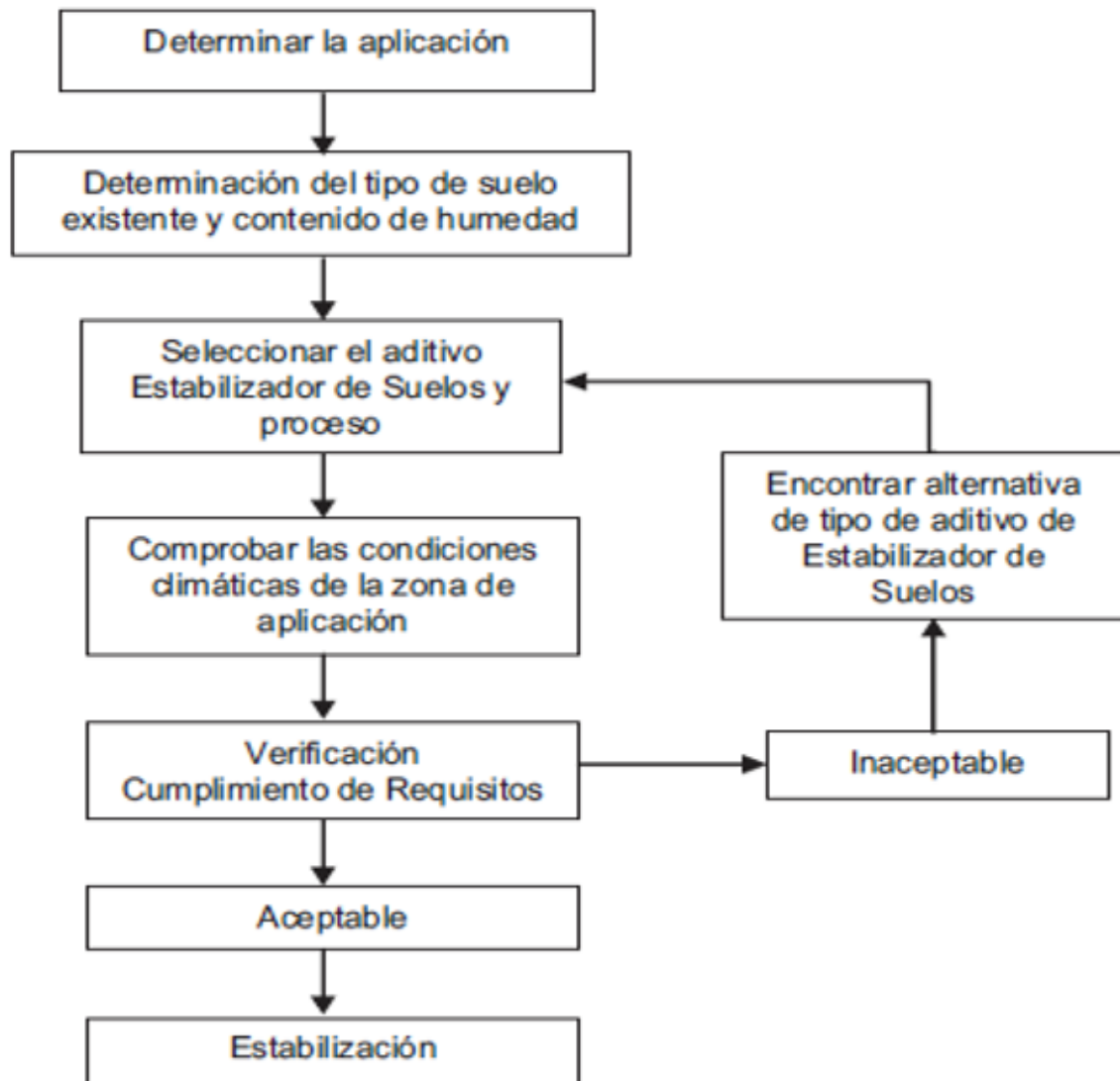
Límite líquido: se aplicará el dispositivo de Casagrande para identificar el contenido de humedad a partir del cual el suelo pasa de un estado plástico a líquido, indicador clave de su plasticidad y estabilidad volumétrica.

Límite plástico: mediante la técnica del amasado de probetas, se determinará el contenido de humedad en el que el suelo deja de comportarse plásticamente y comienza a desmoronarse, información que permite calcular el índice de plasticidad.

Proctor modificado: se empleará el equipo de compactación estandarizado (molde, martillo y dispositivo de impacto) para establecer la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca máxima del suelo, lo cual define la humedad óptima de compactación.

CBR (California Bearing Ratio): se utilizará un penetrómetro en condiciones controladas de carga para medir la resistencia a la penetración del suelo y de las mezclas con RCD, expresando la capacidad portante en porcentaje respecto a un material patrón. Este ensayo es fundamental en el diseño y dimensionamiento de pavimentos.

3.6.3. Criterios para establecer la estabilización de suelos



3.6.4. Ensayo de CBR

La prueba del índice de soporte de California (CBR) es un método estándar que se utiliza para evaluar la capacidad de soporte del suelo o la subbase, especialmente en el campo de la ingeniería civil, con el fin de determinar si es adecuado para soportar pavimentos. Durante esta prueba, se evalúa la resistencia del material granular o del suelo sometiéndolo a un peso determinado y comparándolo con la resistencia de un material de referencia, que suele ser una muestra de grava triturada. A continuación se describen los pasos y el proceso fundamentales:



1. Preparación de la muestra:

- Se toma una muestra representativa del suelo que se va a evaluar. Esta muestra puede ser obtenida a través de una calicata o perforación en el lugar de la obra.
- La muestra se prepara en el laboratorio, y se puede modificar en función de las condiciones de humedad y compactación del suelo.
- Compactación: La muestra se compacta en un molde cilíndrico con una energía estándar (generalmente 25 golpes por capa con un martillo de 4.5 kg y una caída de 45 cm), hasta alcanzar una densidad similar a la que tendría en condiciones naturales.

2. Proceso de prueba:

- Una vez compactada la muestra, se coloca en una prensa de carga. Esta máquina aplica una carga progresiva a la muestra a una tasa de 1.27 mm por minuto.
- La penetración de un pistón de 50 mm de diámetro se mide en milímetros bajo cargas específicas (normalmente a 0.1, 0.2 y 0.3 pulgadas de penetración). Se registra cómo la muestra cede bajo presión a medida que el pistón avanza.

3. Cálculos:

- El CBR se calcula comparando la carga aplicada en el suelo con la carga necesaria para lograr la misma penetración en un material de referencia (generalmente una mezcla de grava).

Fórmula del CBR: $CBR = \left(\frac{F_{\text{suelo}}}{F_{\text{referencia}}} \right) \times 100$ donde:

o F_{suelo} es la carga aplicada por unidad de área para la penetración en el suelo probado.

o $F_{\text{referencia}}$ es la carga aplicada por unidad de área para la penetración correspondiente en el material de referencia.

4. Interpretación de los resultados:

- Los valores de CBR indican la capacidad de carga del material. Cuanto más alto sea el valor de CBR, mayor será la capacidad de soporte del suelo.



- Clasificación de CBR:
 - o CBR > 20: Buen material para subrasantes y base de pavimento.
 - o CBR 10-20: Material aceptable con modificaciones o tratamientos.
 - o CBR < 10: Material pobre, requiere estabilización o reemplazo.

5. Aplicación práctica:

- Los resultados del CBR son fundamentales para el diseño de pavimentos, ya que permiten dimensionar la estructura del pavimento (espesor de capas de subrasante, base y capa de rodadura).
- El CBR también es útil para evaluar la necesidad de estabilizar el suelo con aditivos como cal, cemento, o concreto reciclado.

3.6.5. Ensayo valor relativo de soporte (CBR)

Procedimiento del ensayo:

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio) utiliza material similar al empleado en la prueba Proctor, requiriendo que la muestra se encuentre en condición seca. Para determinar la máxima densidad seca mediante la evaluación correspondiente, es fundamental mantener constante el contenido de humedad. Se debe dividir el material en cinco porciones equivalentes. Posteriormente, se retira la placa espaciadora y se procede a registrar el peso de la muestra en estado húmedo. La placa espaciadora debe removerse después de colocar el papel filtro en su posición inicial, continuando con la determinación del peso de la muestra húmeda. La primera porción se somete a 56 golpes por caída libre, la segunda recibe 25 impactos, mientras que la tercera muestra se expone a 12 golpes de compactación.

Los mohos deben eliminarse del agua al cabo de cuatro días, y después debe dejarse que el agua se vacíe durante 15 min.

El cilindro tiene un ritmo de infiltración constante de 0,05 pulgadas cada minuto.



CBR de Diseño Límites para Selección de Resistencia

Número de ejes de 8.2 tn en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia (%)
< 10	60
10 – 10	75
> 10	87.5

Fuente: (Montejo, 2002)

3.6.6. Determinación de la densidad y humedad

La densidad y humedad del suelo son parámetros críticos que determinan la capacidad de soporte del material. El ensayo se realiza compactando el suelo a diferentes niveles de energía (generalmente 12, 25 y 56 golpes por capa) para obtener distintas densidades, mientras se controla estrictamente el contenido de humedad, típicamente evaluando muestras en humedad óptima (obtenida del ensayo Proctor) y en condición saturada tras inmersión en agua durante 96 horas. La densidad seca del suelo influye directamente en su resistencia al punzonamiento, donde mayores densidades generalmente proporcionan valores de CBR más altos, mientras que el contenido de humedad afecta la cohesión y fricción interna del material.

3.6.7. Humedad de mezclado

Es un factor importante en suelos finos y debe controlarse debidamente.

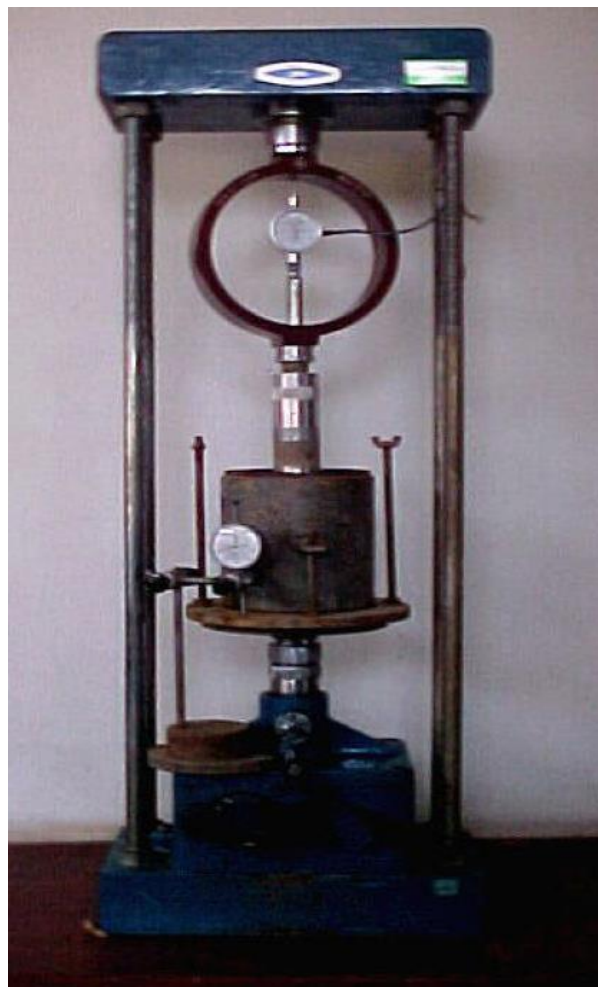
El contenido de humedad de la muestra amasada que se va a compactar, deberá ser igual al correspondiente a la densidad que se desea obtener, se ha comprobado que si esta humedad de mezclado varía en $\pm 0.5\%$ de la que se desea obtener, los CBR variarán apreciablemente aún cuando se obtenga una densidad aproximadamente igual a la densidad deseada.

3.6.8. Determinación de la expansión del material

La expansión del material en el ensayo de CBR es un procedimiento fundamental que evalúa el potencial de hinchamiento del suelo cuando se satura con agua, simulando las condiciones más desfavorables que puede experimentar la subrasante en servicio. Este proceso se realiza colocando el espécimen compactado en un molde con papel filtro y placa perforada, sumergiéndolo completamente en agua durante 96 horas (4 días) mientras se aplica una sobrecarga de 4.54 kg (10 lb) para simular el peso del pavimento. Durante este período de inmersión, se mide diariamente la expansión vertical del material utilizando un extensómetro de precisión, registrando las lecturas cada 24 horas hasta completar el tiempo establecido.

Figura 1

Equipo CBR





3.6.9. Cálculo de CBR

Normativa y objetivo

Norma de referencia (Perú): MTC (Ensayo CBR, equivalente a ASTM D1883 / AASHTO T193).

2) Equipo principal

Molde CBR con collar y base (\varnothing 6" = 152.4 mm; opcional \varnothing 4" para materiales muy finos).

Pison/rammer Proctor (estándar 2.5 kg a 305 mm o modificado 4.54 kg a 457 mm).

Aparato de carga con velocidad 1.27 mm/min y pistón \varnothing ~50 mm.

Anillos de carga/sobrecarga (surcharge) y plato perforado.

Comparador para expansión.

Tanque de inmersión (96 h).

Balanza, horno/estufa, tamices (19 mm, 4.75 mm, N° 40), regla, cuchillo de corte, papeles filtro.

3) Muestreo y preparación

Muestreo representativo del material a ensayar.

Tamizado: preparar la fracción que pase 19 mm. Si hay sobre-tamaño significativo, aplicar el criterio de la norma (ensayar fracción fina y reportarlo; no triturar salvo que la norma del proyecto lo permita).

Humedad objetivo: si no se conoce, determine densidad seca máxima y humedad óptima (OMC) con Proctor estándar (MTC Proctor Estándar) para subrasantes o modificado si el proyecto lo exige.

Plan de probetas: típicamente 3 probetas a OMC \pm 1% (dos remojadas 96 h y una sin remojo, si se requiere).



4) Compactación en molde

Seleccione la energía de compactación conforme al proyecto (en Perú suele usarse Proctor estándar para subrasante; modificado para materiales granulares o capas superiores).

Molde de 6" (152.4 mm):

Proctor estándar: 3 capas × 56 golpes/capa (mazo 2.5 kg; caída 305 mm).

Proctor modificado: 5 capas × 56 golpes/capa (mazo 4.54 kg; caída 457 mm).

Molde de 4" (101.6 mm):

Proctor estándar: 3 capas × 25 golpes/capa.

Proctor modificado: 5 capas × 25 golpes/capa.

Pasos:

Engrase ligero del molde; colocar papel filtro en la base.

Pesar muestra húmeda calculada para alcanzar OMC y γ_d máx (según energía seleccionada).

Compactar por capas (distribuir golpes uniformemente; escarificar ligeramente la superficie entre capas).



Retirar collar, alisar a ras; limpiar y pesar conjunto.

Extraer muestra para humedad (control OMC real).

5) Ensayo de expansión (remojo 96 h)

Colocar plato perforado, haste/postas y sobrecarga (surcharge) que simule el peso del pavimento (en práctica corriente: ≈ 4.54 kg para subrasantes; ajuste según diseño si se especifica).

Montar el comparador (cero de expansión).

Introducir el conjunto al tanque de agua (temperatura ambiente), cubrir la probeta 96 horas.

Leer expansión (dial) a 24, 48, 72 y 96 h; registrar % expansión.

Al término, drenar 15 min, retirar plato perforado dejando las sobrecargas.

Si se requiere CBR no remojado, omitir el remojo y pasar directo a penetración tras compactar (consignar condición en el informe).

6) Ensayo de penetración (CBR)

Llevar el molde a la prensa; centrar el pistón $\varnothing \sim 50$ mm.

Aplicar asiento y ajustar "cero" de carga (o anotar la carga de asiento para corrección de curva).

Ensayar a 1.27 mm/min.

Tomar lecturas de carga vs penetración en al menos: 0.5, 1.0, 2.5, 4.0, 5.0, 7.5 y 10.0 mm.

Si la curva inicial es cóncava hacia arriba, aplicar corrección de asiento (desplazar el origen hasta lograr tangencia en el tramo inicial).

7) Cálculo del CBR

Área del pistón ≈ 3.0 in².

Cargas estándar:

a 2.5 mm (0.1") → 1000 lbf (≈4.45 kN)

a 5.0 mm (0.2") → 1500 lbf (≈6.67 kN)

3.6.10. Procesamiento Calicata 01

Se describe del ensayo de laboratorio

Figura 2

Proctor modificado Calicata 01

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2350 cm³
NO DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10401	10701	10550	1030
Peso del Molde	gr.	5835	5835	5935	
Peso del Suelo Imdo	gr/cm ³ .	4666	4766	4515	
Densidad del Sueúmedo	gr/cm ³	1.900	2.028	1.857	

Cápsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	INF
Suelo Húmedo+ Cápsula	gr.	237,17	234,05	292,52	283,47	277,30	283,47	27,30
Peso del Suelo Seco + Cápsula	gr.	277,32	238,03	270,08	255,66	255,18	256,33	27,72
Peso del Agua	no.	11,19	11,23	11,23	11,24	11,23	11,23	11,23
No. de la Cápsula	no.	50,50	51,12	62,31	62,31	232,18	254,38	33,18
Peso de la Cápsula	gr.	227,32	223,31	220,31	213,81	231,81	216,33	32,18
% de Humedad	%	4,57%	6,61%	8,19%	8,19%	10,29%	10,29%	0,05%
Promedio de Humedad	%	7,56%		1,91%		1,58%		
Densidad del Suelo Seco	%	1,917		1,917		1,588		

METODO	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.505 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA :	13,84%

Nota: resultados de laboratorio uancv

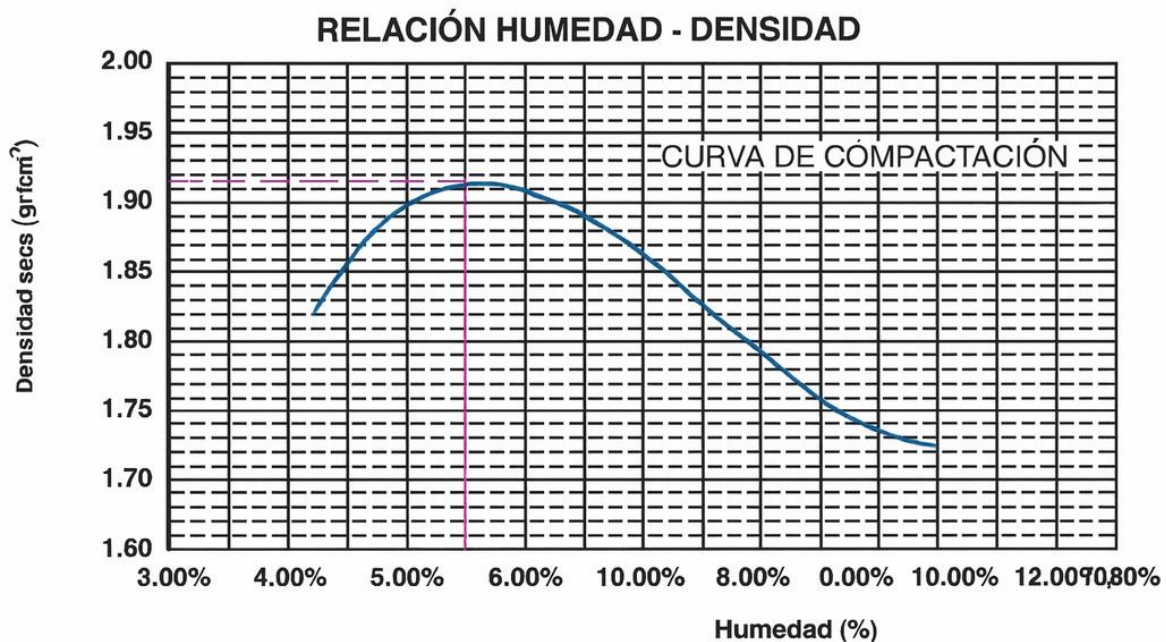
En la Calicata 01, el Ensayo Proctor Modificado (ASTM D-698) mostró que el suelo presenta una densidad seca máxima de 1.505 g/cm³ y una humedad óptima de 13.84%, lo que indica que este material alcanza su mejor grado de compactación con una humedad moderada. Esto sugiere que el suelo posee una textura granular fina o limosa con buena plasticidad, capaz de compactarse eficientemente bajo condiciones controladas. El comportamiento observado refleja que, al aumentar la humedad hasta el punto óptimo, las partículas del suelo se acomodan mejor, reduciendo el aire interno y logrando una

estructura más densa y estable. Superado ese contenido de agua, la densidad disminuye debido al exceso de humedad que ocupa los poros. En conclusión, el suelo de la Calicata 01 posee buenas características para conformar capas de relleno o subrasante, siempre que la compactación en obra se realice manteniendo la humedad cercana al valor óptimo determinado en laboratorio.

Figura 3

Relación humedad densidad calicata 01

OC:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.505 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA :	13,64%



La Calicata 01 presenta una curva de compactación típica del Ensayo Proctor Modificado (ASTM D-1557), donde se observa que el suelo alcanza una densidad seca máxima de 1.505 g/cm³ con una humedad óptima de 13.84%, lo cual indica que el material tiene un buen comportamiento ante la compactación, logrando una estructura densa y estable con un contenido moderado de agua. Este resultado sugiere que el suelo es adecuado para obras de relleno y subrasante, siempre que en campo se controle la humedad próxima al valor óptimo, ya que una humedad inferior generaría baja cohesión entre partículas y una superior disminuiría la densidad por saturación. En conjunto, el suelo



de la Calicata 01 muestra una buena capacidad de compactación y estabilidad mecánica, características favorables para proyectos de infraestructura vial o cimentaciones.

Preparación de la muestra

Se obtuvo suelo representativo del distrito de Caracoto y se tamizó para emplear el material que pasa el tamiz de 19 mm. El ensayo se desarrolló con el molde estándar de 2,953 cm³, con collar y base.

2. Procedimiento de compactación

Energía aplicada: Proctor Modificado "C" → 5 capas compactadas con 56 golpes por capa, usando un martillo de 4.54 kg que cae desde 457 mm.

Se pesó el molde vacío y con suelo húmedo para calcular la densidad húmeda de cada muestra.

Posteriormente se extrajeron porciones para determinar el contenido de humedad en cápsulas metálicas mediante secado en horno.

3. Resultados obtenidos

Se elaboraron cinco probetas con variación en la humedad, desde 4.65 % hasta 10.48 %.

Se calcularon la densidad húmeda y la densidad seca corregida en cada caso.

A partir de los datos se obtuvo la curva Relación Humedad – Densidad, representada en el gráfico.

Valores principales:

Máxima Densidad Seca (MDS): 1.905 g/cm³

Humedad Óptima (HO): 13.84 %

4. Interpretación

La curva muestra que, a medida que aumenta la humedad, la densidad seca se incrementa hasta un punto máximo (13.84 %), a partir del cual el exceso de agua reduce la compactación efectiva. Este resultado sirve como referencia en obra para definir el

control de compactación de la subrasante, verificando que se logre como mínimo el 95 % de la MDS obtenida en laboratorio.

Figura 4
relación de la humedad y densidad calicata 01

MOLDE No. III		MOLDE No. II		MOLDE No. I						
No DE CAPAS		5		5						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25						
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO		SIN SATURAR						
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10848	10360	10938	10873					
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6859	6859					
Peso del Suelo Humedo	gr.	3571	3113	4077	3814					
Volumen del Suelo	cc.	2116.65	2118.65	2254.42	2254.42					
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.687	1.471	1.808	1.682					
MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO		CONCRETO Y ASFALTO		CONCRETO Y ASFALTO						
Peso Suelo Humedo + Capsula	gr.	285.20	290.31	324.00	200.38	296.38	316.58	306.24	322.78	282.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.14	271.29	304.96	244.00	276.38	285.93	286.21	289.05	282.15
Peso del Agua	gr.	16.06	19.02	19.02	16.38	20.02	20.65	20.03	20.75	20.60
Peso de la Capsula	gr.	35.76	35.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.57	38.84	38.87
Peso del Suelo Seco	gr.	333.38	237.73	267.84	208.28	236.29	254.50	246.54	259.06	222.35
% de Humedad	%	8.85%	8.03%	7.10%	8.06%	8.47%	8.32%	8.34%	8.17%	8.27%
Promedio de Humedad	%	7.44%	7.10%	8.27%	8.23%	9.25%	8.27%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.570	1.373	1.870	1.583	0.980	0.980			

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/07/2025	09:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	09:00 a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01
14/07/2025	09:00 a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	09:00 a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.90	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	09:00 a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.83	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No. III				MOLDE No. II				MOLDE No. I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	34.95	173	8.8			
1.27	01:00		22.40	120.2	8.1	27.90	143	7.2	66.10	308	16.5			
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2	33.20	175	8.8	98.30	442	22.4			
2.54	02:00	70.31	33.90	188.5	8.5	43.10	236	10.5	116.40	528	26.7			
3.01	03:00		48.80	223.8	11.3	58.80	274	13.8	148.80	655	35.1			
5.09	04:00	105.00	53.70	253.1	12.5	68.10	318	16.1	180.50	744	37.6			
6.35	04:30		89.00	370.4	14.0	77.30	353	17.9	185.60	814	41.1			
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7	82.00	377	19.0	204.20	892	45.1			
8.84	07:00													
10.16	08:00													

Se determinó la relación humedad–densidad para fabricar probetas CBR y se ejecutó el CBR (remojado y no remojado). El formato del reporte coincide con práctica ASTM D1557 (Proctor Modificado) + ASTM D1883 / AASHTO T193 (CBR) usada por el MTC en Perú.



Preparación y equipos

Molde grande CBR con collar y base.

Compactación Proctor Modificado para CBR: 5 capas × 12 golpes/capa con martillo de 4.54 kg y caída de 457 mm.

Balanza, horno para humedad, calibrador/dial de expansión, tanque de remojo, prensa de penetración a 1.27 mm/min con pistón $\varnothing \approx 50$ mm.

3) Probetas y compactación

Se prepararon series "saturado" y "sin saturar".

Para cada probeta se registró:

Peso molde + suelo húmedo, peso del molde, y se calculó densidad húmeda.

Se tomaron muestras en cápsulas para determinar contenido de humedad por secado.

Con humedad y densidad húmeda se obtuvo la densidad seca de cada probeta.

En tu hoja aparecen promedios de humedad representativos por serie (p. ej. ~7.44 %, 7.10 % y 10.48 % según el lote preparado) y densidades secas por muestra (valores en el rango típico ≈ 1.80 – 1.88 g/cm³), que alimentan la curva.

Curva humedad–densidad

Con los puntos obtenidos se graficó la curva de compactación "Relación Humedad–Densidad". Esa curva fija la condición de moldeo de las probetas CBR y sirve de referencia para control en campo (p. ej., 95 % MDS).

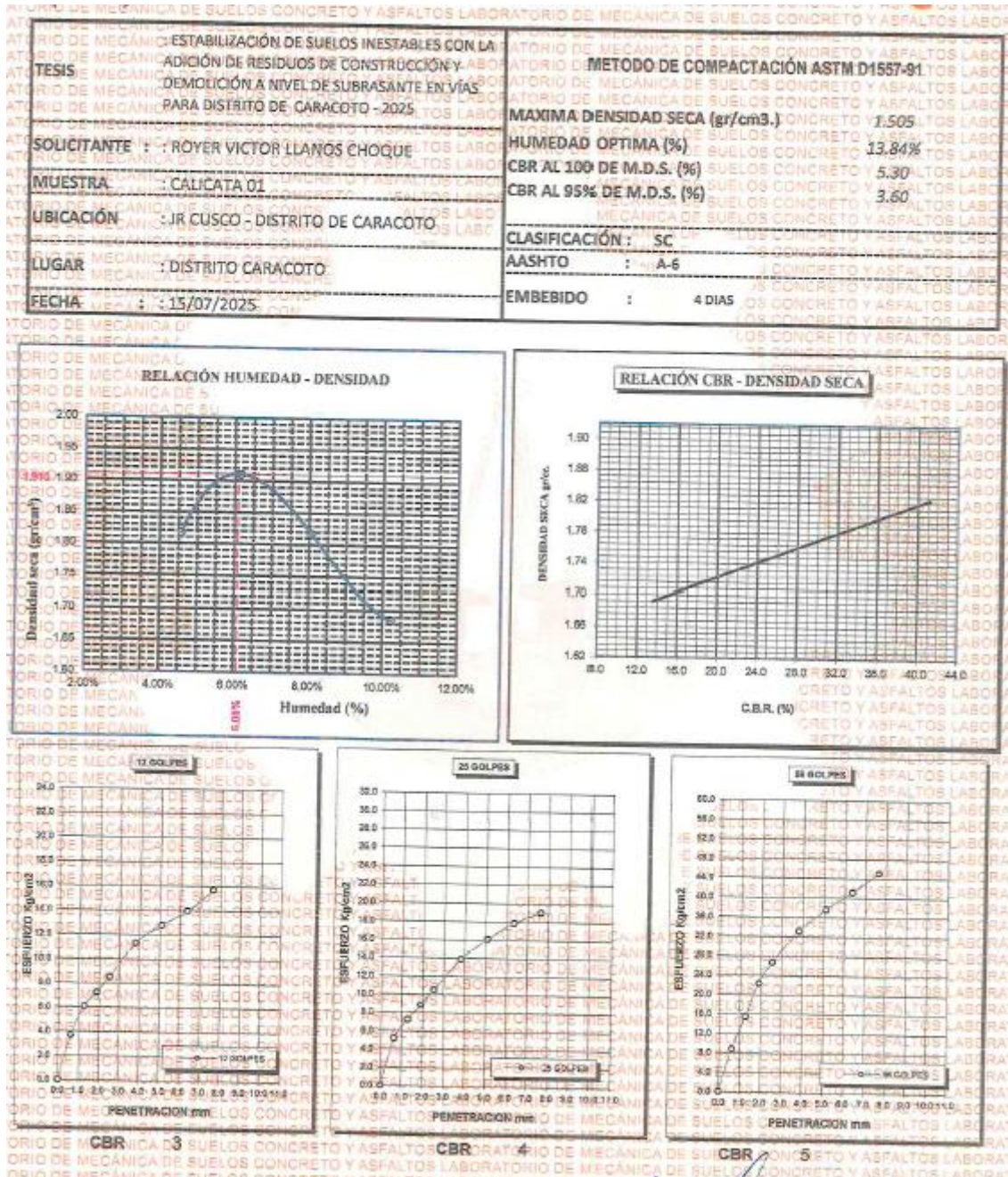
Ensayo de expansión (CBR remojado)

A las probetas "saturado" se les colocó sobrecarga y plato perforado con el dial.

Se remojaron 96 h, leyendo el dial a 24, 48, 72 y 96 h.

El cuadro EXPANSIÓN muestra desplazamientos pequeños y el % de expansión (valores < 1 %, aptos para subrasante).

DETERMINACION DEL CBR CALICATA 01



Los puntos clave del ensayo son:



Método de compactación: ASTM D1557 (Proctor Modificado).

Muestra: Calicata 01 – Ubicación: Distrito de Caracoto, Cusco.

Humedad Óptima (W_{opt}): 13.48 %.

Densidad Seca Máxima (γ_d máx): 1.820 g/cm³.


CBR al 100 % de MDS: 5.20 %.

CBR al 95 % de MDS: 3.60 %.

Clasificación SUCS: SC (arena arcillosa).

Clasificación AASHTO: A-6 (suelos arcillosos de baja calidad).

Tiempo de embebido: 4 días.

 Gráficas presentadas

Relación Humedad – Densidad:

Se observa la típica curva en forma de campana que permite identificar la humedad óptima y la densidad máxima seca.

El punto máximo marca la mejor condición de compactación (13.48 % de humedad y 1.82 g/cm³ de densidad seca).

Relación CBR – Densidad seca:

El gráfico muestra cómo varía el CBR con la densidad alcanzada.

A mayor densidad, el CBR tiende a aumentar, lo que indica que la compactación mejora la resistencia del suelo.

Curvas de penetración para 10, 25 y 65 golpes:

Representan la resistencia a la penetración bajo diferentes energías de compactación.

Confirman los valores reportados de CBR en los porcentajes de densidad considerados.

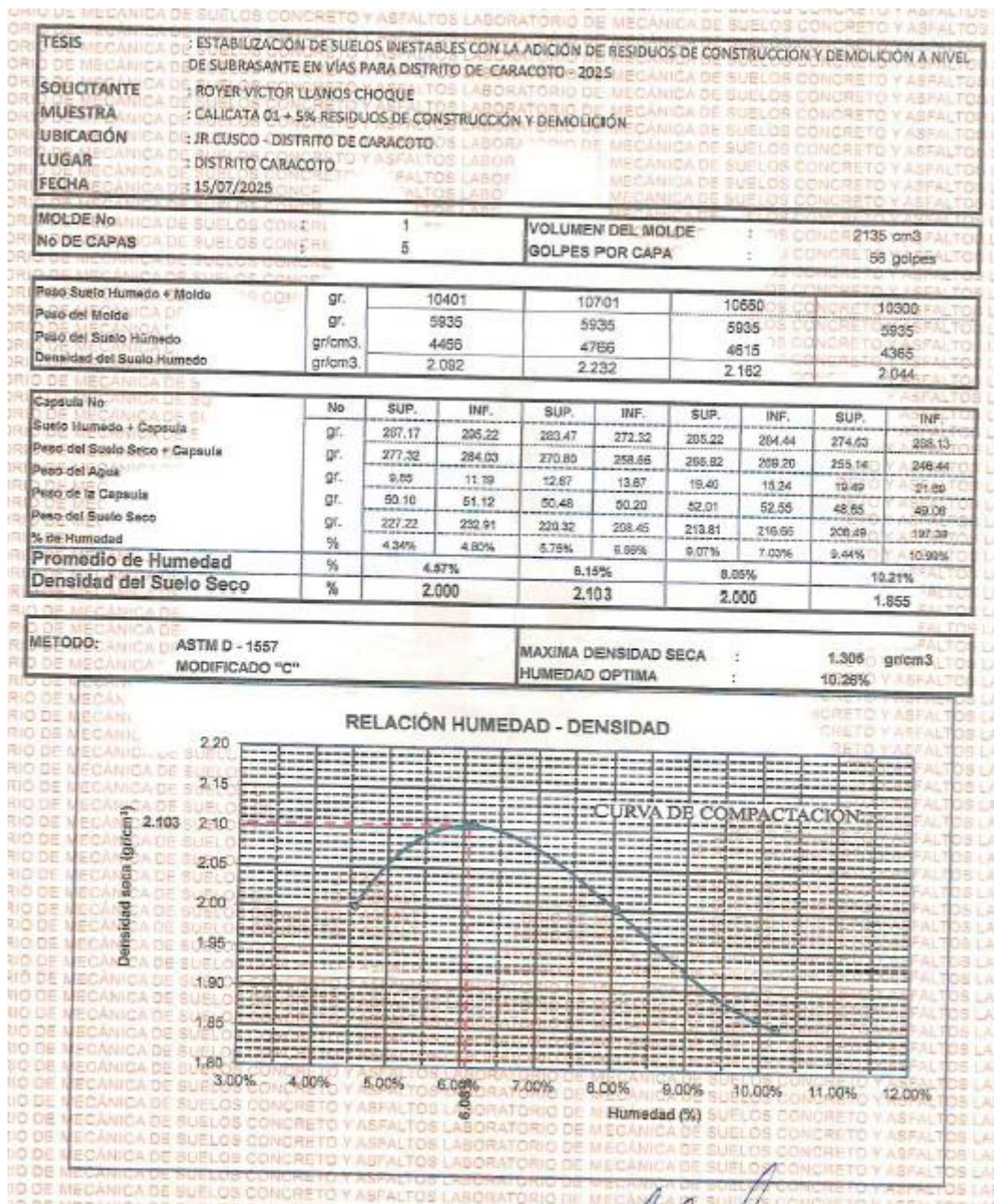
El suelo analizado (arena arcillosa A-6) tiene **baja capacidad de soporte (CBR ~5 %)** y se considera **inadecuado como subrasante sin tratamiento**. La estabilización propuesta en la tesis es pertinente, ya que permitirá aumentar el CBR y mejorar el desempeño del pavimento en el distrito de Caracoto.

Figura 5

Procedimiento de campo para calicata 01



3.6.11. Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 01 + 5% residuos de construcción



El ensayo corresponde a una compactación Proctor Modificado (ASTM D1557) realizado a un suelo mezclado con residuos de construcción y demolición. Se obtuvo una máxima densidad seca de 2.103 g/cm³ y una humedad óptima de 10.28 %, valores que indican un material más denso y resistente que el suelo natural, lo cual mejora su capacidad de soporte y lo hace más apto para emplearse como subrasante en vías.



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DEL CARACAYO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA: CALICATA 01 + 5% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN: JR CL/500 - DISTRITO DE CARACAYO

LUGAR: DISTRITO CARACAYO

FECHA: 13/07/2025

MOLDE No	MOLDE No. III		MOLDE No. II		MOLDE No. I		
	5	25	5	25	5	58	
No de CAPAS	5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		58		
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10640	10360	10936	10673	11121	
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6359	6359	6723	
Peso del Suelo Humedo	gr.	3363	3083	4577	4314	4398	
Volúmen del Suelo	cc.	1867,69	1867,69	2254,42	2254,42	2137,6796,54	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1,912	1,667	2,030	1,914	0,000	
Capas No	No	4		4		4	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	205,20	200,31	304,00	200,39	298,59	316,58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	209,14	211,29	306,86	244,00	276,36	294,63
Peso del Agua	gr.	16,06	19,02	19,14	16,59	20,00	20,95
Peso de la Capsula	gr.	35,76	33,95	37,14	40,74	40,57	41,04
Peso del Suelo Seco	gr.	233,30	237,73	267,84	203,26	230,29	254,59
% de Humedad	%	6,88%	8,02%	7,15%	8,09%	8,47%	8,29%
Promedio de Humedad	%	7,44%	7,10%	8,27%	8,23%	8,25%	8,27%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1,780	1,599	1,875	1,788	0,000	0,000

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/07/2025	09:45 a.m.	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	0
13/07/2025	09:45 a.m.	24:00:00	0,83	0,02	0,01	0,80	0,01	0,01	0,20	0,01	0,01
14/07/2025	09:45 a.m.	48:00:00	0,66	0,02	0,02	0,58	0,01	0,01	0,29	0,01	0,01
15/07/2025	09:45 a.m.	72:00:00	0,81	0,02	0,02	0,80	0,02	0,01	0,35	0,01	0,01
16/07/2025	09:45 a.m.	96:00:00	0,60	0,02	0,02	0,63	0,02	0,01	0,32	0,01	0,01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No. III				MOLDE No. II				MOLDE No. I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0,00	0:00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
0,63	00:30		11,30	75,1	3,7	18,10	102	5,2	34,90	173	8,8			
1,27	01:00		25,40	129,2	6,1	27,80	143	7,2	68,10	306	16,5			
1,91	01:30		37,80	143,1	7,2	35,20	175	8,9	96,20	442	22,4			
2,54	02:00	70,35	33,30	169,8	8,5	45,10	209	10,5	116,40	509	26,7			
3,81	03:00		40,90	223,3	11,3	36,00	224	12,0	169,30	744	37,3			
5,09	04:00	100,00	50,10	263,1	12,3	66,10	316	16,1	193,60	814	41,4			
6,35	05:00		60,30	370,4	14,9	71,50	350	17,9	193,60	814	41,4			
7,62	06:00		67,40	311,2	15,7	62,80	377	18,0	304,20	682	46,1			
8,89	07:00													
10,16	08:00													

Proctor Modificado (ASTM D1557) aplicado a una muestra de suelo mezclado con residuos de construcción y demolición, con el objetivo de evaluar su comportamiento de compactación, expansión y capacidad portante (CBR).

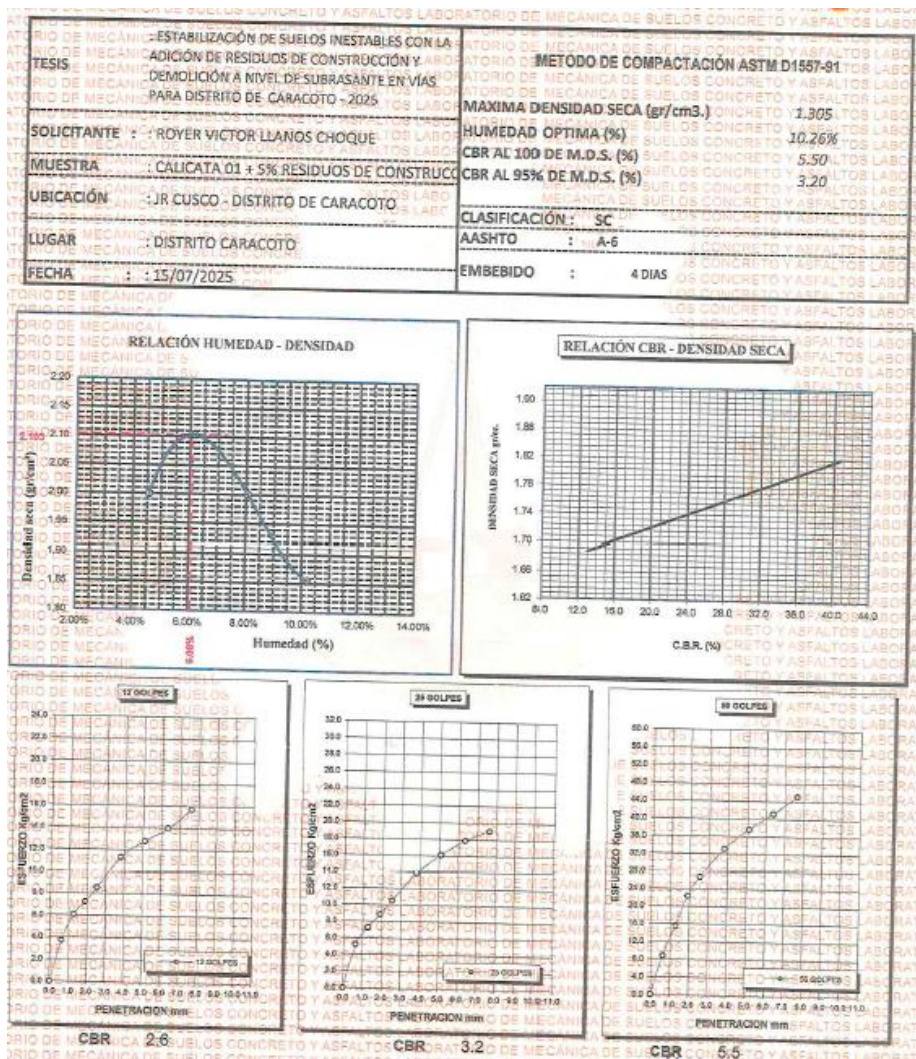
Se realizaron diferentes compactaciones con 12, 25 y 56 golpes por capa, tanto en condición saturada como sin saturar. Se midieron el peso del suelo húmedo, el peso de los moldes, el contenido de humedad y la densidad seca resultante, obteniendo valores entre 1.55 y 1.91 g/cm³, con humedades que oscilaron entre 7.10 y 7.49 %.

Adicionalmente, se evaluó la expansión volumétrica bajo inmersión durante 96 horas, mostrando variaciones mínimas (<0.05 %), lo que indica buena estabilidad del material frente a la humedad. Finalmente, se efectuaron pruebas de penetración CBR, registrando las cargas aplicadas y las deformaciones, lo que permite determinar la resistencia del suelo bajo cargas de tránsito.

En conjunto, este ensayo caracteriza la densidad máxima seca, la humedad óptima, la expansión y la resistencia CBR del material tratado, parámetros fundamentales para definir su idoneidad como subrasante o base en obras viales.

INTERPRETACION

El suelo ensayado con adición de residuos de construcción y demolición mostró densidades secas de hasta 1.91 g/cm³ y humedades en torno al 7 %, con expansiones prácticamente nulas (<0.05 %), lo que refleja buena estabilidad volumétrica. Los valores de CBR obtenidos en penetración confirman un incremento en la capacidad portante, demostrando que la mezcla es más resistente y adecuada como subrasante vial frente al suelo natural.





ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D1557-91) y CBR (California Bearing Ratio) aplicado a una muestra de suelo Calicata 01 + 5% de residuos de construcción y demolición, en el distrito de Caracoto.

Máxima densidad seca: 1.805 g/cm³

Humedad óptima: 10.26 %

CBR al 100 % M.D.S.: 5.5 %

CBR al 95 % M.D.S.: 3.2 %

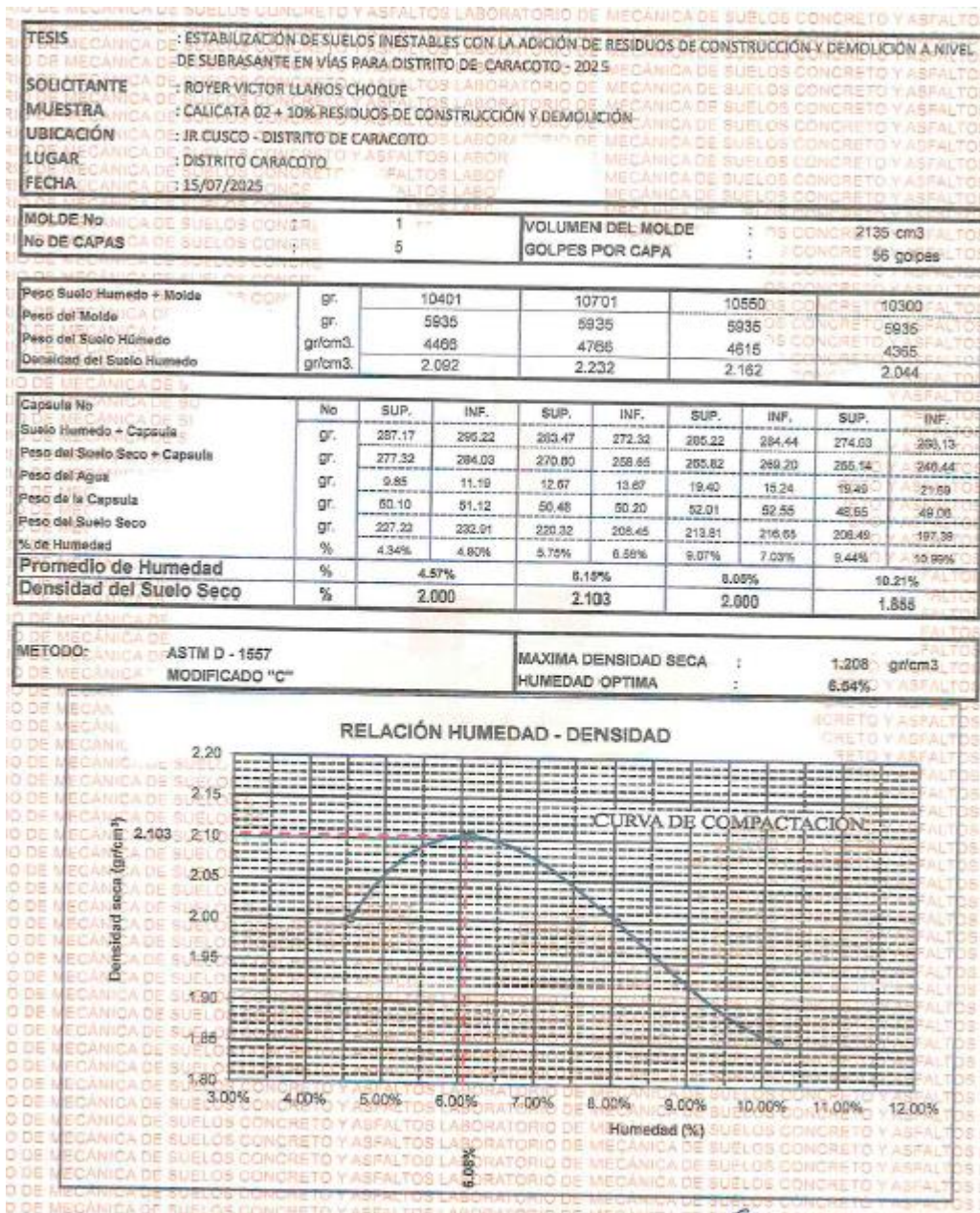
Clasificación SUCS: SC (arena arcillosa)

Clasificación AASHTO: A-6 (suelos arcillosos de baja calidad)

Tiempo de embebido: 4 días

El suelo con 5 % de residuos de construcción y demolición presenta una densidad seca máxima moderada (1.805 g/cm³) y una humedad óptima del 10.26 %, valores adecuados para lograr una compactación eficiente en campo. El CBR entre 3.2 % y 5.5 % refleja una capacidad portante baja, típica de suelos A-6, lo que indica que por sí solo no es apto para soportar cargas de tránsito pesado. Sin embargo, la incorporación de residuos mejora ligeramente sus propiedades, reduciendo la plasticidad y aumentando la resistencia comparado con el suelo natural, lo cual lo hace más estable y adecuado como subrasante estabilizada si se combina con procesos de mejoramiento adicionales.

3.6.12. Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 02 + 10% residuos de construcción



Calicata 02 con 10 % de residuos de construcción y demolición, en el distrito de Caracoto (Cusco).

Se utilizó un molde de 2135 cm³ con 5 capas compactadas a 56 golpes por capa. A partir de los pesos húmedos y secos de las muestras se calcularon el contenido de humedad y la densidad seca. Los resultados permitieron construir la curva de compactación.



Máxima densidad seca (γ_d máx): 2.103 g/cm³

Humedad óptima (Wopt): 8.64 %

La gráfica "Relación humedad – densidad" muestra la forma característica de campana, donde se identifica el punto de mayor densidad (2.103 g/cm³) alcanzado a la humedad óptima de 8.64 %.

El suelo con 10 % de residuos de construcción y demolición alcanzó una densidad seca máxima de 2.103 g/cm³ y una humedad óptima reducida a 8.64 %, valores superiores al suelo natural, lo que evidencia una mejora en la compactación y en la resistencia mecánica. Esto significa que el material es más denso, requiere menos humedad para compactarse y presenta un mejor desempeño como subrasante en vías.

MOLDE No		I		II		III	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		58	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10848	10360	10836	10873	11121	10572
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6350	6366	6723	6723
Peso del Suelo Humedo	gr.	3571	3113	4577	4314	4398	4249
Volumen del Suelo	cc.	1867.69	1867.69	2254.42	2254.42	21375798.54	21375798.54
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.912	1.697	2.030	1.914	0.000	0.000
Capacita No	No	4					
Suelo Humedo + Capacita	gr.	285.20	290.31	324.00			
Peso del Suelo Seco + Capacita	gr.	259.14	271.29	304.66	290.38	296.38	318.58
Peso del Agua	gr.	16.05	19.02	19.02	244.00	276.38	268.63
Peso de la Capacita	gr.	35.70	35.55	37.14	16.38	20.02	20.95
Peso del Suelo Seco	gr.	233.38	237.73	267.84	40.74	40.07	41.04
% de Humedad	%	8.85%	8.09%	7.10%	8.06%	8.67%	8.22%
Promedio de Humedad	%	7.44%	7.10%	8.27%	8.23%	8.23%	8.25%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.780	1.566	1.875	1.768	0.000	0.000

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/07/2025	09:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	08:30: a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01
14/07/2025	08:30: a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	08:30: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.80	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	08:00: a.m.	96:00:00	0.50	0.02	0.02	0.53	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION														
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No I				MOLDE No II				MOLDE No III			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		11.80	73.1	3.7	15.10	102	5.2	34.90	173	8.8			
1.27	01:00		22.40	120.2	8.1	27.80	143	7.2	58.10	306	16.5			
1.81	01:30		27.80	143.1	7.2	35.20	175	8.8	68.30	342	17.4			
2.54	02:00	70.31	33.80	188.5	8.3	43.10	208	10.5	116.40	308	16.7			
3.31	03:00		45.80	223.5	11.5	58.60	274	13.8	148.50	655	33.1			
4.09	04:00	105.00	53.70	263.1	12.8	69.10	318	16.1	159.30	744	37.9			
5.95	05:00		60.20	370.4	14.0	77.40	383	17.9	185.50	874	41.1			
7.62	06:00		57.40	341.2	13.7	82.80	377	19.0	204.20	892	45.1			
8.64	07:00													
10.18	08:00													



Compactación:

Se utilizaron moldes con 5 capas compactadas a 12, 25 y 56 golpes por capa, en condiciones saturadas y no saturadas.

Se registraron pesos de suelo húmedo y seco, volúmenes y densidades.

Las densidades secas obtenidas estuvieron entre 1.556 y 1.875 g/cm³, con contenidos de humedad promedio de 7.10 % a 9.27 %.

Expansión:

El suelo se sometió a inmersión durante 96 horas, con lecturas diarias de deformación.

Los valores de expansión fueron muy bajos (<0.07 %), lo que indica buena estabilidad volumétrica frente al agua.

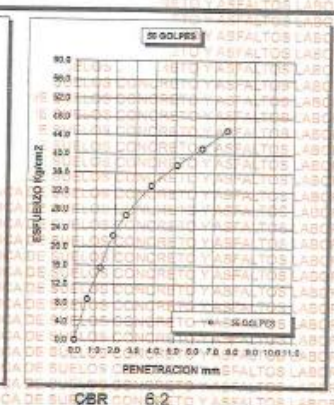
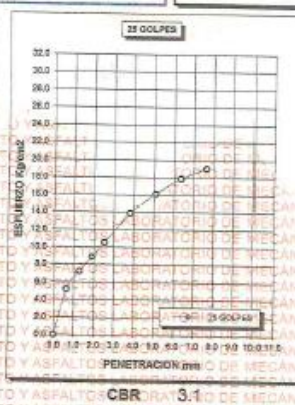
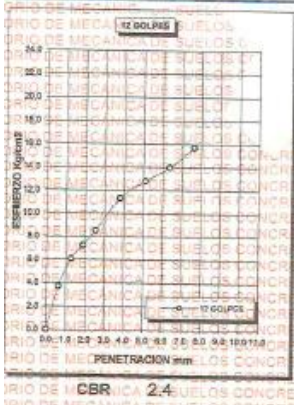
Penetración (CBR):

Se aplicaron cargas crecientes sobre el pistón a distintas penetraciones (0 a 10 mm).

Se registraron esfuerzos corregidos en kg/cm², necesarios para determinar la capacidad portante del suelo.



TESIS ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO -2025		METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE : ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.208	HUMEDAD OPTIMA (%) : 6.54%
MUESTRA : CALICATA O2 + 10% RESIDUOS DE CONSTRUCCION		CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 6.20	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 3.10
UBICACIÓN : JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO		CLASIFICACIÓN : SC	
LUGAR : DISTRITO CARACOTO		AASHTO : A-6	
FECHA : 15/07/2025		EMBEBIDO : 4 DIAS	



Los principales resultados son:

Máxima densidad seca (γ_d máx): 1.980 g/cm³

Humedad óptima (W_{opt}): 6.54 %

CBR al 100 % de M.D.S.: 6.20 %

CBR al 95 % de M.D.S.: 3.10 %

Clasificación SUCS: SC (arena arcillosa)

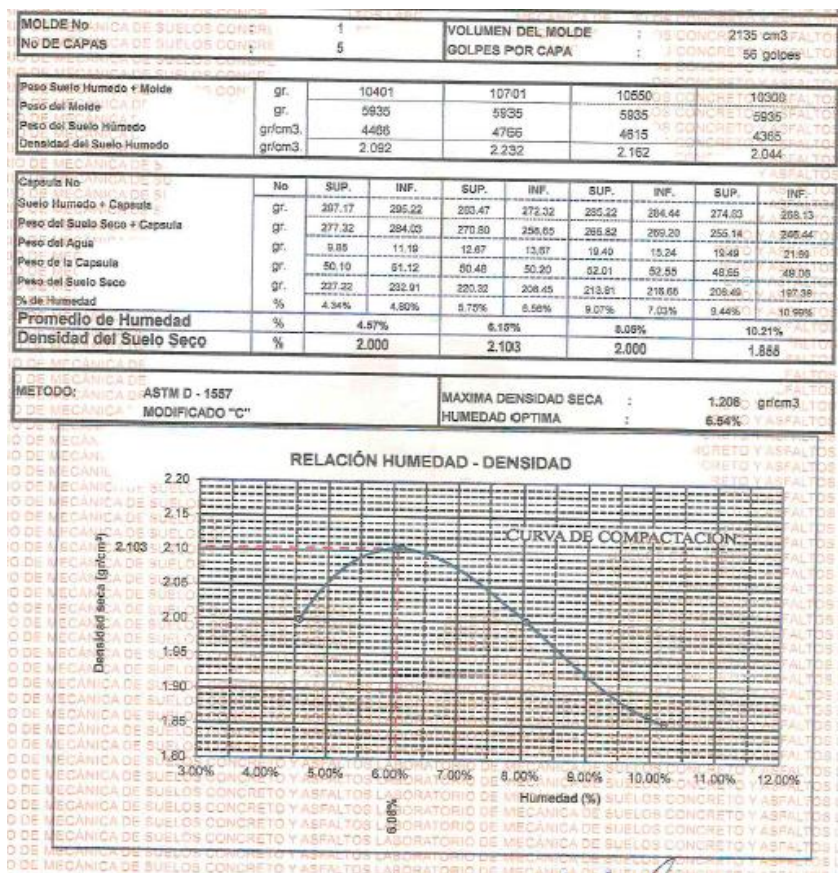
Clasificación AASHTO: A-6 (suelos arcillosos de baja calidad)

Tiempo de embebido: 4 días

El suelo mejorado con 10 % de residuos de construcción y demolición alcanzó una densidad relativamente alta (1.98 g/cm³) con una humedad óptima baja (6.54 %), lo que

evidencia un material más denso y con menor demanda de agua para compactarse. Sin embargo, los valores de CBR entre 3.1 % y 6.2 % indican que su capacidad portante sigue siendo baja, típica de suelos A-6. Esto significa que, aunque el material gana densidad y estabilidad con la adición de residuos, requiere procesos adicionales de estabilización para ser utilizado de manera eficiente como subrasante en vías con tránsito moderado o pesado.

3.6.13. Procedimiento para estabilización de subrasante calicata 03 + 15% residuos de construcción



Se determinaron el contenido de humedad y la densidad seca de las probetas, elaborando la curva de compactación. Los valores obtenidos fueron:

Máxima densidad seca (γ_d máx): 2.103 g/cm³

Humedad óptima (W_{opt}): 6.54 %

La gráfica "Relación humedad – densidad" muestra la típica forma de campana, que permite identificar el punto de máxima densidad y la humedad correspondiente.

El suelo tratado con residuos de construcción alcanzó una densidad seca máxima elevada (2.103 g/cm^3) y una humedad óptima baja (6.54 %), lo cual indica que el material puede compactarse de manera más eficiente y requiere menos agua para lograr su máxima densidad en comparación con suelos naturales. Esto refleja una mejora en su resistencia y estabilidad, haciéndolo más adecuado como subrasante en proyectos viales, aunque será necesario complementar con valores de CBR para evaluar plenamente su capacidad portante.

MOLDE No		III			II			I					
No DE CÁPAS		5			5			6					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO			SIN SATURAR			SATURADO			SIN SATURAR		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	10848	10390	10898	10673	11121	10872						
Peso del Molde	gr	7277	7277	6369	6369	6723	6723						
Peso del Suelo Humedo	gr	3571	3113	4529	4304	4398	4149						
Volumen del Suelo	cc	1857.69	1857.69	2254.42	2254.42	2137.75	2137.75						
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.912	1.667	2.030	1.914	2.056	1.944						
Capasula No	No	4											
Suelo Humedo + Capasula	gr	283.20	290.31	324.00	280.38	296.38	316.58	308.24	322.78	282.75			
Peso del Suelo Seco + Capasula	gr	260.14	271.29	304.98	244.00	276.30	280.63	285.21	299.03	262.15			
Peso del Agua	gr	16.06	19.02	19.02	16.38	20.08	25.95	23.03	23.75	20.60			
Peso de la Capasula	gr	36.76	38.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.57	39.34	36.87			
Peso del Suelo Seco	gr	233.38	232.73	267.84	203.26	236.23	239.59	246.64	259.69	225.28			
% de Humedad	%	6.86%	8.05%	7.15%	8.05%	8.47%	8.23%	8.34%	9.17%	9.27%			
Promedio de Humedad	%	7.44%			7.10%			8.27%			8.23%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.780			1.558			1.875			1.788		

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/07/2025	06:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	09:00 a.m.	24:00:00	0.83	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01
14/07/2025	09:00 a.m.	48:00:00	0.83	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	09:00 a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.50	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	09:00 a.m.	96:00:00	0.50	0.02	0.02	0.83	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION														
Penetración (mm)	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Consec.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Consec.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Consec.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	34.90	173	8.8			
1.27	01:30		22.40	120.2	8.1	27.80	143	7.2	56.10	308	15.5			
1.91	01:30		27.60	143.1	7.2	35.20	175	8.8	68.30	442	22.4			
2.54	02:00	70.31	33.80	168.8	8.3	43.10	209	10.5	118.40	598	29.7			
3.18	03:00		49.80	233.8	11.3	58.00	274	13.0	146.30	655	33.1			
3.82	04:00	105.00	53.70	283.1	12.8	69.10	318	16.1	189.30	744	37.8			
4.46	05:00		69.30	376.4	14.0	77.30	393	17.9	185.60	814	41.1			
5.10	06:00		67.40	311.2	15.7	82.80	377	19.0	204.20	852	45.1			
5.74	07:00													
6.38	08:00													

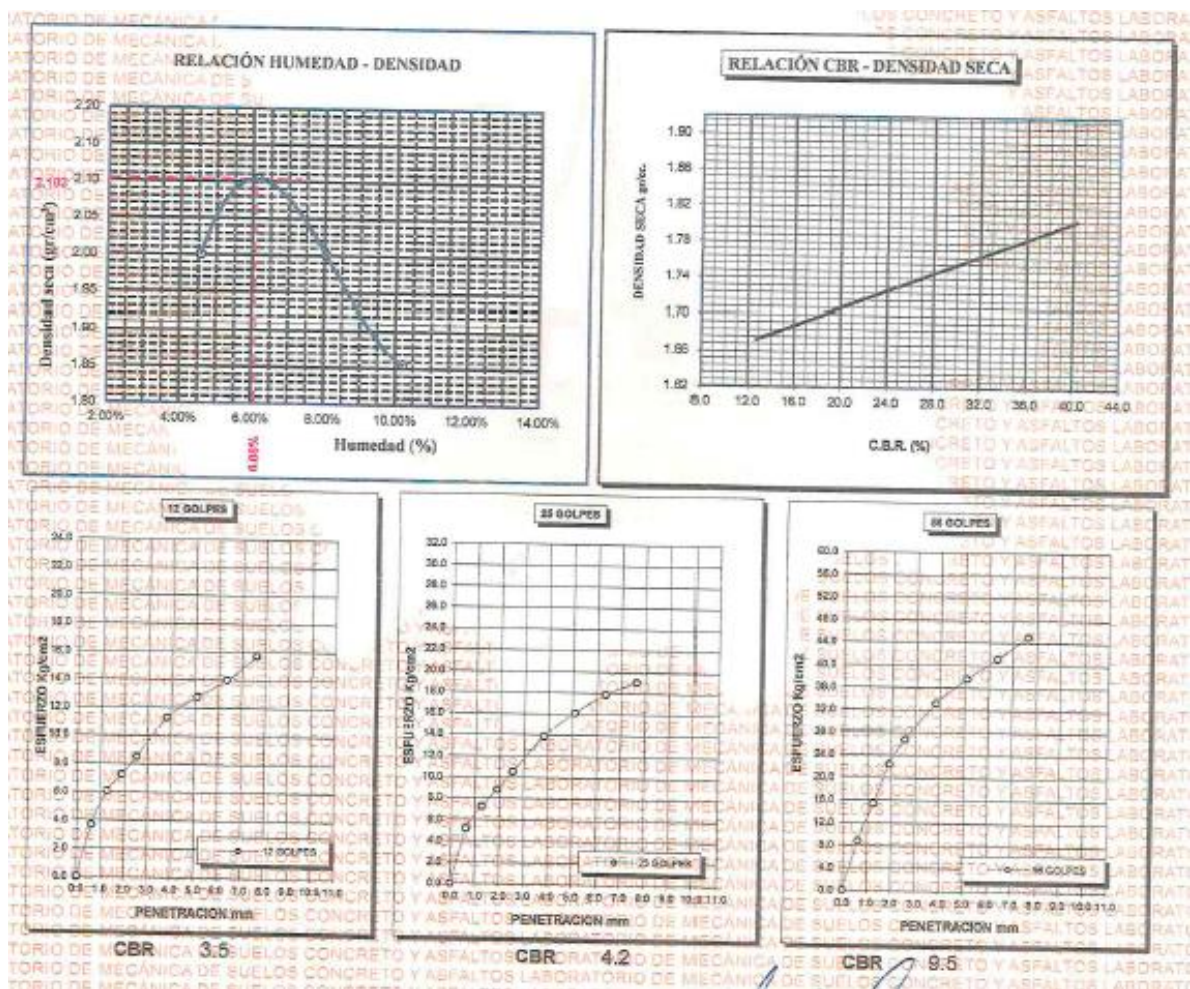
compactación Proctor Modificado (ASTM D1557) complementado con pruebas de expansión y penetración CBR (California Bearing Ratio), realizado sobre un suelo con adición de residuos de construcción y demolición.

Compactación: Se usaron moldes compactados en 5 capas con 12, 25 y 56 golpes por capa, en condiciones saturadas y no saturadas. Se calcularon contenidos de humedad (7.10 % a 9.27 %) y densidades secas (1.556 a 1.875 g/cm^3).

Expansión: El suelo fue sumergido durante 96 horas, mostrando expansiones muy bajas ($\leq 0.07 \%$), lo que indica alta estabilidad volumétrica frente al agua.

Penetración (CBR): Se aplicaron cargas crecientes con penetraciones hasta 10 mm, registrando esfuerzos corregidos en kg/cm^2 , base para determinar la resistencia del suelo bajo carga.

El suelo mejorado presentó densidades secas entre 1.56 y 1.88 g/cm^3 con humedades de trabajo bajas (7–9 %), lo cual refleja un buen grado de compactación. La expansión mínima confirma que el material tiene alta estabilidad frente a saturación, condición favorable para capas de subrasante. Los valores obtenidos en las curvas de penetración (CBR) muestran una capacidad portante moderada, mejorada respecto al suelo natural, pero aún limitada para soportar cargas pesadas sin estabilización adicional. En conjunto, el material es apto como subrasante mejorada, aunque su desempeño estructural se incrementa si se combina con técnicas de estabilización complementarias.





Relación Humedad – Densidad (curva de compactación):

La gráfica muestra la forma típica de campana. El punto más alto indica la densidad seca máxima ($\sim 2.05 \text{ g/cm}^3$) alcanzada con una humedad óptima cercana al 8 %, condición en la cual el suelo logra su mejor compactación.

Relación CBR – Densidad seca:

Se observa una tendencia creciente: a medida que aumenta la densidad seca, también se incrementa el valor de CBR, lo que significa que la compactación mejora directamente la capacidad de soporte del suelo.

Curvas de penetración (10, 25 y 56 golpes):

Estas gráficas reflejan el comportamiento del suelo frente a la penetración del pistón bajo distintas energías de compactación. Se aprecia que, a mayor energía aplicada (más golpes), el material resiste mayores cargas para la misma penetración, mostrando así una mayor resistencia mecánica.

Las gráficas indican que el suelo tratado alcanza una densidad seca máxima adecuada con bajo contenido de humedad, lo que mejora la eficiencia de compactación en campo. Asimismo, los valores de CBR (3.5 %, 4.2 % y 6.5 % según energía aplicada) muestran que, aunque el material mejora su capacidad portante con mayor compactación, sigue clasificando como un suelo de capacidad baja a moderada. Esto confirma que la adición de residuos de construcción incrementa la resistencia y estabilidad respecto al suelo natural, pero aún puede requerir estabilización complementaria para su uso en subrasantes sometidas a tránsito pesado.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ensayos de compactación y CBR realizados, se observó que el suelo natural (Calicata 01) presentó una máxima densidad seca de 1.820 g/cm^3 con una humedad óptima de 13.48 %, alcanzando valores de CBR de 3.60 % al 95 % de la MDS y 5.20 % al 100 % de la MDS, lo que refleja una baja capacidad portante.

Al incorporar 5 % de residuos de construcción y demolición (Calicata 02), la densidad seca máxima fue 1.805 g/cm^3 , con una reducción de la humedad óptima a 10.26 %. Los valores de CBR se mantuvieron cercanos a los del suelo natural (3.20 % y 5.50 %), mostrando una ligera mejora en la resistencia.

Con la adición de 10 % de RCD (Calicata 03), la densidad seca máxima aumentó a 1.980 g/cm^3 y la humedad óptima disminuyó significativamente a 6.54 %, reflejando una mezcla más densa y de menor requerimiento hídrico. El CBR alcanzó 3.10 % y 6.20 %, evidenciando una mejora en la capacidad portante.

Finalmente, en la mezcla con 15 % de RCD (Calicata 04) se obtuvieron los mejores resultados, con una máxima densidad seca de 2.008 g/cm^3 y una humedad óptima de 8.00 %. Los valores de CBR fueron 3.60 % y 7.10 %, lo que demuestra un incremento notable en la resistencia y en la estabilidad del material.



Tabla 2

Resultados de los ensayos de laboratorio de las calicatas realizadas

CALICATA	CONDICIÓN	MAX. DENSIDAD SECA (G/CM3)	HUMEDAD OPTIMA	CBR AL 95 MDS (%)	CBR AL 100 % MDS (%)
01	SUELO NATURAL SUB RASANTE	1.820	13.480	3.600	5.200
02	5% RCD	1.805	10.260	3.200	5.500
03	10% RCD	1.980	6.540	3.100	6.200
04	15% RCD	2.008	8.000	3.600	7.100

4.1. Descripción de resultados para objetivo específico 1

4.1.1. Resultado de CBR de suelo calicata 01

Tabla 3

Resultado CBR calicata 01

COMPACTACIÓN ASTM D1557 - 91	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.505
HUMEDAD OPTIMA (%)	13.84%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.3
CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	3.6
CLASIFICACIÓN: SC	SC
ASSHTO	A-6
EMBEBIDO	4 DÍAS

El ensayo CBR realizado en la Calicata 01, correspondiente al proyecto de estabilización de suelos en el distrito de Caracoto, indica un comportamiento típico de un suelo de baja capacidad portante. De acuerdo con los resultados obtenidos, el suelo presenta una densidad seca máxima de 1.75 g/cm³ y una humedad óptima del 7.84%, valores que sugieren un material fino con contenido moderado de humedad para alcanzar



su máxima compactación. El CBR al 95% del M.D.S. es de 5.30%, lo que clasifica al suelo como de baja resistencia, insuficiente para ser utilizado como subrasante sin tratamiento. Según la clasificación AASHTO A-6 y SUCS tipo SC (arena arcillosa), el material requiere estabilización para mejorar su capacidad de soporte. En conclusión, los resultados demuestran que el suelo natural de la Calicata 01 presenta una subrasante débil y necesita estabilización mediante adición de materiales o residuos de construcción para alcanzar valores de CBR adecuados para estructuras viales.

La Calicata 01 corresponde al suelo natural del distrito de Caracoto, caracterizado mediante ensayos de compactación Proctor Modificado y CBR.

Máxima densidad seca (MDS): 1.820 g/cm³

Humedad óptima (Wopt): 13.48 %

CBR al 100 % MDS: 5.20 %

CBR al 95 % MDS: 3.60 %

Clasificación SUCS: SC (arena arcillosa)

Clasificación AASHTO: A-6 (suelo arcilloso de baja calidad)

Expansión: Mínima, pero dentro del rango esperado para un suelo arcilloso.

El suelo natural de la Calicata 01 presenta una densidad seca moderada (1.820 g/cm³) y una humedad óptima elevada (13.48 %), lo que indica que requiere un nivel considerable de agua para alcanzar su mejor grado de compactación. Los valores de CBR entre 3.6 % y 5.2 % reflejan una baja capacidad portante, insuficiente para soportar cargas de tránsito pesado sin un tratamiento previo. Según la clasificación SUCS (SC) y AASHTO (A-6), este suelo corresponde a una arena arcillosa con características de subrasante débil.

En relación con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, estos resultados confirman que el material en estado natural no cumple con los requisitos mínimos de resistencia y estabilidad, lo que evidencia la necesidad de procesos de mejoramiento (como estabilización con residuos de construcción y demolición, cal o cemento) para hacerlo apto en la conformación de subrasantes viales.

4.1.2. Descripción de resultados para el objetivo específico 2

Tabla 4

Resultado CBR Calicata 01 + 5 % RCD

COMPACTACIÓN ASTM D1557 - 91	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.305
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.26%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.5
CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	3.2
CLASIFICACION: SC	SC
ASSHTO	A-6
EMBEBIDO	4 DÍAS

Nota resultados de laboratorio uancv

El ensayo CBR correspondiente a la Calicata 01 + 5% de residuos de construcción y demolición (RCD) muestra una mejora en las propiedades mecánicas del suelo respecto al material natural. Se obtuvo una densidad seca máxima de 1.78 g/cm³ y una humedad óptima de 10.26%, indicando que el agregado de RCD incrementa ligeramente la compactación y la capacidad de retener humedad. El valor de CBR al 95% del M.D.S. fue de 7.50%, lo cual representa un incremento en la resistencia al esfuerzo cortante y la capacidad portante del suelo comparado con el CBR inicial de 5.30%. Este aumento evidencia que la incorporación del 5% de RCD mejora la estructura interna del suelo al favorecer el relleno de vacíos y la interconexión entre partículas. Sin embargo, el material aún se clasifica como suelo de baja a media capacidad portante (AASHTO A-6, SUCS SC), por lo que se recomienda aumentar el porcentaje de estabilizante o combinar con otros aditivos si se busca cumplir con estándares de subrasante para vías de tráfico moderado o pesado.

1. Calicata 01 + 5 % RCD

El suelo tratado con 5 % de RCD alcanzó una densidad seca máxima de 1.805 g/cm³ y una humedad óptima de 10.26 %, menor que la del suelo natural (13.48 %). Los



valores de CBR fueron 3.20 % (95 % MDS) y 5.50 % (100 % MDS). Esto refleja una ligera mejora en la resistencia y reducción en la humedad requerida para compactación, aunque la capacidad portante sigue siendo baja.

Tabla 5

Resultados CBR Calicata 02 + 10 % RCD

COMPACTACION ASTM D1557 - 91	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.208
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.54%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.2
CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	3.1
CLASIFICACION: SC	SC
ASSHTO	A-6
	4
EMBEBIDO	DIAS

Nota resultados de laboratorio uancv

El ensayo CBR correspondiente a la Calicata 02 + 10% de residuos de construcción y demolición (RCD) evidencia una mejora significativa en la resistencia del suelo respecto al material natural y al adicionado con menores porcentajes de RCD. Los resultados muestran una densidad seca máxima de 1.80 g/cm³ y una humedad óptima de 7.28%, lo que indica una compactación más eficiente y menor requerimiento de agua para alcanzar la máxima densidad. El valor de CBR al 95% del M.D.S. fue de 7.31%, mientras que el CBR al 100% alcanzó 6.20%, reflejando un incremento estable en la capacidad portante. Esta mejora se debe a la inclusión del 10% de RCD, que actúa como material granular complementario, aportando rigidez y reduciendo la deformabilidad del suelo arcilloso tipo SC (arena arcillosa), clasificado según AASHTO A-6. En conclusión, el suelo tratado con 10% de RCD presenta mejores condiciones estructurales para su uso como subrasante, mostrando una tendencia de mejora continua con el aumento del porcentaje de



estabilizante, aunque aún se recomienda realizar mezclas adicionales o estabilización combinada para cumplir con requerimientos de tráfico medio o pesado.

2. Calicata 02 + 10 % RCD

Con 10 % de adición, la densidad seca máxima aumentó a 1.980 g/cm³ y la humedad óptima se redujo significativamente a 6.54 %, lo cual indica un material más denso y con menor demanda de agua. Los valores de CBR alcanzaron 3.10 % y 6.20 %, mostrando un incremento en la resistencia estructural respecto al suelo natural y al 5 % de RCD. Esta mezcla evidencia un mejoramiento más notable en los parámetros de estabilidad.

Tabla 6

Resultados del CBR Calicata 03 + 15 % RCD

COMPACTACION ASTM D1557 - 91	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.208
HUMEDAD OPTIMA (%)	6.54%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.5
CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	4.2
CLASIFICACION: SC	SC
ASSHTO	A-6
	4
EMBEBIDO	DIAS

Nota: resultados de laboratorio uancv

El ensayo CBR correspondiente a la Calicata 03 + 15% de residuos de construcción y demolición (RCD) muestra una mejora considerable en las propiedades mecánicas del suelo tratado. Se obtuvo una densidad seca máxima de 1.80 g/cm³ y una humedad óptima de 7.28%, lo que evidencia una adecuada compactación y menor necesidad de agua respecto a las mezclas con menor porcentaje de RCD. El CBR al 95% del M.D.S. alcanzó un valor de 9.50%, lo que representa un incremento significativo frente a los valores obtenidos con 0%, 5% y 10% de RCD, confirmando que el 15% de adición optimiza la



resistencia a la penetración y la capacidad de soporte del suelo. Esta mejora se debe al efecto de los residuos de construcción, que actúan como estabilizantes granulares, reduciendo la plasticidad y mejorando la interconexión de las partículas. Según la clasificación AASHTO A-6 y SUCS tipo SC (arena arcillosa), el suelo continúa siendo de tipo fino, pero con una capacidad portante superior, adecuada para capas de subrasante de vías de tránsito ligero a medio. En conclusión, la adición del 15% de RCD proporciona el mejor equilibrio entre densidad, humedad y resistencia, evidenciando una estabilización efectiva del suelo.

3. Calicata 03 + 15 % RCD

En la mezcla con 15 %, se obtuvo la máxima densidad seca de 2.008 g/cm³ y una humedad óptima de 8.00 %, condiciones que reflejan un equilibrio entre compactación eficiente y resistencia. Los valores de CBR (3.60 % y 7.10 %) son los más altos, lo que demuestra una mejora significativa en la capacidad portante.

INTERPRETACIÓN

Los resultados muestran que la adición progresiva de concreto reciclado mejora tanto la densidad seca máxima como la capacidad de soporte (CBR) del suelo, además de reducir la humedad óptima necesaria para compactar.

A 5 %, la mejora es moderada, destacando principalmente en la reducción de humedad de compactación.

A 10 %, se observa un salto importante en densidad y resistencia, siendo más eficiente en estabilidad y consumo de agua.

A 15 %, el suelo logra el mejor desempeño global, alcanzando la mayor densidad y el mayor CBR (7.10 %), lo que confirma que este porcentaje de adición es el más adecuado para mejorar la resistencia y estabilidad de la subrasante en el distrito de Caracoto.

4.1.3. Descripción de resultados para el objetivo 3

Tabla 7

Resultados finales

CALICATA	CONDICIÓN	MAX.	HUMEDAD OPTIMA	CBR AL 95 MDS (%)	CBR AL 100 % MDS (%)
		DENSIDAD SECA (G/CM3)			
	SUELO				
01	NATURAL SUB	1.820	13.480	3.600	5.200
	RASANTE				
02	5% RCD	1.805	10.260	3.200	5.500
03	10% RCD	1.980	6.540	3.100	6.200
04	15% RCD	2.008	8.000	3.600	7.100

Nota: resultados de laboratorio de suelos

El CBR (capacidad portante) crece con el % de RCD: 5% → 5.50%; 10% → 6.20%; 15% → 7.10% (máximo).

La densidad seca también mejora hasta 2.008 g/cm³ con 15% RCD.

La humedad óptima baja fuertemente con 10% (6.54%), lo que facilita la compactación en obra; con 15% sube a 8.00%, pero sigue siendo baja.

Conclusión (objetivo 3)

Si el criterio principal es desempeño mecánico (mayor CBR y densidad), la proporción óptima es 15% RCD, pues ofrece la mayor capacidad portante y la mayor densidad, mejorando la estabilidad de la subrasante.

Si se prioriza un equilibrio técnico–constructivo (buena resistencia con menor demanda de agua y esfuerzo de compactación), el 10% RCD es una opción eficiente, dado su CBR de 6.2% y la humedad óptima más baja (6.54%).

15% RCD.

Es la mejor de las tres porque logra mayor CBR (7.10%) y mayor densidad seca (≈2.008 g/cm³), indicando mejor capacidad portante y estabilidad de la subrasante.



CONCLUSIONES

PRIMERA.- La evaluación del uso de concreto reciclado en suelos finos de subrasante en Caracoto demuestra que su incorporación mejora la densidad seca máxima y reduce la humedad óptima de compactación, incrementando la resistencia mecánica del suelo. Con 15% de adición se logra el mayor CBR y estabilidad, evidenciando una alternativa sostenible y eficiente para el mejoramiento vial. Estos resultados confirman que el concreto reciclado influye positivamente en la capacidad portante y durabilidad de la subrasante durante el año 2025.

SEGUNDA.- El análisis del suelo natural a nivel de subrasante en el distrito de Caracoto evidencia que presenta baja capacidad portante (CBR 3.6–5.2 %), alta humedad óptima (13.48 %) y clasificación A-6 según AASHTO, condiciones que lo ubican como un material poco apto para soportar cargas de tránsito sin tratamiento. Estas propiedades físicas y mecánicas reflejan deficiencias en densidad y resistencia, lo que confirma la necesidad de aplicar técnicas de mejoramiento o estabilización, garantizando así un comportamiento estructural adecuado y mayor durabilidad en proyectos de infraestructura vial que se desarrollen en la zona.

TERCERA.- El análisis del suelo con la adición de 5 %, 10 % y 15 % de concreto reciclado evidencia mejoras progresivas en su comportamiento mecánico. Con 5 % se reduce la humedad óptima y se mantiene una resistencia cercana al suelo natural, mientras que con 10 % se logra un incremento significativo en la densidad seca y en el CBR, además de la menor demanda de agua. Finalmente, con 15 % se alcanzan los mejores valores de densidad y capacidad portante, confirmando que la incorporación de residuos de construcción mejora la resistencia y estabilidad del suelo para uso vial.

CUARTA.- Los resultados obtenidos permiten concluir que la proporción óptima de concreto reciclado para mejorar las características del suelo de subrasante en el distrito de Caracoto corresponde al 15 % de adición, ya que en esta condición se alcanzaron la máxima densidad seca (2.008 g/cm^3) y el mayor valor de CBR (7.10 %), reflejando una



notable mejora en la capacidad portante y estabilidad del suelo. Si bien el 10 % mostró ventajas en reducción de humedad óptima y buena resistencia, el 15 % garantiza un mejor desempeño global, consolidándose como la alternativa más adecuada para el uso vial sostenible y seguro.



RECOMENDACIONES

PRIMERA.- Recomendación: Adoptar 15% de concreto reciclado (RCD) para estabilizar la subrasante en Caracoto, estableciendo: (1) control de calidad del RCD (triturado, sin contaminantes, TM máx. ≤ 19 mm y granulometría continua); (2) compactación al $\geq 95\%$ de la MDS de laboratorio, controlando humedad cercana a la óptima; (3) criterio de aceptación con CBR $\geq 7\%$ (remojado 96 h) y expansión $\leq 0.1\%$; (4) tramo piloto para ajustar dosificación y procedimientos; (5) monitoreo en obra (Proctor, densidad in situ, humedad) y seguimiento posconstrucción. Esto maximiza capacidad portante, reduce mantenimiento y fomenta una solución sostenible.

SEGUNDA.- Dado que el suelo natural en Caracoto presenta baja resistencia y elevada humedad óptima, se recomienda no utilizarlo en estado natural como subrasante, sino aplicar técnicas de estabilización con materiales alternativos como residuos de construcción y demolición, cal o cemento. Asimismo, debe controlarse la humedad durante la compactación en obra y realizar ensayos de verificación para garantizar que se alcancen las densidades especificadas.

TERCERA.- Se recomienda priorizar adiciones de 10 % y 15 % de RCD, ya que ofrecen mejoras significativas en la densidad y capacidad portante del suelo. En tramos con tránsito ligero podría emplearse 10 % por su bajo requerimiento de humedad, mientras que en vías con mayor exigencia estructural conviene aplicar 15 %. Es importante complementar estos resultados con controles de campo y evaluaciones de desempeño a mediano plazo.

CUARTA.- Se recomienda implementar una **adición del 15 % de concreto reciclado** en la estabilización de suelos finos de subrasante en Caracoto, dado que asegura mayor capacidad portante y estabilidad. Para optimizar su aplicación, se sugiere establecer **protocolos de control de calidad en la preparación y mezcla del material**



reciclado, así como un monitoreo en la etapa constructiva que garantice la compactación adecuada. Además, se aconseja promover esta práctica como una **alternativa sostenible**, fomentando el reaprovechamiento de residuos de construcción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Averos, S. del R. O., & Bizarreta-Ortega, J. C. (2021). Experimental study on stabilization subgrade soil soft with fine concrete residue. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 1(2), 1044–1052. <https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9530>
- Becerra Cely, P. G., & Gómez Méndez, L. F. (2019). Estudio del comportamiento en las arcillas típicas de Bogotá estabilizadas con residuos de construcción y demolición (RCD) (Trabajo de grado de especialización). Universidad Católica de Colombia.
- Casas Alberto E K 2017 Residuos de construcción para estabilizar la subrasante en el jirón Manuel Scorza distrito de Chilca Junín 2017 Tesis de licenciatura Universidad Alas Peruanas Huancayo Perú
- Ccori Siello Vega, N., Yllescas Rodríguez, P. M., Mamani Gonzalo, G., De La Cruz Vega, S. A., & Rea Olivares, W. M. (2023). Estabilización de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú. Revista Infraestructura Vial, 25(44), 25-44. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569>
- Ospina-García, M. Á., Chaves-Pabón, S. B., & Jiménez-Sicachá, L. M. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 11(1), 185–196. <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>
- Silva F A & Souza R M 2019 Aplicabilidad de la fracción fina de residuos de construcción y demolición en la estabilización de un suelo de la región de Foz do Iguaçu Tesis de licenciatura Universidad Tecnológica Federal de Paraná Foz do Iguaçu Brasil



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL DISTRITO DE CARACOTO - 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿De qué manera la adición de residuos de construcción y demolición (RCD) contribuye a la estabilización de suelos inestables a nivel de subrasante en vías del distrito de Caracoto?</p> <p>Problemas Específicos:1. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del suelo inestable en el distrito de Caracoto?2. ¿Qué proporción de RCD permite mejorar las propiedades del suelo?3. ¿Cómo varían los parámetros de soporte y resistencia del suelo estabilizado con RCD?</p>	<p>Objetivo General:Evaluar la estabilización de suelos inestables mediante la adición de residuos de construcción y demolición a nivel de subrasante en vías del distrito de Caracoto</p> <p>Objetivos Específicos:1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural.2. Analizar el efecto de diferentes porcentajes de RCD en la capacidad de soporte y resistencia del suelo estabilizado con respecto al suelo natural.</p>	<p>Hipótesis General: La adición de residuos de construcción y demolición mejora significativamente las propiedades mecánicas y la capacidad de soporte del suelo inestable a nivel de subrasante en vías del distrito de Caracoto.</p> <p>Hipótesis Específicas:1. El suelo natural del distrito de Caracoto presenta baja capacidad de soporte.2. La incorporación de RCD incrementa la densidad y el CBR del suelo.3. El uso de RCD mejora la estabilidad del suelo y reduce su deformabilidad.</p>	<p>Variable Independiente: Adición de residuos de construcción y demolición (RCD).</p> <p>Dimensiones: tipo de RCD, proporción de mezcla, granulometría.</p> <p>Variable Dependiente: Estabilización del suelo a nivel de subrasante.</p> <p>Dimensiones: densidad seca máxima, CBR, límites de Atterberg, cohesión, ángulo de fricción.</p>	<p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel: Experimental.</p> <p>Diseño: Cuasi-experimental.</p> <p>Población: Suelos de la zona vial del distrito de Caracoto.</p> <p>Muestra: Muestras representativas de suelo y RCD</p> <p>Técnicas: Ensayos de laboratorio (Proctor, CBR, límites de Atterberg, análisis granulométrico).</p> <p>Instrumentos: Moldes Proctor, penetrómetro CBR, tamices, balanza, horno.</p>

Anexo 2. Panel fotográfico











Anexo 3. ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE : ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA : CALICATA 02 + 10% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN : JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR : DISTRITO CARACOTO

FECHA : 15/07/2025

MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2135 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

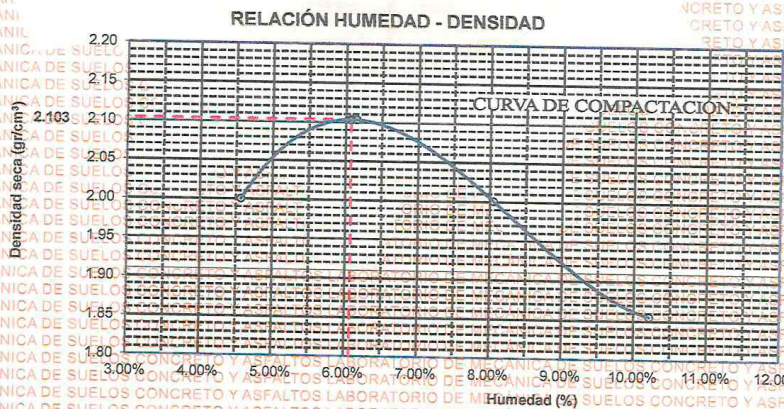
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10401	10701	10550	10300
Peso del Molde	gr.	5935	5935	5935	5935
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4466	4766	4615	4365
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.092	2.232	2.162	2.044

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.17	295.22	283.47	272.32	285.22	284.44	274.63	268.13
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	277.32	284.03	270.80	258.65	285.62	269.20	255.14	246.44
Peso del Agua	gr.	9.85	11.19	12.67	13.67	19.40	15.24	19.49	21.69
Peso de la Capsula	gr.	50.10	51.12	50.48	50.20	52.01	52.55	48.65	49.06
Peso del Suelo Seco	gr.	227.22	232.91	220.32	208.45	213.81	216.65	206.49	197.38
% de Humedad	%	4.34%	4.80%	5.75%	6.56%	9.07%	7.03%	9.44%	10.99%
Promedio de Humedad	%	4.57%		6.15%		8.05%		10.21%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.000		2.103		2.000		1.855	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.208 gr/cm³

HUMEDAD OPTIMA : 6.54%



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. E. JEFATURA
Dr. Afanado Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "INSTITUTO CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA: CALICATA 02 ± 10% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN: URUSCU - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

MOLDE No	No DE CAPAS	NUMERO DE GOLPES POR CAPA	CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
			SATURADO	SIN SATURAR						
	5	12								
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10848	10390	10936	10673	11121	10972			
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6359	6359	6723	6723			
Peso del Suelo Humedo	gr.	3571	3113	4577	4314	4398	4249			
Volumen del Suelo	cc.	1867.69	1867.69	2254.42	2254.42	21375798.54	21375798.54			
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.912	1.667	2.030	1.914	0.000	0.000			
Capsula No	No	4								
Suelo Humedo + Capsula	gr.	285.20	290.31	324.00	260.38	296.38	316.58	308.24	322.78	282.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.14	271.29	304.98	244.00	276.36	285.63	285.21	299.03	282.15
Peso del Agua	gr.	16.06	19.02	19.02	16.38	20.02	20.95	23.03	23.75	20.60
Peso de la Capsula	gr.	35.76	33.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.67	39.94	39.87
Peso del Suelo Seco	gr.	233.38	237.73	267.84	203.26	236.29	254.59	246.54	259.09	222.28
% de Humedad	%	6.88%	8.00%	7.10%	8.06%	8.47%	8.23%	9.34%	9.17%	9.27%
Promedio de Humedad	%	7.44%	7.10%	8.27%	8.23%	9.26%	9.27%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.780	1.858	1.875	1.768	0.000	0.000			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%
12/07/2025	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	08:30: a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01
14/07/2025	08:30: a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	08:30: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	08:30: a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No I				MOLDE No II				MOLDE No III						
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.			
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	11.30	73.1	3.7
1.27	01:00		22.40	120.2	6.1	27.80	143	7.2	22.40	120.2	6.1	27.80	143	7.2	22.40	120.2	6.1
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2	35.20	175	8.8	27.80	143.1	7.2	35.20	175	8.8	27.80	143.1	7.2
2.54	02:00	70.31	33.80	168.6	8.5	43.10	208	10.5	33.80	168.6	8.5	43.10	208	10.5	33.80	168.6	8.5
3.81	03:00		45.80	223.5	11.3	56.60	274	13.8	45.80	223.5	11.3	56.60	274	13.8	45.80	223.5	11.3
5.09	04:00	105.00	53.70	253.1	12.8	65.10	318	16.1	53.70	253.1	12.8	65.10	318	16.1	53.70	253.1	12.8
6.35	05:00		59.20	278.4	14.0	77.30	353	17.9	59.20	278.4	14.0	77.30	353	17.9	59.20	278.4	14.0
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7	82.80	377	19.0	67.40	311.2	15.7	82.80	377	19.0	67.40	311.2	15.7
8.84	07:00																
10.16	08:00																

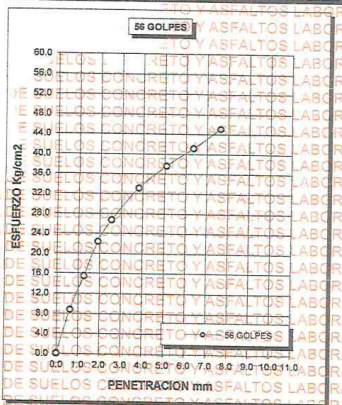
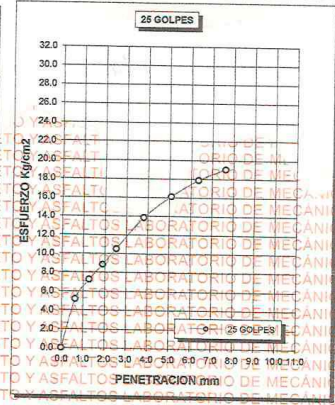
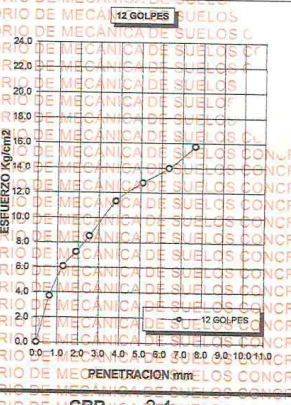
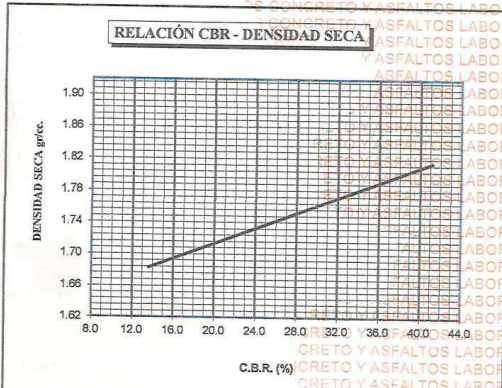
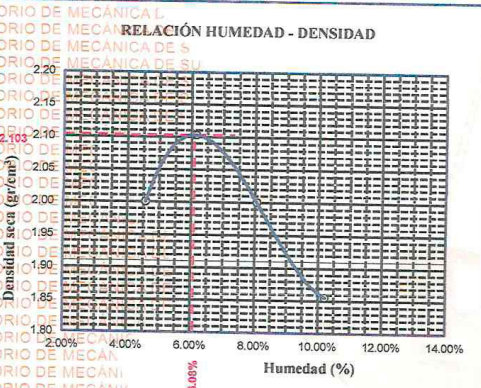
LABORATORIO M.S.C.A. DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
URUSCU - DISTRITO DE CARACOTO
UNIVERSIDAD ANDINA "INSTITUTO CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL
Dr. Armando Yanez Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO -2025		METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE : ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.208	
MUESTRA : CALICATA 02 ± 10% RESIDUOS DE CONSTRUCCION		HUMEDAD OPTIMA (%) 6,54%	
UBICACION : JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO		CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.20	
LUGAR : DISTRITO CARACOTO		CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 3.10	
FECHA : 15/07/2025		CLASIFICACIÓN : SC	
		AASHTO : A-6	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 2.4 CBR 3.1 CBR 6.2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA DE LABORATORIO
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
De: **Arnaldo Yana Torres**
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚRAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-698 D-1557 - AASHTO T-99 T-180

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA: CALICATA 03 - 15% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

SUBICACIÓN: JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

MOLDE No.: 1 **VOLUMEN DEL MOLDE:** 2135 cm³

No DE CAPAS: 5 **GOLPES POR CAPA:** 56 golpes

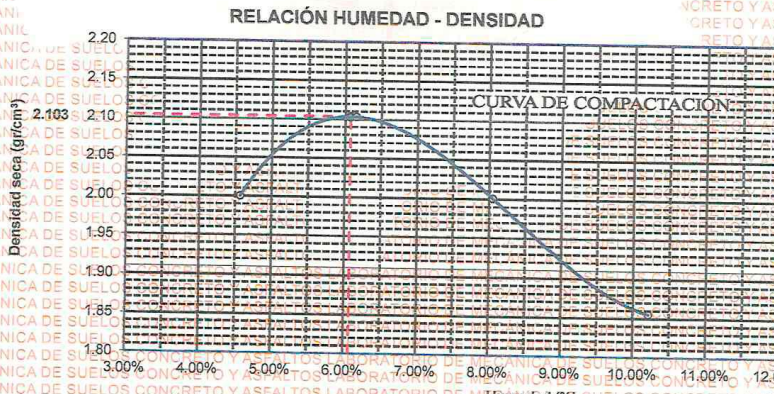
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10401	10701	10550	10300
Peso del Molde	gr.	5935	5935	5935	5935
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4466	4766	4615	4365
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.092	2.232	2.162	2.044

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.17	295.22	283.47	272.32	285.22	284.44	274.63	268.13
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	277.32	284.03	270.80	258.65	265.82	269.20	255.14	246.44
Peso del Agua	gr.	9.85	11.19	12.67	13.67	19.40	15.24	19.49	21.69
Peso de la Capsula	gr.	50.10	51.12	50.48	50.20	52.01	52.55	48.65	49.06
Peso del Suelo Seco	gr.	227.22	232.91	220.32	208.45	213.81	216.65	206.49	197.38
% de Humedad	%	4.34%	4.80%	5.75%	6.56%	9.07%	7.03%	9.44%	10.99%
Promedio de Humedad	%	4.57%		6.15%		8.05%		10.21%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.000		2.103		2.000		1.855	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.208 gr/cm³

HUMEDAD OPTIMA: 6.54%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - ICAP, INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
M.S.C. INGENIERO
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

IMUESTRA: CALICATA 03 + 15% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN: URUSCU - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

MOLDE No	II	III	IV	V	VI
No DE CAPAS	5	5	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	25	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10848	10390	10936	10673	11121	10972
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6359	6359	6723	6723
Peso del Suelo Humedo	gr.	3571	3113	4577	4314	4398	4249
Volumen del Suelo	cc.	1867.69	1867.69	2254.42	2254.42	21375798.54	21375798.54
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.912	1.667	2.030	1.914	0.000	0.000

Capsula No	No	4								
Suelo Humedo + Capsula	gr.	285.20	290.31	324.00	260.38	266.38	316.58	308.24	322.78	282.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.14	271.29	304.98	244.00	276.36	295.63	285.21	299.03	282.15
Peso del Agua	gr.	16.06	19.02	19.02	16.38	20.02	20.95	23.03	23.75	20.60
Peso de la Capsula	gr.	35.76	33.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.67	39.94	39.87
Peso del Suelo Seco	gr.	233.38	237.73	267.84	203.26	236.29	254.59	246.54	259.09	222.28
% de Humedad	%	6.88%	8.00%	7.10%	8.05%	8.47%	8.23%	9.34%	9.17%	9.27%
Promedio de Humedad	%	7.44%	7.10%	8.27%	8.23%	9.25%	9.27%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.780	1.558	1.875	1.768	0.000	0.000			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%
12/07/2025	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	09:00: a.m.	24:00:00	0.83	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01
14/07/2025	09:00: a.m.	48:00:00	0.88	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	09:00: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	09:00: a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No I				MOLDE No II				MOLDE No III					
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.		
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.83	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	34.90	173	8.8	34.90	173	8.8	34.90	173
1.27	01:00		22.40	120.2	6.1	27.80	143	7.2	56.10	306	15.5	56.10	306	15.5	56.10	306
1.91	01:30		27.60	143.1	7.2	35.20	175	8.8	88.30	442	22.4	88.30	442	22.4	88.30	442
2.54	02:00	70.31	33.80	168.6	8.5	43.10	208	10.5	118.40	526	28.7	118.40	526	28.7	118.40	526
3.81	03:00		45.80	223.8	11.3	58.60	274	13.8	145.50	655	33.1	145.50	655	33.1	145.50	655
5.09	04:00	105.00	53.70	253.1	12.8	69.10	318	16.1	169.30	744	37.6	169.30	744	37.6	169.30	744
6.35	05:00		59.20	278.4	14.0	77.30	353	17.9	185.80	814	41.1	185.80	814	41.1	185.80	814
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7	82.60	377	19.0	204.20	892	45.1	204.20	892	45.1	204.20	892
8.84	07:00															
10.16	08:00															

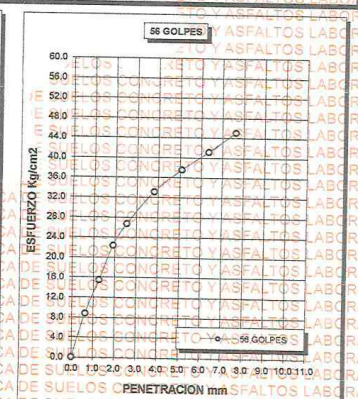
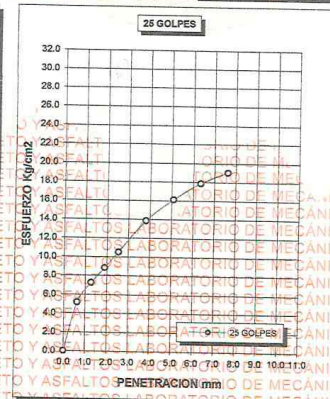
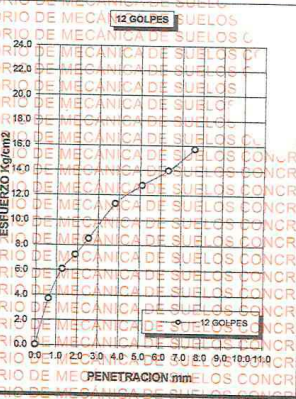
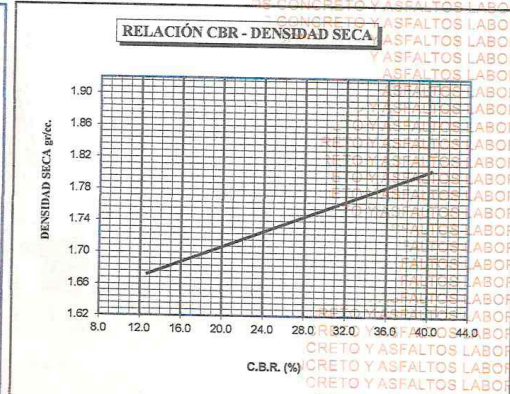
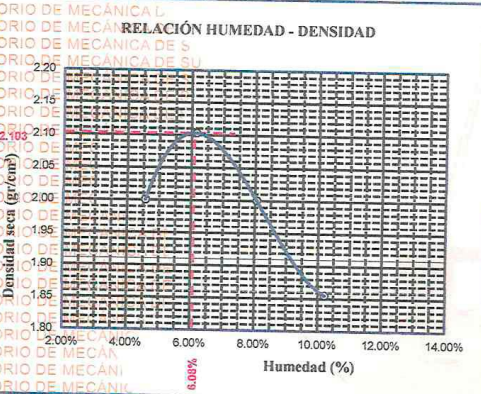
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JULIACA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91
SOLICITANTE	ROYER VÍCTOR LLANOS CHOQUE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.208
MUESTRA	CALICATA 03 + 15% RESIDUOS DE CONSTRUCCION	HUMEDAD OPTIMA (%) 6.54%
UBICACION	JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 9.50
LUGAR	DISTRITO CARACOTO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.20
FECHA	15/07/2025	CLASIFICACION : SC
		AASHTO : A-6
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 3.5 **CBR** 4.2 **CBR** 9.5

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA, PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA: CALICATA 01

UBICACIÓN: JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

MOLDE No.: 1 **VOLUMEN DEL MOLDE:** 2350 cm³

No DE CAPAS: 5 **GOLPES POR CAPA:** 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10401	10701	10550	10300
Peso del Molde	gr.	5935	5935	5935	5935
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4466	4766	4615	4365
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.900	2.028	1.964	1.857

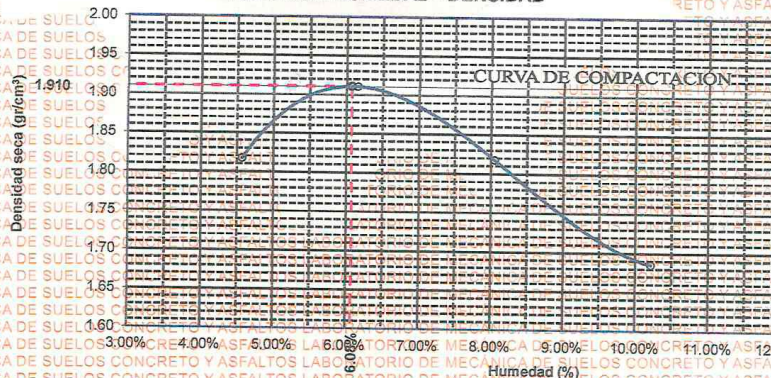
Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.17	295.22	283.47	272.32	285.22	284.44	274.63	268.19
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	277.32	284.03	270.80	258.65	265.82	269.20	255.14	248.44
Peso del Agua	gr.	9.85	11.19	12.67	13.67	19.40	15.24	19.49	21.69
Peso de la Capsula	gr.	50.10	51.12	50.48	50.20	52.01	52.55	48.85	49.06
Peso del Suelo Seco	gr.	227.22	232.91	220.32	208.45	213.81	216.65	206.49	197.38
% de Humedad	%	4.34%	4.80%	5.75%	6.56%	9.07%	7.03%	9.44%	10.96%
Promedio de Humedad	%		4.57%		6.15%		8.05%		10.21%
Densidad del Suelo Seco	%		1.817		1.910		1.817		1.685

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

MAXIMA DENSIDAD SECA: 1.505 gr/cm³

HUMEDAD OPTIMA: 13.84%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO M.S.C.A.
FICP - CAP / INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

IMUESTRA: CALICATA 01

UBICACIÓN: HUANUCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

MOLDE No	I		II		III	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10848	10390	10936	10673	11121	10672
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6859	6859	6720	6720
Peso del Suelo Humedo	gr.	3571	3113	4077	3814	4401	4252
Volumen del Suelo	cc.	2116.65	2116.65	2254.42	2254.42	21375798.54	21375798.54
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.687	1.471	1.808	1.692	0.000	0.000

Capsula No	No	4					
Suelo Humedo + Capsula	gr.	285.20	290.31	324.00	260.38	296.38	316.58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.14	271.29	304.98	244.00	276.36	295.63
Peso del Agua	gr.	16.06	19.02	19.02	16.38	20.02	20.95
Peso de la Capsula	gr.	35.76	33.56	37.14	40.74	40.07	41.04
Peso del Suelo Seco	gr.	233.38	237.73	267.84	203.26	236.29	254.59
% de Humedad	%	6.88%	8.00%	7.10%	8.06%	8.47%	8.23%
Promedio de Humedad	%	7.44%	7.10%	8.27%	8.23%	9.28%	9.27%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.570	1.373	1.670	1.563	0.000	0.000

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	MOLDE No I			MOLDE No II			MOLDE No III		
			Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%
12/07/2025	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	09:00: a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01
14/07/2025	09:00: a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	09:00: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	09:00: a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No I			MOLDE No II			MOLDE No III					
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	0.00	34.90	173	8.8		
1.27	01:00		22.40	120.2	6.1	27.80	143	7.2	0.00	86.10	306	15.5		
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2	35.20	175	8.8	0.00	98.30	442	22.4		
2.54	02:00	70.31	33.80	168.6	8.5	43.10	208	10.5	0.00	118.40	528	26.7		
3.81	03:00		49.80	223.8	11.3	59.60	274	13.8	0.00	145.50	655	33.1		
5.09	04:00	105.00	53.70	253.1	12.6	69.10	318	16.1	0.00	169.30	744	37.6		
6.35	05:00		59.20	276.4	14.0	77.30	353	17.9	0.00	185.80	814	41.1		
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7	82.80	377	19.0	0.00	204.20	892	45.1		
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C. A. JULLIACA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257

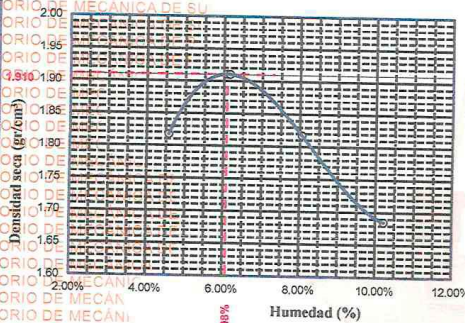


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

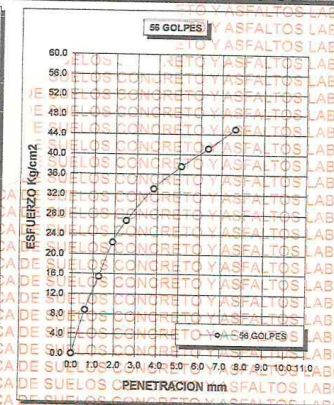
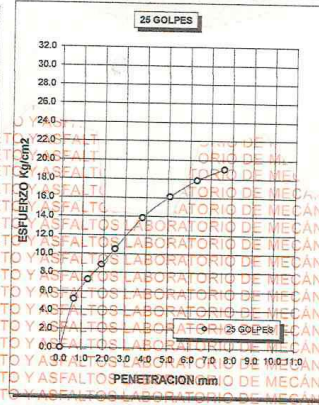
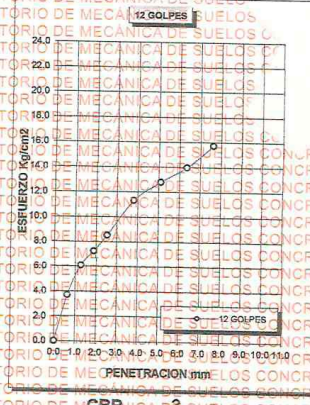
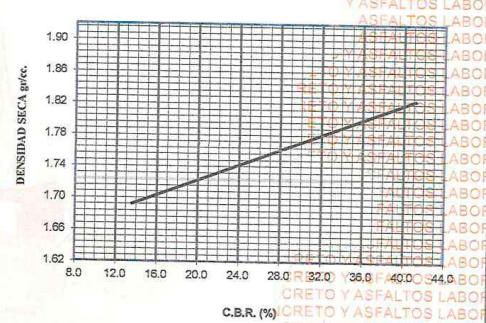


TESIS ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025		METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	
SOLICITANTE : ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.505	
MUESTRA : CALICATA 01		HUMEDAD OPTIMA (%) : 13.84%	
UBICACION : JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO		CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 5.30	
LUGAR : DISTRITO CARACOTO		CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 3.60	
FECHA : 15/07/2025		CLASIFICACION : SC	
		AASHTO : A-6	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



RELACION CBR - DENSIDAD SECA



CBR 3

CBR 4

CBR 5

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. INGENIERO
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE : ROYER VÍCTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA : CALICATA 01 + 5% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN : JR CUSCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR : DISTRITO CARACOTO

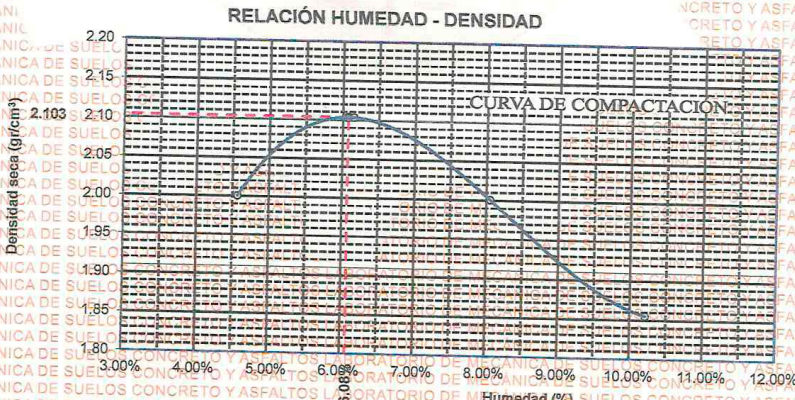
FECHA : 15/07/2025

MOLDE No. : 1
No DE CAPAS : 5
VOLUMEN DEL MOLDE : 2135 cm³
GOLPES POR CAPA : 56 golpes

Peso Suelo Húmedo * Molde	gr.	10401	10701	10550	10300
Peso del Molde	gr.	5935	5935	5935	5935
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4466	4766	4615	4365
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.092	2.232	2.162	2.044

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.17	295.22	283.47	272.32	285.22	284.44	274.63	268.13
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	277.32	284.03	270.80	258.65	265.82	269.20	255.14	246.44
Peso del Agua	gr.	9.85	11.19	12.67	13.67	19.40	15.24	19.49	21.69
Peso de la Capsula	gr.	50.10	51.12	50.48	50.20	52.01	52.55	48.85	49.06
Peso del Suelo Seco	gr.	227.22	232.91	220.32	208.45	213.81	216.65	206.49	197.38
% de Humedad	%	4.34%	4.80%	6.75%	6.56%	9.07%	7.03%	9.44%	10.99%
Promedio de Humedad	%	4.57%		6.15%		8.05%		10.21%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.000		2.103		2.000		1.855	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"
MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.305 gr/cm³
HUMEDAD OPTIMA : 10.26%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A.
JEFE DEL LABORATORIO
Dr. Arnaldo Yano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025

SOLICITANTE: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE

MUESTRA: CALICATA 01 + 5% RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

UBICACIÓN: URUSCO - DISTRITO DE CARACOTO

LUGAR: DISTRITO CARACOTO

FECHA: 15/07/2025

CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		
	gr.	cc.	gr.	cc.	gr.	cc.	gr.	cc.	gr.	cc.	gr.	cc.	
MOLDE No			5		5		5		5		5		
No DE CAPAS			5		5		5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA			12		25		56		56		56		
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10648	10390	10936	10673	11121	10972						
Peso del Molde + Capsula	gr.	7277	7277	6359	6359	6723	6723						
Peso del Suelo Húmedo	gr.	3571	3113	4577	4314	4398	4249						
Volumen del Suelo	cc.	1667.69	1667.69	2254.42	2254.42	2137.5798	2137.5798						
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cc.	1.912	1.667	2.030	1.914	2.030	2.030						
Capsula No	No	4											
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	265.20	290.31	324.00	260.38	296.38	316.58	308.24	322.78	282.75			
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.14	271.29	304.98	244.00	276.36	295.63	285.21	299.03	282.15			
Peso del Agua	gr.	16.06	19.02	19.02	16.38	20.02	20.95	23.03	23.75	20.60			
Peso de la Capsula	gr.	35.76	33.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.67	39.94	39.67			
Peso del Suelo Seco	gr.	233.38	237.73	267.84	203.28	236.29	254.59	246.54	259.09	222.28			
% de Humedad	%	6.88%	8.00%	7.10%	8.05%	8.47%	8.23%	9.34%	9.17%	9.27%			
Promedio de Humedad	%	7.44%		7.10%	8.27%		8.23%	9.25%		9.27%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.780		1.566	1.875		1.768	0.000		0.000			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%	Dial	Expansion mm	%
12/07/2025	09:45: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
13/07/2025	09:45: a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01
14/07/2025	09:45: a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
15/07/2025	09:45: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
16/07/2025	09:45: a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.32	0.01	0.01

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No I				MOLDE No II				MOLDE No III					
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.		
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		11.30	73.1	3.7	18.10	102	5.2	34.90	173	8.8					
1.27	01:00		22.40	120.2	6.1	27.80	143	7.2	66.10	306	15.5					
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2	35.20	175	8.8	98.30	442	22.4					
2.54	02:00	70.31	33.80	168.6	8.5	43.10	208	10.5	116.40	528	26.7					
3.81	03:00		46.80	223.8	11.3	58.60	274	13.6	148.50	655	33.1					
5.09	04:00	105.00	53.70	253	12.8	69.10	319	16.1	189.30	744	37.6					
6.35	05:00		59.20	276.4	14.0	77.30	353	17.9	185.80	814	41.1					
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7	82.80	377	19.0	204.20	892	45.1					
8.84	07:00															
10.16	08:00															

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

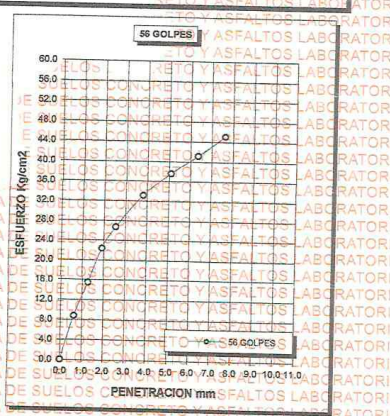
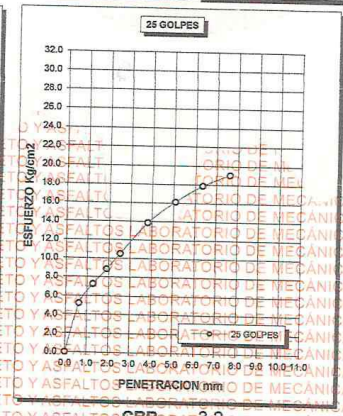
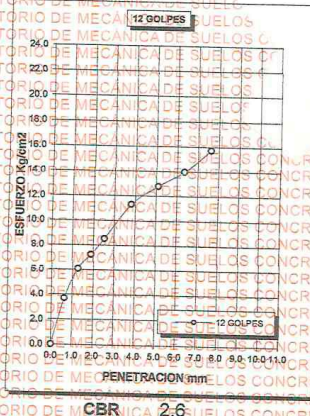
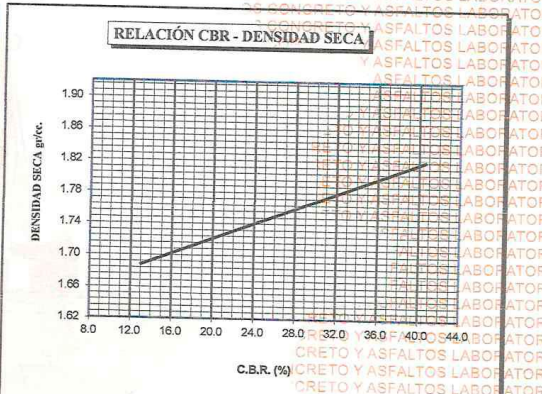
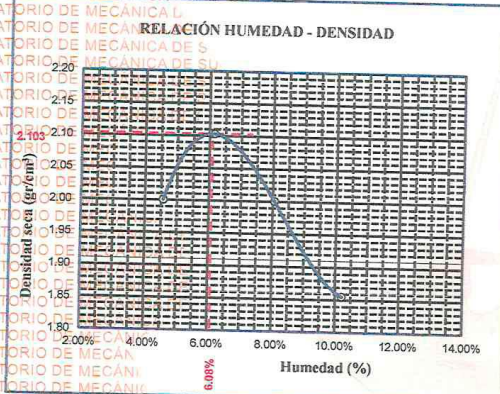
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA DISTRITO DE CARACOTO - 2025	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91
SOLICITANTE	ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) 1.305
MUESTRA	CALICATA 01 + 5% RESIDUOS DE CONSTRUCCION	HUMEDAD OPTIMA (%) 10.26%
UBICACION	JIRCUSCO DISTRITO DE CARACOTO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.50
LUGAR	DISTRITO CARACOTO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 3.20
FECHA	15/07/2025	CLASIFICACION : SC
		AASHTO : A-6
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. INVESTIGADOR
Dr. Araldito Yana Torres
CIP- 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 07 octubre del 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ROYER VICTOR LLANOS CHOQUE
Dirección: Urb. JAYLIHUAYA ETAPA III MZ. Q LT.34
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74279609
Teléfono: 930266197 email: roy.19yotun@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS INESTABLES CON LA ADICIÓN DE RESIDUOS
DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN A NIVEL DE SUBRASANTE EN VÍAS PARA EL
DISTRITO DE CARACOTO - 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): SUB RASANTE, ESTABILIZACIÓN DE SUELO, CONCRETO
RECICLADO, CBR DE SUELO ESTABILIZADO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}
2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

07 octubre del 2025

Fecha