

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Mejora de suelos blandos en vías no pavimentadas con el sistema de inyección por vía húmeda para la región Huánuco - 2025”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Cisneros Ortiz, Jersson

ASESOR: Davila Herrera, Percy Mello

HUÁNUCO – PERÚ

2026



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

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

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título  
Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72752498

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41050949

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención  
en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-5484-6982

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Tuanama Lavi, Jose Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día viernes 05 de junio de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	PRESIDENTE
❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI	SECRETARIO
❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0950-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Jersson CISNEROS ORTIZ para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 18:00 horas del día 05 del mes de junio del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**PRESIDENTE**



MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI  
DNI: 05860064  
ORCID: 0000-0002-5148-6384  
**SECRETARIO (A)**



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA  
DN: 22416570  
ORCID: 0000-0002-0579-5135  
**VOCAL**



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JERSSON CISNEROS ORTIZ, de la investigación titulada "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025", con asesor(a) PERCY MELLO DAVILA HERRERA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1092-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 25 de marzo de 2026



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

# 147. JERSSON CISNEROS ORTIZ.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.upla.edu.pe](https://repositorio.upla.edu.pe)

Fuente de Internet

20%

2

[repositorio.unheval.edu.pe](https://repositorio.unheval.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

3

[upc.aws.openrepository.com](https://upc.aws.openrepository.com)

Fuente de Internet

<1%

4

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1%

5

[repositorio.unap.edu.pe](https://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%



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

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y la fe que siempre depositaron en mí. A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; A mi bebé, que con su sonrisa ilumina mis días y me recuerda por qué vale la pena seguir avanzando. Eres mi mayor motivación y la razón por la que nunca dejo de luchar. Que este logro sea un ejemplo de que con amor y dedicación todo es posible; y a quienes, con sus palabras y presencia, me impulsaron a superar cada obstáculo. Esta tesis es también de ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad, institución que me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente y de adquirir los conocimientos y valores que hoy me acompañan. Gracias por abrirme las puertas y permitirme crecer académica y personalmente.

A mis docentes, por su dedicación, paciencia y compromiso con la enseñanza. Cada una de sus orientaciones, exigencias y consejos han sido esenciales para mi formación. Agradezco el tiempo que invirtieron en transmitirme su experiencia y en guiarme a lo largo de este proceso.

A mi familia, por su amor incondicional, por su apoyo permanente y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Gracias por motivarme, por acompañarme y por ser la fortaleza que necesitaba para culminar esta etapa tan importante.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por contribuir a este logro que hoy se hace realidad.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
CAPÍTULO I .....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	18
1.3 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	19
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	19
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.7.1 VIABILIDAD TEÓRICA .....	20
CAPÍTULO II .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL .....	22
2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL .....	23

2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL .....	25
2.2 BASES TEÓRICAS .....	26
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	54
2.4. HIPÓTESIS .....	57
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	57
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	57
2.5. VARIABLES.....	57
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	58
CAPÍTULO III .....	59
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	59
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	59
3.1.1 ENFOQUE .....	59
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	59
3.1.3 DISEÑO .....	59
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	60
3.2.1 POBLACIÓN.....	60
3.2.2 MUESTRA.....	60
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	61
3.3.1 TÉCNICAS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	61
3.3.2 INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS ..	62
3.3.2 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....	62
3.3 ASPECTOS ÉTICOS.....	62
CAPÍTULO IV.....	64
RESULTADOS.....	64
4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO .....	64

4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	65
4.2.1 UBICACIÓN Y EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA .....	65
4.2.2 EVALUACIÓN DE LA MUESTRA.....	66
4.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA LECHADA PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN .....	67
4.2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SUELO NATURAL Y DEL SUELO ESTABILIZADO POR VÍA HÚMEDO.....	70
4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	77
CAPÍTULO V.....	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	79
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	79
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES .....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
ANEXOS .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensión de las partículas que componen un suelo .....	34
Tabla 2 Determinación de la consistencia del suelo destinado a subrasante .....	35
Tabla 3 Valores de referencia del CBR según tipo de suelo y aplicación ....	36
Tabla 4 Índice de capacidad de soporte aplicado a materiales viales .....	36
Tabla 5 Clasificación del suelo según su nivel de expansión porcentual .....	51
Tabla 6 Estado de la subrasante en función del valor de CBR obtenido .....	52
Tabla 7 Rangos de resistencia a compresión no confinada en suelos .....	52
Tabla 8 Condiciones de calidad del material destinado a la subrasante .....	53
Tabla 9 Criterios de calidad exigidos para el material de la capa subrasante .....	53
Tabla 10 Exigencias técnicas para la capa de subrasante .....	53
Tabla 11 Operacionalización de Variables.....	58
Tabla 12 Número de pruebas realizadas para la evaluación técnica de la lechada .....	60
Tabla 13 Número de pruebas efectuadas para la evaluación de un suelo estabilizado mediante el método por vía húmeda.....	61
Tabla 14 Diseño técnico del proceso de inyección por vía húmeda aplicado a suelos blandos .....	64
Tabla 15 Porcentaje después del tamizado en el suelo blando .....	66
Tabla 16 Límites de Consistencia .....	67
Tabla 17 Identificación del suelo blando .....	67
Tabla 18 Proporción de mezcla de las lechadas planteadas mediante el método por vía húmeda .....	68
Tabla 19 Determinación de la viscosidad mediante el Cono de Marsh.....	69
Tabla 20 Determinación de la densidad de las lechadas .....	69
Tabla 21 Evaluación de la resistencia a compresión de la lechada compuesta por agua y cemento .....	70
Tabla 22 Resultados de densidad máxima seca obtenidos mediante el ensayo Proctor Modificado .....	71
Tabla 23 Comprobación del suelo blando en función de su densidad máxima seca .....	71

Tabla 24 Determinación de la proporción óptima de lechada para la estabilización de un suelo blando mediante el método por vía húmeda .....	72
Tabla 25 Comprobación del suelo blando en función de su contenido óptimo de humedad.....	73
Tabla 26 Índice CBR del suelo blando tratado mediante el método por vía húmeda.....	74
Tabla 27 Evaluación del suelo blando en función del CBR requerido para subrasante .....	74
Tabla 28 Comparación de la expansión del suelo blando tratado mediante los métodos de vía húmeda y vía seca.....	75
Tabla 29 Evaluación del suelo blando en función de su grado de expansión para uso como subrasante .....	75
Tabla 30 Resultados de la resistencia a compresión no confinada de la subrasante tratada mediante vía húmeda y vía seca.....	76
Tabla 31 Evaluación del suelo blando en función de su resistencia a compresión no confinada .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Constitución de una lechada.....	27
Figura 2 Cantidad de calicatas para la investigación geotécnica del suelo .	31
Figura 3 Sistema Unificado para la Clasificación de Suelos (SUCS).....	33
Figura 4 Sistema de clasificación de suelos ASSHTO.....	34
Figura 5 Fases o condiciones de consistencia del suelo .....	35
Figura 6 Impacto de la acción sísmica en suelos de baja rigidez .....	37
Figura 7 Camión distribuidor mecánico de material .....	40
Figura 8 Hidratación del suelo mediante método de aplicación en seco .....	40
Figura 9 Procedimiento de mezcla mediante el método en seco.....	41
Figura 10 Maquinaria empleada para la compactación de suelos .....	41
Figura 11 Procedimiento de mezcla del suelo mediante inyección de lechada .....	42
Figura 12 Diagrama operativo del procedimiento por vía húmeda.....	42
Figura 13 Aplicación de lechada de cemento mediante el método en vía húmeda.....	43
Figura 14 Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia a compresión .....	45
Figura 15 Efecto de la relación agua/cemento en la viscosidad y en la velocidad de sedimentación.....	45
Figura 16 Equipo mezclador de lechada tipo licuadora de laboratorio.....	46
Figura 17 Cono de Marsh utilizado para el ensayo de viscosidad .....	47
Figura 18 Balanza convencional para la determinación de densidad en fluidos presurizados .....	47
Figura 19 Proporción de agua exudada en las lechadas según la relación agua/cemento .....	48
Figura 20 Aparato de Vicat utilizado para determinar el tiempo de fraguado de lechadas.....	49
Figura 21 Moldeo de especímenes cúbicos de 50 mm para el ensayo de resistencia a compresión .....	49
Figura 22 Curva de compactación que relaciona la densidad seca con el contenido de humedad .....	51
Figura 23 Ficha de observación de caracterización de la lecha .....	62

Figura 24 Localización de la calicata N°01 .....	65
Figura 25 Curva Granulométrica.....	66
Figura 26 Curva de Fluidez.....	67

## INTRODUCCIÓN

La estabilización de suelos blandos constituye uno de los desafíos más recurrentes en el diseño y ejecución de carreteras no pavimentadas, especialmente en regiones como Huánuco, donde los suelos arcillosos presentan alta variabilidad estructural, baja capacidad portante y una marcada susceptibilidad a la humedad. Estas condiciones generan fallas prematuras en la subrasante, tales como deformaciones, ahuellamientos y pérdida de soporte, afectando la transitabilidad, el mantenimiento vial y la vida útil de las vías. Frente a estas limitaciones, la ingeniería geotécnica ha desarrollado métodos alternativos de mejoramiento, entre los cuales destaca el sistema de inyección por vía húmeda, una técnica que permite incorporar lechadas estabilizadoras directamente en la estructura del suelo para mejorar sus parámetros físicos y mecánicos.

La presente investigación tiene como propósito evaluar la efectividad de dicho sistema en la estabilización de un suelo blando arcilloso, mediante la aplicación de lechadas formuladas con diferentes relaciones agua–cemento ( $a/c$ ), incluyendo mezclas donde el agua fue sustituida al 100% por aceite quemado reciclado, buscando además reducir el impacto ambiental asociado al consumo de agua en obras viales. Para ello se desarrolló un estudio experimental que incluyó ensayos de densidad máxima seca, óptimo contenido de humedad, expansibilidad, CBR y resistencia a compresión simple, comparando el comportamiento del suelo natural con el suelo tratado mediante inyección por vía húmeda.

Los resultados mostraron mejoras significativas en todos los parámetros geotécnicos evaluados. La densidad máxima seca aumentó de  $1.963 \text{ g/cm}^3$  en el suelo natural a  $2.224 \text{ g/cm}^3$  con la lechada  $a/c = 0.6$ ; la expansibilidad disminuyó de  $1.96\%$  a  $0.13\%$ ; el CBR incrementó de  $5.04\%$  a  $225.41\%$ ; y la resistencia a compresión simple pasó de  $7.995 \text{ kg/cm}^2$  a  $67.77 \text{ kg/cm}^2$ , evidenciando que el método aplicado mejora de manera sustancial el comportamiento estructural del suelo. Estos resultados confirman que la inyección por vía húmeda es una alternativa eficiente, uniforme y de alto rendimiento para el mejoramiento de subrasantes en carreteras no pavimentadas.

Asimismo, la investigación contribuye a ampliar el conocimiento sobre técnicas de estabilización no tradicionales, promoviendo el uso de residuos como el aceite quemado reciclado y fomentando prácticas más sostenibles en la ingeniería vial. De esta manera, el estudio no solo valida la viabilidad técnica del método, sino que también aporta herramientas aplicables a proyectos reales en contextos rurales y urbanos donde los suelos blandos representan una limitación para el desarrollo de infraestructura vial.

## RESUMEN

La presente investigación evaluó la efectividad del sistema de inyección por vía húmeda en la estabilización de un suelo blando arcilloso utilizado como subrasante en carreteras no pavimentadas. Los resultados revelaron mejoras cuantificables en todos los parámetros geotécnicos analizados. La densidad máxima seca del suelo natural ( $1.963 \text{ g/cm}^3$ ) aumentó hasta  $2.224 \text{ g/cm}^3$  al emplear la lechada con relación  $a/c = 0.6$ , demostrando una compactación más eficiente. El óptimo contenido de humedad, inicialmente de  $12.08\%$ , se ajustó correctamente con la dosificación de lechada para alcanzar la densidad máxima. La expansibilidad del suelo, cuyo promedio natural fue  $1.96\%$ , se redujo drásticamente a  $0.13\%$  con la lechada  $a/c = 0.6$ , reflejando una notable mejora en estabilidad volumétrica. En cuanto a la capacidad portante, el CBR al  $95\%$  del suelo natural ( $5.04\%$ ) se incrementó de manera sobresaliente hasta  $225.41\%$  con la mezcla  $a/c = 0.6$ , superando ampliamente los valores mínimos requeridos para subrasante. Finalmente, la resistencia a compresión simple, que en el suelo natural alcanzó  $7.995 \text{ kg/cm}^2$ , aumentó notablemente hasta  $67.77 \text{ kg/cm}^2$  para la lechada  $a/c = 0.6$  a los 7 días de curado. En conjunto, los resultados demuestran que el sistema de inyección por vía húmeda constituye una alternativa técnica altamente efectiva, capaz de mejorar sustancialmente las propiedades mecánicas del suelo y garantizar un desempeño estructural adecuado en vías no pavimentadas.

**Palabras Clave:** Estabilización de suelos, Vía húmeda, Subrasante, Lechada, CBR

## ABSTRACT

The present research evaluated the effectiveness of the wet-injection system in stabilizing a soft clayey soil used as subgrade in unpaved roads. The results revealed measurable improvements in all geotechnical parameters analyzed. The maximum dry density of the natural soil ( $1.963 \text{ g/cm}^3$ ) increased to  $2.224 \text{ g/cm}^3$  when using the slurry with a water–cement ratio (w/c) of 0.6, demonstrating more efficient compaction. The optimum moisture content, initially 12.08%, was properly adjusted through slurry dosing to reach maximum density. The soil expansiveness, with a natural average of 1.96%, was drastically reduced to 0.13% with the w/c = 0.6 slurry, indicating a significant improvement in volumetric stability. Regarding bearing capacity, the CBR at 95% of the natural soil (5.04%) increased remarkably to 225.41% with the w/c = 0.6 mixture, far exceeding the minimum values required for subgrade use. Finally, the unconfined compressive strength of the natural soil ( $7.995 \text{ kg/cm}^2$ ) increased substantially to  $67.77 \text{ kg/cm}^2$  for the w/c = 0.6 slurry after 7 days of curing. Overall, the results demonstrate that the wet-injection system is a highly effective technical alternative capable of considerably improving the mechanical properties of the soil and ensuring adequate structural performance in unpaved roads.

**Keywords:** Soil stabilization, Wet injection, Subgrade, Slurry, CBR.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

A nivel mundial, las vías no pavimentadas constituyen una alternativa inmediata para atender las necesidades de conectividad de las poblaciones, favoreciendo el intercambio comercial, cultural y tecnológico entre distintas localidades. Sin embargo, este tipo de infraestructura presenta una vida útil relativamente corta, ya que requiere mantenimiento rutinario debido al deterioro progresivo de sus capas estructurales. Dicho deterioro se produce principalmente por la acción de la humedad proveniente de las lluvias y por la erosión generada por el tránsito vehicular, lo que ocasiona la desintegración de partículas finas en forma de polvo, afectando la salud de los usuarios y de las comunidades cercanas (ComexPerú, 2020).

En las vías no pavimentadas, la subrasante está constituida por el terreno natural; no obstante, en muchos casos estos suelos necesitan ser estabilizados para cumplir adecuadamente su función estructural como elemento de soporte de las cargas vehiculares. La subrasante permite distribuir las cargas sobre un área mayor, evitando concentraciones de esfuerzos que puedan generar fallas prematuras como baches, deformaciones y deflexiones. El afirmado, compuesto por material granular, aporta capacidad estructural y resistencia a la rodadura, siendo su espesor determinado en función de las características de la subrasante y de la calidad del material estabilizador empleado. Generalmente, se intervienen suelos con valores de CBR menores al 6%, como arcillas, utilizando principalmente cal y cemento como agentes estabilizantes (FIUBA, 2023).

En España, los procesos de estabilización de subrasantes se realizan mediante equipos modernos que distribuyen el conglomerante por vía húmeda. Esta tecnología resulta más amigable con el medio ambiente, reduce los tiempos de ejecución y minimiza la generación de polvo al evitar la dispersión del material estabilizante. El procedimiento consiste en la inyección de una lechada de cal o cemento directamente en el suelo previamente escarificado, lo que facilita su mezclado y permite un avance continuo y sincronizado del equipo estabilizador a lo largo del tramo intervenido.

En contraste, en varios países de Latinoamérica la distribución del cemento se efectúa mayormente por vía seca. Este método implica la humectación inicial del suelo mediante cisterna y posteriormente la aplicación del conglomerante para su mezclado. Si bien en algunos países se emplean equipos especializados, en muchos casos el procedimiento se realiza de manera rudimentaria, colocando bolsas de cemento a intervalos regulares para luego esparcir el material manualmente. Esta práctica genera riesgos para la salud de los trabajadores debido a la exposición prolongada al polvo, aun cuando utilicen equipos de protección. Asimismo, ocasiona contaminación ambiental, ya que los residuos de las bolsas suelen desecharse en las inmediaciones de la vía, y las partículas finas pueden ser transportadas por el viento, afectando la vegetación y el entorno cercano.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes, los suelos blandos —principalmente arcillas y limos— pueden estabilizarse con cal, cemento u otros productos químicos. Sin embargo, algunas investigaciones han promovido el uso de materiales altamente contaminantes, como el aceite automotriz usado, incorporado durante la compactación por vía seca. Este residuo carece de sistemas adecuados de disposición final y su uso indiscriminado genera impactos ambientales significativos.

El Observatorio Ambiental de Bogotá (2019) señala que el vertimiento de aceite usado en los sistemas domésticos de drenaje contamina gravemente los cuerpos de agua, estimándose que un litro de aceite puede afectar hasta 40 000 litros de agua. Además, obstruye redes de alcantarillado, incrementa los costos de mantenimiento, disminuye el oxígeno en el medio acuático y altera sus características físico-químicas, poniendo en riesgo la fauna acuática al obstruir las branquias de los peces y provocar su muerte.

En el Perú, la estabilización de suelos naturales que conforman la subrasante es una práctica frecuente, especialmente cuando estos presentan valores inferiores a los exigidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dado que el 82.1% de la red vial corresponde a vías no pavimentadas, muchas de ellas constituidas por arcillas y limos inestables, se requiere incrementar la inversión para mejorar su desempeño estructural y prolongar su vida útil, contribuyendo así al desarrollo socioeconómico de las

poblaciones alejadas.

Son pocas las empresas peruanas que cuentan con equipos especializados para la distribución del conglomerante por vía seca, tales como vehículos con silo, sistemas extractores y faldones antipolvo, así como maquinaria específica para el mezclado. Debido a su alto costo, muchos contratistas optan por emplear equipos alternativos como la motoniveladora para el esparcimiento y mezclado del material, lo cual genera excesiva emisión de polvo y una mezcla poco homogénea, afectando la calidad del suelo estabilizado.

En la región Huánuco, particularmente en el sector Tranca–Santa Isabel–Miraflores–Huanacaure del distrito de Chinchao, existen vías no pavimentadas asentadas sobre suelos blandos, lo que incrementa los costos de construcción y mantenimiento. La solución provisional mediante afirmado resulta insuficiente, ya que en épocas de lluvia se generan lodos que dificultan la transitabilidad y generan malestar en la población. Por ello, es necesario estabilizar la subrasante para mejorar la durabilidad de la vía; sin embargo, la utilización de equipos inadecuados en el proceso por vía seca afecta la resistencia final del suelo tratado.

En este contexto, la presente investigación propone simular en laboratorio el proceso de estabilización de suelos blandos de subrasante mediante la técnica de vía húmeda, ante la ausencia de equipos modernos en el país. Asimismo, se busca promover a futuro la incorporación de esta tecnología en el sector, dado que permite una dosificación controlada, reduce la exposición al polvo y minimiza la contaminación ambiental. Para ello, se plantea diseñar una lechada óptima compuesta por agua, aceite quemado reciclado, yeso y cemento, combinada con un suelo arcilloso, con el objetivo de evaluar su desempeño a través de ensayos como Proctor Modificado, CBR y resistencia a la compresión, garantizando el cumplimiento de los parámetros exigidos para una subrasante estabilizada.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

- ¿De qué manera favorece el sistema de inyección por vía húmeda para suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿De qué manera varía la densidad máxima seca del suelo blando compactado al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?
- ¿De qué manera se modifica la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?
- ¿Cuáles son los cambios que se producen en la expansibilidad del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?
- ¿Cuáles son los efectos que se genera en el valor de soporte califonia (CBR) del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?
- ¿Cómo se modifica su resistencia a compresión simple del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

- Establecer en qué medida favorece el sistema de inyección por vía húmeda en la estabilización de los suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la variación de la densidad máxima seca del suelo blando compactado al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.
- Determinar la variación de la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.
- Calcular los cambios que se produce en la expansibilidad del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.
- Analizar los efectos que se genera en el valor de soporte califonia (CBR) del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía

húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.

- Establecer en qué medida se modifica su resistencia a compresión simple del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La presente investigación tiene como finalidad aportar nuevos conocimientos en relación con el método de estabilización por vía húmeda, permitiendo comparar y analizar los resultados obtenidos en la mejora de suelos blandos, así como identificar las diferencias existentes entre lechadas convencionales y aquellas que incorporan líquidos reciclados. Asimismo, el estudio contribuye a comprender el procedimiento técnico de estabilización mediante inyección de lechada, considerando parámetros de control establecidos en normativas vigentes, manuales de carreteras y demás disposiciones técnicas aplicables al diseño y ejecución de infraestructura vial.

### **1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Desde el punto de vista práctico, esta investigación proporciona a profesionales y estudiantes de ingeniería civil criterios técnicos fundamentales que deben considerarse en la etapa de diseño y ejecución de proyectos viales con suelos de baja capacidad portante. De esta manera, se busca prevenir y/o mitigar el deterioro prematuro de las vías no pavimentadas, optimizando su desempeño estructural y prolongando su vida útil.

### **1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Metodológicamente, el estudio se basa en la aplicación del método de distribución de conglomerantes por vía húmeda, el cual consiste en la inyección de una lechada en el suelo previamente escarificado para su posterior mezclado y compactación. Para ello, se planteó un diseño experimental en función de la viscosidad de la lechada, determinada por la relación agua-cemento. Se evaluaron tres tipos de lechadas: una compuesta al 100% por agua y dos en las que el agua fue sustituida totalmente por aceite quemado reciclado.

La determinación de la cantidad óptima de lechada necesaria para la estabilización del suelo blando se realizó mediante el ensayo de compactación Proctor Modificado, el cual permitió establecer el punto de máxima densidad

seca. Este procedimiento difiere del método por vía seca, donde primero se mezcla el suelo seco con el conglomerante y posteriormente se adiciona agua en proporciones crecientes hasta alcanzar la compactación requerida.

#### **1.5.4 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

En el ámbito social y ambiental, la investigación promueve la adopción de prácticas constructivas más sostenibles por parte de las empresas del sector vial, incentivando la reducción de emisiones de polvo durante el proceso de estabilización mediante el uso del método por vía húmeda. Este sistema, basado en la inyección de lechada estabilizadora, permite una mezcla homogénea con el suelo existente, minimiza pérdidas de material y evita la dispersión de partículas contaminantes. Además, plantea la posibilidad de incorporar líquidos residuales, como el aceite doméstico usado, en reemplazo parcial o total del agua, contribuyendo a disminuir su consumo y ofreciendo una alternativa de reutilización que reduce la contaminación de cuerpos de agua y del medio ambiente en general.

#### **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Es complicado obtener datos exactos y detallados acerca de los proyectos de carreteras en el departamento de Huánuco.
- No se detectaron elementos externos que se encuentren fuera de control y que puedan afectar los resultados del estudio, como catástrofes naturales.

#### **1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.7.1 VIABILIDAD TEÓRICA**

- Es viable ya que hace referencia a la robustez y base del marco teórico que respalda la investigación. Mediante la utilización de literatura académica y referencias que apoyan el tema de investigación
- Hay escasez de investigaciones anteriores o similares que hayan tratado el tema en el marco de Huánuco.

##### **1.7.2 VIABILIDAD ECONÓMICA**

- Resulta viable con recursos propios realizar la investigación dentro de los recursos económicos existentes.

- Se toman en cuenta las posibles ventajas de la investigación, como la optimización en la supervisión del estado actual de las carreteras, que respaldan los gastos vinculados a la ejecución del estudio.

### **1.7.3 VIABILIDAD SOCIAL**

- El efecto positivo y posible de la investigación para la sociedad, en este escenario, para el departamento de Huánuco y el sector de la construcción en la zona.
- La supervisión del estado actual de las carreteras puede influir positivamente en el crecimiento y el nivel de vida de la comunidad de Huánuco.
- Los hallazgos y sugerencias de este estudio pueden ser aplicados por empresas y entidades locales para optimizar la edificación de proyectos de infraestructura, lo que podría llevar a una utilización más eficaz de los recursos y a una realización exitosa de las obras.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL**

Arifin y Rahmah (2022) desarrollaron un estudio orientado a mejorar los suelos blandos del sector Buki Rawi, los cuales presentaban baja capacidad portante y no cumplían con los criterios mínimos para ser utilizados como subrasante. Para ello, plantearon su estabilización mediante la incorporación de cemento Portland (PCC), determinando que el porcentaje óptimo fue del 12%. Con esta dosificación se logró un incremento del CBR de hasta un 80% en comparación con el suelo natural. Asimismo, se observó un aumento en la densidad máxima seca y una reducción en el contenido óptimo de humedad. La resistencia a la compresión también mejoró significativamente, alcanzando valores del orden de 20 kg/cm<sup>2</sup>. En relación con el hinchamiento por inmersión, el suelo sin adición de PCC presentó un valor de 2.98%, mientras que las muestras estabilizadas redujeron este parámetro a 1.21% y 0.65%. En conjunto, los resultados demostraron que el suelo tratado cumplía con las exigencias técnicas requeridas para su uso como subrasante en carreteras.

Alarcón, Jiménez y Benítez (2020) evaluaron la estabilización de la subrasante y de las capas granulares mediante la incorporación de lodos residuales provenientes de plantas petroleras, materiales que generan elevados niveles de contaminación ambiental. Los ensayos mostraron que, a medida que aumentaba el contenido de lodos aceitosos, se reducía el peso específico, la plasticidad, la expansibilidad y la permeabilidad de los materiales tratados. La dosificación óptima para la subrasante fue del 4%, con la cual se logró incrementar el módulo resiliente en un 37% y disminuir la susceptibilidad al agua. En el caso de la capa granular, se recomendó una dosificación del 6%, obteniéndose incrementos del 40% tanto en el CBR como en el módulo resiliente. Además, la incorporación de este residuo permitió reducir los costos de construcción debido a la disminución de los espesores estructurales requeridos.

Khushali, Shah y Zala (2020) señalaron que una de las principales causas del deterioro de las carreteras es la presencia de subrasantes débiles, cuya reparación tradicional implica la intervención y cierre prolongado de tramos viales, generando congestión e incomodidad para los usuarios. Ante ello, propusieron un método de intervención rápida basado en el diseño de una lechada compuesta por silicato de sodio e hidróxido de sodio, la cual se inyecta directamente en el suelo sin necesidad de excavar completamente el pavimento existente. La presión óptima de inyección fue de 70 MPa, con una proporción de silicato e hidróxido de sodio de 2:1 y distintas concentraciones del activador alcalino. La solución de 7 molar fue la que presentó mejores resultados, logrando incrementar la resistencia a la compresión en un 18%, alcanzando un valor de 12.52 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL**

Villanueva (2022) planteó una alternativa técnica y económicamente accesible para la estabilización de subrasantes en vías afirmadas, mediante la incorporación de aceite automotriz residual en proporciones de 4% y 6%. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en el comportamiento del suelo tratado respecto al cumplimiento de las exigencias normativas. El índice de plasticidad se redujo en un 56%, el contenido óptimo de humedad disminuyó en 2.60% y la densidad máxima seca aumentó en 3.61% en comparación con la muestra convencional. Asimismo, el valor de CBR al 95% alcanzó 6.60% y 9.20%, superando en un 84% al suelo natural, cuyo CBR era de 5%, excediendo el mínimo requerido para subrasantes. Estos resultados demostraron que el aceite residual mejora el desempeño de suelos arcilloso-limosos clasificados como A-7-5, contribuyendo además a la reducción de la contaminación ambiental al reutilizar un residuo altamente contaminante.

Rodríguez (2022) propuso evitar la sustitución de suelos inadecuados en subrasantes —como aquellos de naturaleza arenosa, arcillosa o limosa— mediante su estabilización, en lugar de reemplazarlos por materiales granulares que cumplan con la resistencia mínima exigida. Para ello, diseñó una solución que combina agentes estabilizadores capaces de conservar la humedad de compactación en ambientes de altas temperaturas, reducir la generación de polvo y mantener la cohesión entre partículas. El cloruro de sodio fue identificado como el aditivo adecuado para tales fines,

complementándose con cemento para incrementar la resistencia mecánica. La dosificación óptima para suelos tipo SM-SC, de baja plasticidad y escasa presencia de grava, fue de 1% de cloruro de sodio y 6% de cemento. Con esta combinación se obtuvo un CBR al 95% de 173% y una resistencia a la compresión simple máxima de 21.085 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando un desempeño estructural considerablemente superior.

Jalanoca (2021) también investigó la estabilización de suelos a nivel de subrasante utilizando aceite automotriz residual, motivado por la creciente generación de este desecho en talleres informales de la ciudad de Puno, los cuales afectan suelos agrícolas y cuerpos de agua. El estudio se realizó en un suelo granular clasificado como GP-GC, con índice de plasticidad de 10%, densidad máxima seca de 2.06 g/cm<sup>3</sup>, humedad óptima de 8.64% y CBR de 27.6%. La dosificación más eficiente fue del 3.5% de aceite residual en relación con la masa del suelo, logrando un CBR al 95% de 63.5%, una reducción del contenido óptimo de humedad a 8.13% y un ligero incremento de la densidad máxima seca a 2.09 g/cm<sup>3</sup>. Estos resultados confirmaron la viabilidad del aceite residual como aditivo estabilizador para suelos que conforman la subrasante de carreteras.

Ventura (2021) destacó que la subrasante cumple un papel fundamental en el soporte estructural del pavimento; no obstante, cuando presenta una composición predominantemente cohesiva, tiende a ser altamente plástica, de baja resistencia y susceptible a la expansión ante la presencia de agua, incluso estando compactada. En ese contexto, propuso el uso de materiales residuales como aceite quemado y caucho reciclado, con el propósito de mejorar las propiedades del suelo y reducir la contaminación ambiental asociada a su disposición inadecuada. El diseño que mostró mejores resultados fue el D3, que consistió en la incorporación de 9% de aceite quemado y 9% de caucho granulado respecto a la masa del suelo. Esta combinación redujo el índice de plasticidad a 24.82%, frente al 30.19% del suelo natural; incrementó la densidad máxima seca hasta 1.47 g/cm<sup>3</sup> y redujo el contenido óptimo de humedad a 22.44%. Además, el CBR al 95% (a 0.1") alcanzó 47.81%, superando el valor del terreno natural, que era de 41.76%, demostrando así la efectividad del uso de residuos como alternativa de estabilización sostenible.

### **2.1.3. ANTECEDENTE LOCAL**

Jesús (2022), en su investigación titulada “Estabilización de suelos de fundación arcillosa con Extracto de Schinus molle para Subrasante, km 26+800 Carretera Huánuco – Punto Unión, 2021”, aborda la problemática recurrente en la construcción de carreteras relacionada con la presencia de suelos de baja capacidad portante (CBR reducido) y elevados porcentajes de expansión. Frente a ello, propone como alternativa tecnológica la estabilización del mismo suelo deficiente, evitando su reemplazo total por materiales que cumplan con las exigencias normativas vigentes. El estudio emplea el extracto de Schinus molle como agente estabilizador en un suelo arcilloso, con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, dado que inicialmente no reunía las condiciones requeridas para su uso en infraestructura vial. Se realizaron ensayos conforme al Manual de Ensayos de Carreteras tanto para el suelo natural como para el suelo tratado con el extracto vegetal. Los resultados evidenciaron mejoras en diversas propiedades del material, destacándose principalmente la reducción del porcentaje de expansión, lo que demuestra la viabilidad del Schinus molle como alternativa de estabilización.

Bonifacio (2023), en su tesis titulada “Efectos del vidrio triturado en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante en camino departamental UC-104 – Ucayali, 2023”, desarrollada en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, evaluó la incorporación de vidrio triturado como material estabilizador para mejorar la estabilidad y resistencia de suelos arcillosos. El estudio fue de tipo experimental, con enfoque cuantitativo y diseño explicativo. Se trabajó con muestras de subrasante del camino UC-104, a las cuales se adicionaron porcentajes de 0%, 8%, 12% y 16% de vidrio triturado. Se realizaron ensayos geotécnicos para analizar variaciones en los límites de consistencia, densidad máxima seca, contenido óptimo de humedad y CBR. Los resultados indicaron una mejora progresiva en las propiedades físico-mecánicas del suelo tratado. El CBR se incrementó de 3.01% (muestra natural) a 4.88% con una adición del 12% de vidrio, aumentando aproximadamente 1.62 veces su valor inicial, lo que permitió pasar de una subrasante insuficiente a una categoría inadecuada, aunque con mejor desempeño. Asimismo, el índice de plasticidad disminuyó de 42.61% a

35.57% con 16% de vidrio triturado. Sin embargo, la densidad máxima seca presentó una ligera disminución (de 1.723 a 1.668 g/cm<sup>3</sup> en promedio), mientras que el contenido óptimo de humedad aumentó moderadamente. En conclusión, la investigación demuestra que el uso de vidrio triturado constituye una alternativa viable para mejorar suelos arcillosos, aportando criterios técnicos relevantes para la construcción y mantenimiento vial con enfoque sostenible.

Quevedo (2021), en su tesis titulada “Aporte estructural del tratamiento superficial químico, con el aditivo CON-AID, en la capacidad de soporte del pavimento de la carretera vecinal UC-583 en el Distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali-2019”, también desarrollada en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, determinó la necesidad de intervenir la subrasante debido a que presentaba un CBR de 5.13%, clasificado como suelo “pobre” según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. De acuerdo con la normativa, los suelos con  $CBR \geq 6\%$  son considerados adecuados para subbase; por debajo de ese valor, la estructura del pavimento no puede colocarse sin previa estabilización o reemplazo del material. Tradicionalmente, esto implicaría excavación, eliminación del material existente y su sustitución por uno proveniente de cantera con CBR aproximado de 12%, generando mayores costos y plazos de ejecución. No obstante, mediante la aplicación del aditivo químico CON-AID, se logró incrementar el CBR de 5.31% a 14.13%, evitando la necesidad de movimiento de tierras y el uso de material de reemplazo. Este procedimiento permitió un ahorro económico del 22.64% en comparación con el diseño convencional, además de reducir el impacto ambiental al no requerir la extracción de materiales de cantera y disminuir los tiempos de ejecución.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

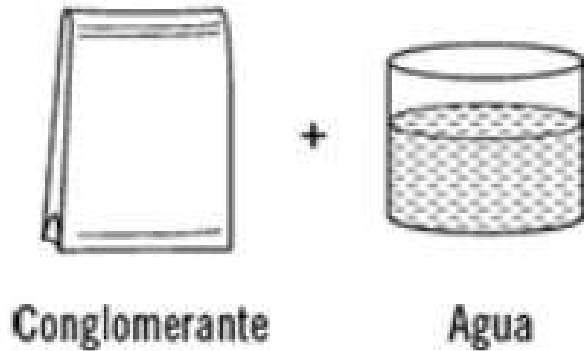
### **2.2.1. LECHADA**

Está constituida por la combinación de un conglomerante con agua, formando una mezcla de consistencia fluida que permite su bombeo e inyección rápida en la zona a tratar. La proporción de agua es un factor determinante en el desempeño y durabilidad de la lechada, ya que la relación agua–conglomerante (como en el caso del cemento) influye directamente en propiedades como la viscosidad, la exudación, el tiempo de fraguado y la

resistencia final. Por ello, se recomienda emplear relaciones agua/conglomerante medias o bajas, con el fin de favorecer la densificación y mejora del suelo tratado (Herreruela, 2021).

**Figura 1**

*Constitución de una lechada*



**Fuente.** (Herreruela, 2021)

#### **2.2.1.1. ATRIBUTOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LA LECHADA.**

Según la norma API SPEC 10A (2005) del Instituto Americano de Petróleo, las lechadas presentan propiedades que pueden clasificarse

en reológicas y físico-mecánicas:

- ❖ **Propiedades reológicas:** Están orientadas a controlar la facilidad con la que la lechada puede mezclarse y bombearse. Entre ellas se consideran:
  - **Viscosidad:** Representa la resistencia interna del fluido a deformarse cuando se le aplica un esfuerzo cortante por encima de su umbral de deformación plástica.
  - **Cohesión:** Corresponde a la fuerza de atracción entre las moléculas del líquido que permite mantener unidas sus partículas.
  - **Punto de cedencia:** Indica la resistencia inicial que debe superarse para que el fluido comience a fluir.
- ❖ **Comportamientos físicos y mecánicos:** Se enfocan en analizar las características del material tanto en estado fresco como endurecido:
  - **Finura:** Se determina mediante el método Blaine y evalúa el grado de molienda de las partículas del conglomerante.
  - **Exudación:** Es la cantidad de agua que se separa de la mezcla durante el proceso de endurecimiento, acumulándose generalmente en la superficie.

- **Tiempo de fraguado:** Es el intervalo durante el cual la lechada permanece en estado plástico hasta perder su trabajabilidad y transformarse en sólido.
- **Resistencia:** Facultad del material endurecido para resistir esfuerzos puntuales o distribuidas durante un intervalo largo.

#### 2.2.1.2. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA LECHADA

❖ **Aglomerantes:** Permiten unir partículas y generar cohesión en la mezcla. Según Weaver y Bruce (2007), los principales son:

- **Cemento:** Aglomerante hidráulico obtenido mediante la calcinación de rocas calizas, arcillas y areniscas, que produce un material pulverulento fino capaz de endurecer al reaccionar con el agua, desarrollando alta resistencia (Pasquel, 1999).

De acuerdo con la NTP 334.009 (2005), los cementos Portland se clasifican en:

- **Tipo I:** Empleado en estructuras no expuestas a ambientes agresivos, como pavimentos y puentes.
- **Tipo II:** Presenta resistencia media frente a sulfatos y menor energía desprendida durante la reacción de hidratación; adecuado para suelos y aguas con presencia moderada de sulfatos.
- **Tipo III:** Desarrolla alta resistencia inicial, ideal para climas fríos o cuando se requiere habilitar rápidamente la estructura.
- **Tipo IV:** Genera bajo calor de hidratación y resistencia progresiva; se utiliza en estructuras de gran volumen.
- **Tipo V:** Posee alta resistencia a sulfatos y baja permeabilidad; su desarrollo resistente es más lento en comparación con el Tipo I.

Asimismo, existen cementos adicionados que incorporan aire y presentan resistencia a sulfatos, regulados por la NTP 334.090.

- **Puzolanas:** Materiales ricos en sílice y alúmina que, aunque no son cementantes por sí mismos, reaccionan con la cal en presencia de agua formando compuestos con propiedades cementantes (ARGOS, 2023).

- **Arcillas:** Compuestas por partículas finas con comportamiento plástico al hidratarse. Con el tiempo pueden endurecer y alcanzar resistencias elevadas; cuando están bien compactadas, actúan como barrera impermeable (Weaver y Bruce, 2007).
- ❖ **Agua:** Es el elemento que permite la hidratación del conglomerante y aporta trabajabilidad a la mezcla. Debe cumplir requisitos de calidad para evitar reacciones químicas perjudiciales que afecten la resistencia, el fraguado o la estabilidad volumétrica. Se recomienda el uso de agua potable; si se emplean aguas no potables, la resistencia obtenida no debe ser inferior al 90% respecto a muestras elaboradas con agua destilada (Pasquel, 1999).
- ❖ **Aditivos:** Son sustancias que modifican el comportamiento de la lechada para optimizar propiedades como resistencia, empleo de agua o tiempo de fraguado. Según la API RP 10B (2014), se clasifican en:
  - **Aceleradores:** Reducen el lapso de endurecimiento.
  - **Retardadores:** Prolongan el tiempo de fraguado inicial y permiten trabajar en condiciones de alta temperatura y presión (ácidos hidroxicarboxílicos, organofosfonatos, lignosulfonatos).
  - **Reductores de densidad:** Disminuyen el contenido de cantidad de cemento por volumen.
  - **Densificantes:** Incrementan el peso específico de la mezcla.
  - **Aditivos reductores de pérdida de fluidos:** Evitan la deshidratación prematura.
  - **Reductores de fricción:** Disminuyen la viscosidad y mejoran el flujo de la lechada (polímeros, sales).

### 2.2.2. SUPERFICIE DE RODADURA NO PAVIMENTADA

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), las vías no pavimentadas están constituidas por una subrasante correspondiente al terreno natural y una capa superior de material granular tratado. Estas vías cumplen con criterios de diseño geométrico, tanto en sección transversal como longitudinal, para garantizar la conectividad. Se clasifican en:

- ❖ **Carreteras de tierra:** Formadas por suelo natural mejorado con grava seleccionada.

- ❖ **Carreteras de grava:** Revestidas con agregado pétreo cuya medida máxima alcanza los 75 mm.
- ❖ **Carreteras afirmadas:** Compuestas con material extraído de cantera dosificado con materiales minerales como piedra, arena y arcilla, con tamaño máximo de 25 mm.
- ❖ **Carreteras con superficie estabilizada:** Tratadas con agentes como cemento, cal, asfalto u otros aditivos químicos.

#### **2.2.2.1. SUBRASANTE**

La subrasante corresponde a la capa superior de la superficie natural del terreno debidamente nivelado que sirve de soporte a el sistema estructural del pavimento o afirmado. Está conformada por suelos que deben cumplir criterios técnicos mínimos para evitar fallas bajo la acción de cargas vehiculares.

El espesor mínimo considerado para la evaluación del suelo debe ser de 0.60 m como mínimo, junto con la correspondiente compactación requerida de 95% de la densidad máxima seca determinada mediante el ensayo Proctor Modificado. El material debe presentar un CBR  $\geq 6\%$ ; en caso contrario, se deben aplicar alternativas como la estabilización química o mecánica para mejorar su comportamiento.

La caracterización física y mecánica se realiza mediante calicatas de al menos 1.50 m de profundidad. El total de calicatas ejecutadas por kilómetro depende del tipo de vía y la longitud del tramo; si este tiene entre 500 m y 1 km, se aplica la cantidad establecida según normativa, y si es menor a 500 m, se considera la mitad del número correspondiente.

**Figura 2**

*Cantidad de calicatas para la investigación geotécnica del suelo*

**Número de Calicatas para Exploración de Suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

**Fuente.** (MTC, 2014)

**2.2.3. IDENTIFICACIÓN DE SUELOS**

La identificación del suelo comprende el análisis de las características morfológicas de las partículas que lo componen, considerando principalmente su distribución granulométrica y sus límites de Atterberg, parámetros que permiten establecer su clasificación geotécnica (Lambe y Whitman, 2004, p. 41).

Según MTC (2014), la clasificación de suelos con fines viales se realiza mediante los siguientes sistemas:

- **Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS):** Este método se emplea para clasificar suelos de origen mineral u orgánico en diversos proyectos de ingeniería. Se fundamenta en la evaluación de la granulometría y de los límites de consistencia, lo que permite asignar una simbología y un nombre representativo al grupo al que pertenece el material (NTP 339.134, 1999).

- **Sistema AASHTO:** Este sistema utiliza como parámetros principales el porcentaje que pasa el tamiz N° 200, el límite líquido y el límite plástico. Es un método orientado específicamente a la construcción de carreteras y permite determinar el índice de grupo, el cual facilita la comparación del comportamiento de distintos suelos dentro de una misma clasificación (Bowles, 1981, p. 71).

Figura 3

Sistema Unificado para la Clasificación de Suelos (SUCS)

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SIMBOLO DEL GRUPO	% PASA 0.075MM	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO							
SUELO DE GRANO GRSUO < 50% PASA 0.08MM (TAMIZ # 200)	GRAVAS < 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	GW	< 5	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	CURIOS CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO: GW, GP, SV, SP G, GM, GS, SM, SC CUSOS LIMITES QUE REQUIERE EN EL EMPLEO DE LOS SIMBOLOS (GW, GC, G, GM, SV, SM, SP, SC) = TAMIZ # 200 MENOS DEL 5% MAS DEL 5% 5% AL 12%	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 4	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW (GP = $Cu \leq 6$ y $Cc \leq 1$ o $Cc > 3$ ) - (GW = $Cu > 4$ y $Cc = 1$ a 3)				
				GP	< 5	GRAVA MAL GRADUADA, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS								
	GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRICCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	GM	> 12	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA MAL GRADUADA DE GRAVA, ARENA Y LIMO	LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $Ip$ MENOR QUE 4 ( $Ip = 0.73(WL - 20) < 4$ ) POR ENCIMA DE LA LINEA A CON $Ip$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERE EN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES								
			GC	> 12	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLA MAL GRADUADA DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA									
	ARENAS > 50% PASA 0.05MM (TAMIZ # 4)	ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	SW	< 5					ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 6	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW (SW = $Cu > 6$ y $Cc = 1$ a 3) - (SP = $Cu \leq 6$ y $Cc < 1$ o $Cc > 3$ )
					SP	< 5					ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS			
ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRICCION FINA NO PLASTICA (PARA IDENTIFICARLOS VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	SM	> 12	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS	LIMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA A O $Ip$ MENOR QUE 4 POR ENCIMA DE LA LINEA A CON $Ip$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERE EN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES									
		SC	> 12	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS										
MÉTODOS DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40														
SUELO DE GRANO FINO > 50% PASA 0.08MM (TAMIZ # 200)	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGRAGACION)	DILATACION (REACCION A LA AGITACION)	TENAGIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, FIDVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD	UTILIZESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO DE TERMINARSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200). LOS SUELOS GRUPOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: MENOS DEL 5% MAS DEL 5% 5% AL 12%	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR QUE 6	$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$ ENTRE 1 Y 3	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW (SW = $Cu > 6$ y $Cc = 1$ a 3) - (SP = $Cu \leq 6$ y $Cc < 1$ o $Cc > 3$ )				
					CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS								
					OL	LIMOS INORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD								
	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISGRAGACION)	DILATACION (REACCION A LA AGITACION)	TENAGIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)	NH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS INCLUIDOS CON DIATOMAS, LIMOS ELASTICOS								
					CH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA								
					OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA								
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS				PI	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS									

LINEA A:  $Ip = 0.73 (WL - 20)$

COMPARANDO CON SUELOS CON EL MISMO LIMITE LIQUIDO

GRAFICO DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE GRANO FINO

Fuente. (Lambe y Whitman, 2004)

**Figura 4**

*Sistema de clasificación de suelos ASSHTO*

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
<b>ESTADO DE CONSISTENCIA</b> (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Limite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP < LL-30)	>41 (IP > LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>≤ 4</b>		<b>≤ 8</b>	<b>≤ 12</b>	<b>≤ 20</b>		<b>≤ 20</b>		
<b>TIPOLOGÍA</b>	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>CALIDAD</b>	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

*Fuente.* (EG-CBT, 2008)

### 2.2.4. PROPIEDADES DE UN SUELOS A NIVEL DE SUBRASANTE

De acuerdo con el EG-CBT (2008, p. 132), es posible determinar diversas propiedades del suelo cuando este cumple la función de subrasante.:

**2.2.4.1. GRANULOMETRÍA.** Corresponde a la clasificación de las partículas del suelo de acuerdo con su tamaño. Esta característica se evalúa mediante el ensayo de cribado o tamizado, el cual permite analizar la gradación del material y describir su composición granulométrica (Badillo y Rico, 2005, p. 97).

**Tabla 1**

*Dimensión de las partículas que componen un suelo*

Tipo de material	Tamaño granular
<b>Grava</b>	75 mm - 2 mm
	Arena gruesa: 2 mm - 0.2
<b>Arena</b>	mm
	Arena fina: 2 mm - 0.05 mm
<b>Limo</b>	0.05 mm - 0.005 mm
<b>Arcilla</b>	Menor a 0.005 mm

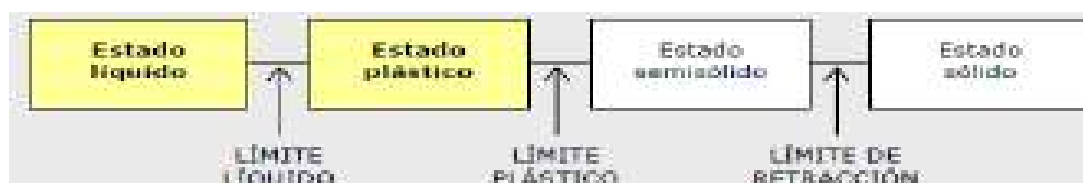
*Fuente.* (EG-CBT, 2008)

**2.2.4.2. PLASTICIDAD.** De acuerdo con el MTC (2014, p. 31), la plasticidad del suelo está relacionada con la proporción y naturaleza del material fino que lo compone, así como con el contenido variable de humedad, el cual genera cambios progresivos en su consistencia sin que el material se desintegre. Para evaluar el comportamiento del suelo en función del contenido de agua y su cohesión, se determinan los límites de Atterberg, los cuales son:

- ❖ **Límite líquido (LL):** Se refiere al contenido de humedad en el cual el suelo cambia de un estado plástico a una condición semilíquida, perdiendo su capacidad de mantener forma.
- ❖ **Límite plástico (LP):** Se define como el contenido de humedad en el que el suelo pasa del estado plástico al estado semisólido, comenzando a agrietarse o fracturarse.
- ❖ **Límite de contracción:** Representa el punto de transición del suelo entre el estado semisólido y el sólido, dejando de reducir su volumen aun cuando continúa perdiendo humedad.

**Figura 5**

*Fases o condiciones de consistencia del suelo*



**Fuente.** (Bañón y Beviá, 2007)

**Tabla 2**

*Determinación de la consistencia del suelo destinado a subrasante*

Intervalos de consistencia del suelo determinados mediante ensayos de laboratorio	
Índice de plasticidad	Características
IP>20	Suelos muy arcillosos
20>IP>10	Suelos arcillosos
10>IP>4	Suelos poco arcillosos
IP=0	Suelos exentos de arcilla
Equivalente de arena	Características
EA>40	Suelo no plástico, es de arena
40>EA>20	Suelo poco plástico y no heladizo
EA<20	Suelo plástico y arcilloso
Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG>9	Muy pobre

IG está entré 4 a 9	Pobre
IG está entré 2 a 4	Regular
IG está entré 1 a 2	Bueno
IG está entré 0 a 1	Muy bueno

**Fuente.** (EG-CBT, 2008)

**2.2.4.3. VALOR DE SOPORTE (CBR).** El CBR se trata de un ensayo empleado como prueba de control para evaluar la resistencia mecánica del suelo. Este procedimiento determina la capacidad de soporte del material al medir La presión que se requiere para que un pistón estándar penetre una muestra previamente saturada hasta una profundidad específica (Bañón y Beviá, 2007).

**Tabla 3**

*Valores de referencia del CBR según tipo de suelo y aplicación*

CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			SUCS	ASSTHO
0 - 3%	Muy pobre	Sub rasante	OCH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3% - 7%	Muy pobre regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7% - 20%	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20% - 50%	Bueno	Sub base y base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b, A2-5, A-3, A2-6
>50%	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A-3

**Fuente.** (Chang ,2015)

**Tabla 4**

*Índice de capacidad de soporte aplicado a materiales viales*

<b>CBR para sub rasante</b>	Mínimo 6%	Considerado al 95% de la densidad máxima seca y con una penetración de 0.1" (2.5 mm)
<b>CBR para afirmado</b>	Mínimo 40%	
<b>CBR en sub base granular</b>	Mínimo 40%	Considerado al 100% de la densidad máxima seca, con una penetración de 0.1" (2.5 mm)
<b>CBR en base granular</b>		
- Para tráfico ligero a medio	Mínimo 80%	
- Para tráfico pesado	Mínimo 100%	

**Fuente.** (MTC, 2014)

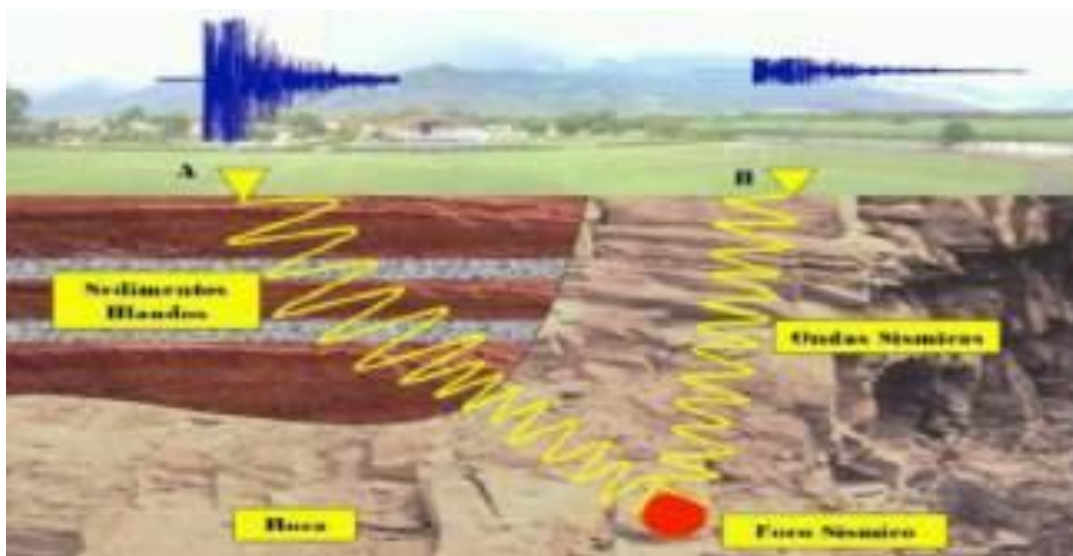
### 2.2.5. SUELOS BLANDOS

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 (2016),

el perfil tipo S3 corresponde a suelos de comportamiento flexible, caracterizados por su baja capacidad portante cuando son sometidos a cargas estáticas o dinámicas. Estos materiales tienden a experimentar deformaciones apreciables, fisuración y asentamientos del terreno. Generalmente, este perfil incluye arenas de granulometría media a fina y suelos cohesivos blandos, como las arcillas.

**Figura 6**

*Impacto de la acción sísmica en suelos de baja rigidez*



**Fuente.** (Astwwod, 2013).

## 2.2.6. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos busca mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia, durabilidad, plasticidad, permeabilidad y densidad, mediante la adición de materiales estabilizantes de origen natural, sintético o químico. Este procedimiento se aplica principalmente en la capa subrasante cuando el suelo presenta baja capacidad portante o comportamiento inestable. Además, constituye una alternativa económica frente al reemplazo total del material, especialmente cuando las canteras que suministran agregados adecuados se encuentran alejadas del proyecto, lo que incrementa los costos de extracción y transporte (Montejo, 2018).

El MTC (2014) señala que a efectos de establecer el método de estabilización más adecuado deben considerarse los siguientes aspectos:

- Tipo de suelo a intervenir.
- Tipo de proyecto en el que habrá de usarse el material estabilizado.
- Naturaleza del agente estabilizador.

- Conocimiento del procedimiento de estabilización a aplicar.
- Disponibilidad del aditivo estabilizador.
- Disponibilidad de equipos apropiados para su ejecución.
- Evaluación comparativa de costos.

Según el Manual de Carreteras (MTC, 2014), sección Suelos y Pavimentos, los principales métodos son:

- Estabilización mecánica: Se basa en la utilización de equipos de compactación con el propósito de disminuir el volumen de vacíos presentes en el suelo existente.
- Estabilización por mezcla de suelos: Se basa en combinar el material natural con otro proveniente de cantera para mejorar sus características.
- Estabilización por sustitución: Implica retirar una capa de suelo natural (aproximadamente 15 cm) y reemplazarla por material de mejores propiedades.
- Estabilización con cal, cemento u otros conglomerantes: Utiliza materiales que reaccionan con el agua y desarrollan resistencia al endurecer.
- Estabilización con escoria: Actúa como refuerzo y mejora el comportamiento del agregado.
- Estabilización con cloruros: Reduce la pérdida de agua de compactación por evaporación y controla la generación de polvo.
- Estabilización con productos asfálticos: Proporciona impermeabilidad al suelo tratado.
- Estabilización con geosintéticos: Aporta resistencia a tracción y mejora el desempeño estructural.

#### **2.2.6.1. ASPECTOS FAVORABLES DEL SUELO**

**ESTABILIZADO.** De acuerdo con ANTER (2008), la estabilización contribuye a la sostenibilidad ambiental al maximizar el aprovechamiento del suelo existente. Entre sus principales beneficios se destacan:

##### **❖ Ventajas técnicas**

- Permite transformar el suelo natural en una capa tratada homogénea con mayor capacidad portante.
- Reduce el deterioro de la vía y extiende su vida útil.

- Disminuye la sensibilidad al agua y a las heladas, limitando el hinchamiento y aumentando la resistencia a la erosión.

❖ **Ventajas económicas**

- Permite un menor consumo de material granular y los costos de transporte.
- Acorta los plazos de ejecución mediante el uso de equipos especializados de alto rendimiento.
- Permite disminuir el grosor de las capas estructurales del pavimento (subbase, base y rodadura) al contar con una subrasante de mayor capacidad de soporte.

❖ **Ventajas ambientales**

- Minimiza la necesidad de abrir nuevos vertederos y explotar canteras.
- Reduce emisiones de CO<sub>2</sub>, polvo y procesos erosivos asociados al transporte de materiales.

### **2.2.7. EQUIPOS PARA DISTRIBUCIÓN DEL CONGLOMERADO**

En los procesos de estabilización de suelos se emplean equipos especializados que permiten distribuir y mezclar el conglomerante con agua directamente en el lugar de intervención (in situ). Este procedimiento se caracteriza por su relativa simplicidad operativa, menor requerimiento logístico y alta eficiencia durante el transporte, la distribución y la compactación del material tratado (ANTER, 2008).

#### **2.2.7.1. DISTRIBUCIÓN POR VÍA SECA**

- ❖ En este método, el conglomerante se esparce sobre el suelo previamente escarificado o pulverizado mediante equipos que regulan su descarga a través de compuertas. En algunos casos, especialmente cuando no se dispone de maquinaria especializada, la distribución se realiza manualmente colocando sacos del material estabilizador a lo largo del terreno para su posterior extendido y mezclado.

**Figura 7**

*Camión distribuidor mecánico de material*



**Fuente.** (Gross y Adaska, 2020)

- ❖ Se procede a la humidificación del suelo mediante el riego de agua en la superficie, utilizando cisternas o equipos especializados de estabilización que incorporan agua y aditivos líquidos dosificados directamente en la cámara de mezcla.

**Figura 8**

*Hidratación del suelo mediante método de aplicación en seco*

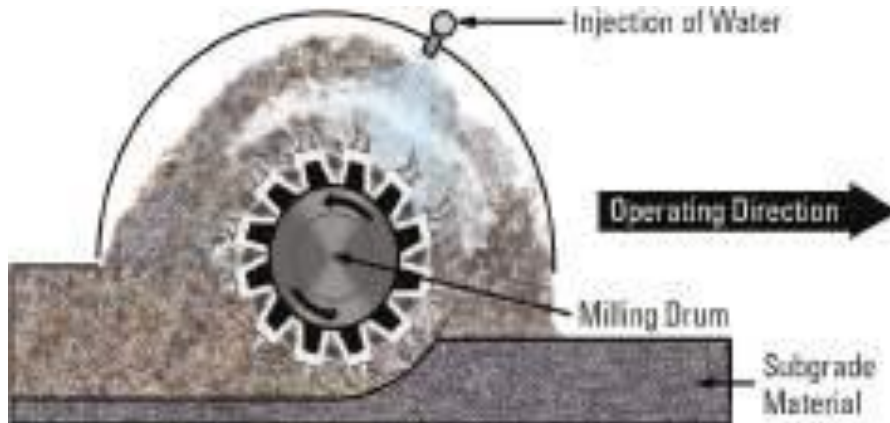


**Fuente.** (Gross y Adaska, 2020)

- ❖ Posteriormente, se procede a integrar el conglomerante con la subrasante; para ello, se recomienda pulverizar el suelo al mayor grado posible y ajustar el contenido de humedad a su valor óptimo antes de efectuar la compactación.

**Figura 9**

*Procedimiento de mezcla mediante el método en seco*



**Fuente.** (Gross y Adaska, 2020)

- ❖ Finalmente, se ejecuta la compactación de forma inmediata después del mezclado del suelo con el conglomerante, con el fin de alcanzar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad, garantizando así estabilidad estructural y adecuada resistencia a la compresión.

**Figura 10**

*Maquinaria empleada para la compactación de suelos*



**Fuente.** (Gross y Adaska, 2020)

#### **2.2.7.2. DISTRIBUCIÓN POR VÍA HÚMEDA**

- ❖ El procedimiento comienza a través del escarificado del suelo presente, a fin de permitir la inyección simultánea del ligante y el agua en forma de lechada, la cual es previamente preparada en la cámara de mezclado y posteriormente incorporada al material del terreno natural.
- ❖ El equipo destinado a la aplicación del conglomerante en estado líquido debe reunir las siguientes condiciones:

- Disponer de un tanque o depósito para almacenamiento de agua.
- Contar con un silo para el almacenamiento del conglomerante.
- Incorporar una cámara de dosificación que permita regular la preparación y suministro de la lechada.

**Figura 11**

*Procedimiento de mezcla del suelo mediante inyección de lechada*



**Fuente.** (Ecoasfalt, 2019)

- ❖ Se procede a integrar la mezcla de lechada y suelo previamente disgregado, utilizando un equipo especializado que dispone de una cámara de mezclado para garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- ❖ Posteriormente, se da inicio inmediato al compactado y nivelado del suelo estabilizado mediante lechada, a fin de evitar la pérdida de trabajabilidad por disminución de humedad; la conformación final de la superficie se realiza con apoyo de una motoniveladora.

**Figura 12**

*Diagrama operativo del procedimiento por vía húmeda*



**Fuente.** (Ecoasfalt, 2019)

## **2.2.8. TÉCNICAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA**

Este método de estabilización vial se ejecuta mediante maquinaria de

tecnología avanzada que permite trabajar bajo el sistema de vía húmeda, el cual consiste en incorporar el conglomerante en forma de lechada durante la etapa de mezclado con el suelo natural por intervenir. La inyección se realiza a través de un equipo dosificador controlado por un sistema computarizado, donde se programan previamente los parámetros operativos del proceso (IECA, 2019).

**Figura 13**

*Aplicación de lechada de cemento mediante el método en vía húmeda*



**Fuente.** (Gross y Adaska, 2020)

Para que la lechada pueda ser bombeada adecuadamente, su contenido de sólidos no debe superar el 40%, a fin de facilitar su inyección en la cámara de mezclado. No obstante, la proporción agua-cemento influye de forma directa en la resistencia del espécimen final. Una de las principales ventajas del método por vía húmeda es la exactitud en la dosificación, ya que el conglomerante se incorpora en estado líquido, lo que permite una mezcla más homogénea con el suelo. Además, reduce la pérdida de material por efecto del viento y limita considerablemente la liberación de polvo al ambiente durante la ejecución (ANTER, 2008).

### **2.2.9. TIPOS DE LECHADAS**

Según Yepes (2008), las lechadas empleadas en la inyección de terrenos se clasifican en:

- **Lechadas inestables:** Compuestas por cemento diluido en agua, tienden a sedimentarse cuando cesa la agitación. Son utilizadas principalmente en formaciones rocosas o materiales granulares, con

relaciones agua/cemento que pueden variar entre 0.5, 1, 2 y 3.

- **Lechadas estables:** Se obtienen mediante la mezcla de cemento y arcilla con agua, lo que mejora su estabilidad y reduce la sedimentación; la dosificación depende de las condiciones del proyecto.
- **Lechadas fluidas o soluciones:** No contienen material sólido en estado de suspensión, sino que están constituidas por emulsiones, como las resinas, que mantienen su viscosidad incluso durante el proceso de solidificación.
- **Lechada impermeabilizante casera:** Elaborada a partir de la mezcla de aceite residual con cal o cemento, generalmente en una proporción aproximada de 0.25, logrando una condición de fluidez intermedia (Pruneda, 2021).

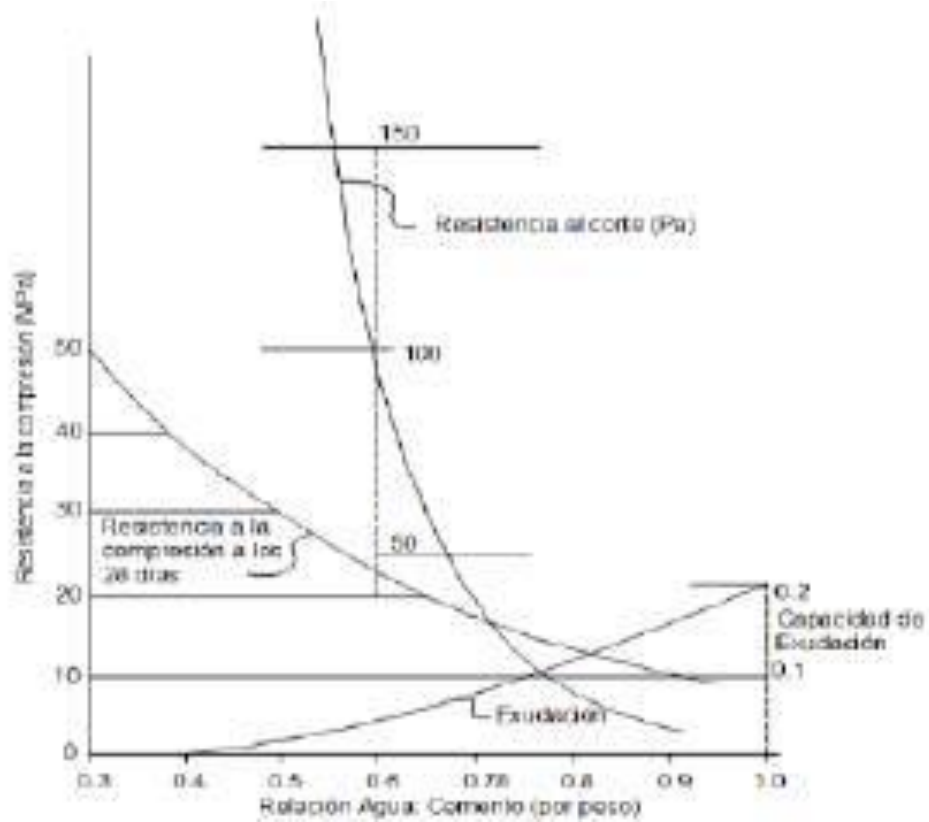
#### **2.2.10. DISEÑO DE MEZCLA DE UNA LECHADA**

De acuerdo con Weaver y Bruce (2007), el diseño de una lechada debe garantizar una consistencia suficientemente fluida para permitir su adecuada penetración durante la inyección en masas rocosas o suelos. Las mezclas con baja relación agua/cemento, complementadas con aditivos plastificantes, presentan baja viscosidad (tiempos menores a 50 segundos), exudación reducida y presión filtrante reducida, lo que minimiza la pérdida de agua. Estas características las convierten en las más empleadas en procesos de inyección. Una relación óptima agua/cemento se sitúa entre 0.6 y 0.8, ya que favorece el incremento de la resistencia. Si la relación es inferior a 0.45, aunque la resistencia aumenta, la mezcla pierde bombeabilidad.

Por otro lado, cuando se requiere una mezcla con mayor fluidez y mayor contenido de agua libre en la superficie —aunque con menor resistencia y mayor permeabilidad— se emplean relaciones agua/cemento entre 1.0 y 1.5. En aplicaciones específicas, como la mejora de las cimentaciones de presas, la relación puede superar 5.0, generando mezclas altamente diluidas que buscan estabilidad y durabilidad a largo plazo, dependiendo de los requerimientos del proyecto (Rico y Gutiérrez, 2019).

**Figura 14**

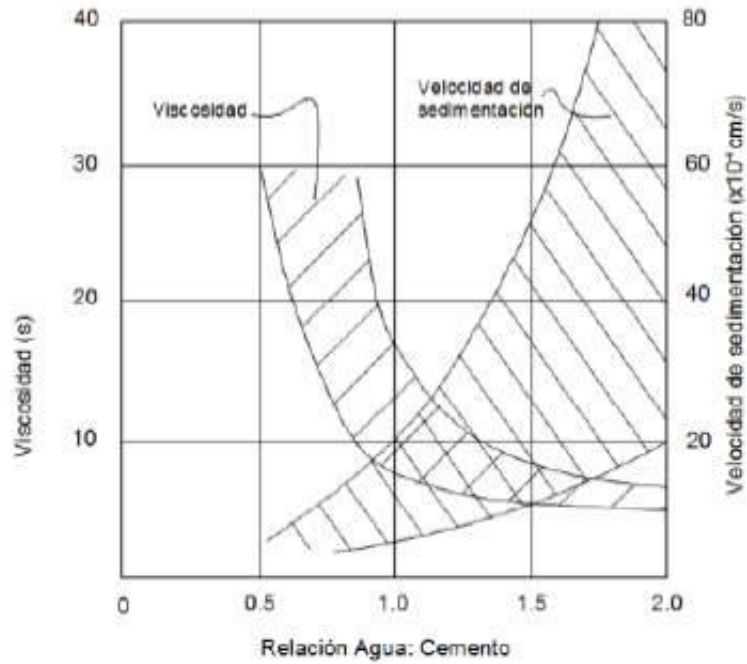
*Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia a compresión*



**Fuente.** (Weaver y Bruce, 2007)

**Figura 15**

*Efecto de la relación agua/cemento en la viscosidad y en la velocidad de sedimentación*



**Fuente.** (Weaver y Bruce, 2007)

De acuerdo con la norma API RP 10B (2014), el proceso para la

preparación de lechadas en laboratorio se realiza mediante un equipo mezclador tipo licuadora, provisto de un motor con velocidad de  $4000 \pm 200$  revoluciones por minuto. El proceso comienza incorporando el conglomerante de manera homogénea a lo largo del tiempo máximo de 15 segundos; posteriormente, se agrega el agua y se continúa el mezclado hasta lograr una mezcla homogénea durante  $35 \pm 1$  segundos. Asimismo, se establece que la temperatura tanto del agua como del conglomerante debe mantenerse dentro de un rango de  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  para garantizar la correcta preparación de la lechada.

**Figura 16**

*Equipo mezclador de lechada tipo licuadora de laboratorio*



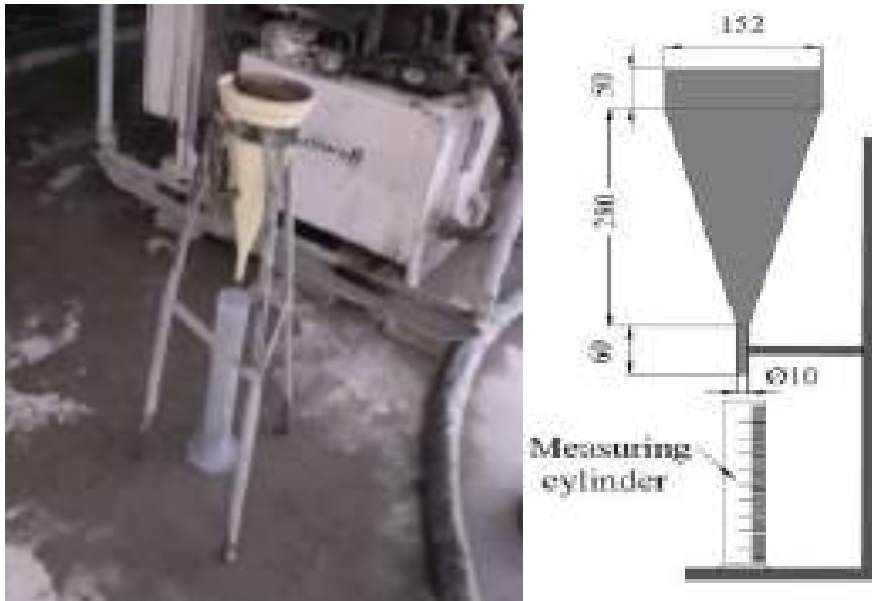
**Fuente.** (API RP 10B, 2014)

## **2.2.11. PRUEBAS DE CONTROL PARA LECHADAS**

**2.2.11.1. VISCOSIDAD.** La viscosidad de una lechada se determina mediante el uso del cono de Marsh, instrumento que permite medir el tiempo que tarda la mezcla en descargarse para llenar un volumen previamente establecido. El resultado se expresa en segundos y representa la fluidez del material (ASTM C 939, 2002).

**Figura 17**

*Cono de Marsh utilizado para el ensayo de viscosidad*



**Fuente.** (Rico y Gutiérrez, 2019)

**2.2.11.2. DENSIDAD DE LECHADA.** La determinación de la densidad de la lechada se realiza mediante el uso de una balanza de lodos, instrumento diseñado específicamente para calcular la gravedad específica de sustancias fluidas. Este ensayo se basa en el principio de flotación, considerando la diferencia entre la densidad de los sólidos presentes y la del fluido en el que se encuentran suspendidos (API RP 10B, 2014).

**Figura 18**

*Balanza convencional para la determinación de densidad en fluidos presurizados*



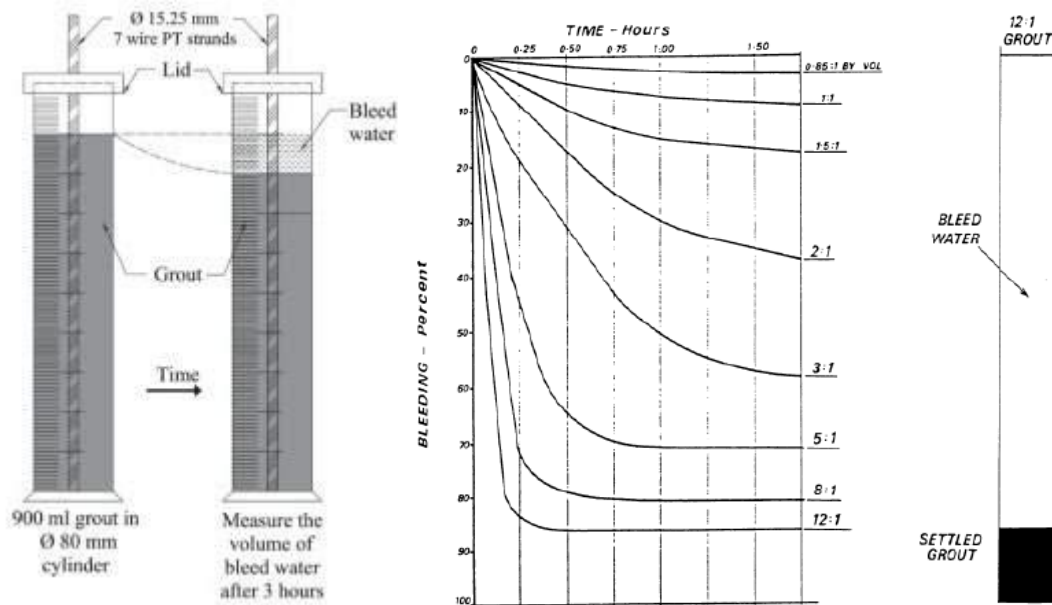
**Fuente.** (API RP 10B, 2014)

**2.2.11.3. EXUDACIÓN.** El agua aporta fluidez a la lechada; sin embargo, cuando su proporción es excesiva, puede afectar negativamente tanto la resistencia como la capacidad de bombeo de la mezcla. Durante el proceso de sedimentación, las partículas del conglomerante tienden a depositarse en la parte inferior, mientras que el agua libre se acumula en la

superficie. La evaluación de este fenómeno se realiza aproximadamente tres horas después de preparada la lechada, conforme a lo establecido en la norma ASTM C 940 (2003).

**Figura 19**

*Proporción de agua exudada en las lechadas según la relación agua/cemento*

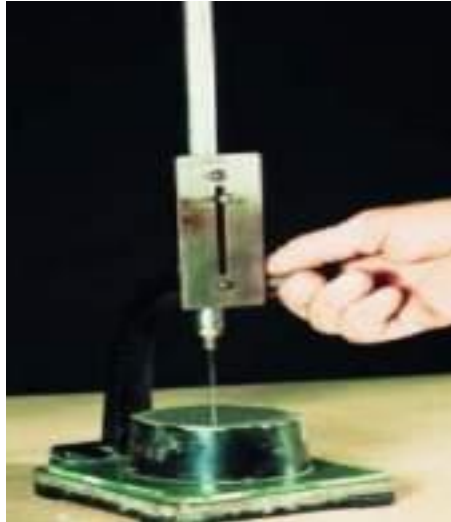


**Fuente.** (Houlsby, 1990)

**2.2.11.4. TIEMPO DE FRAGUADO.** Corresponde a la medición del periodo que requiere la mezcla cementante para perder su fluidez y plasticidad, iniciando así el proceso de endurecimiento. Este parámetro es fundamental para verificar que la lechada cumpla con los tiempos adecuados de transporte y colocación en obra. Para su determinación se emplea el equipo conocido como aguja de Vicat, conforme a la norma ASTM C 191 (2001).

**Figura 20**

*Aparato de Vicat utilizado para determinar el tiempo de fraguado de lechadas*



**Fuente.** (Kosmatka et al, 2004)

**2.2.11.5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LECHADAS.** La evaluación de la resistencia a compresión de las lechadas se realiza mediante el moldeo de especímenes en forma de cubos de 50 mm de arista. Transcurridas 24 horas, las probetas se desmoldan y se colocan en agua saturada con cal para iniciar el proceso de curado. Una vez cumplidos los 28 días, los especímenes se someten a ensayo aplicando una carga axial de compresión distribuida uniformemente sobre toda el área de contacto, conforme a lo establecido en la norma ASTM C109 (2016).

**Figura 21**

*Moldeo de especímenes cúbicos de 50 mm para el ensayo de resistencia a compresión*



**Fuente.** (Kosmatka et al, 2004)

## **2.2.12. PROPIEDADES DE INGENIERÍA PARA SUELOS BLANDOS**

**2.2.12.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS.** La compactación consiste en un procedimiento mecánico que permite aumentar la densidad del

suelo mediante la disminución del volumen de vacíos presentes entre sus partículas. Este procedimiento permite controlar la absorción de agua, incrementar la resistencia al esfuerzo cortante y reducir la tendencia a variaciones de volumen. Existen diversos tipos de rodillos y equipos de compactación, cada uno diseñado para condiciones específicas según la clasificación del suelo y el espesor de las capas a tratar (Whitlow, 1999, p. 63).

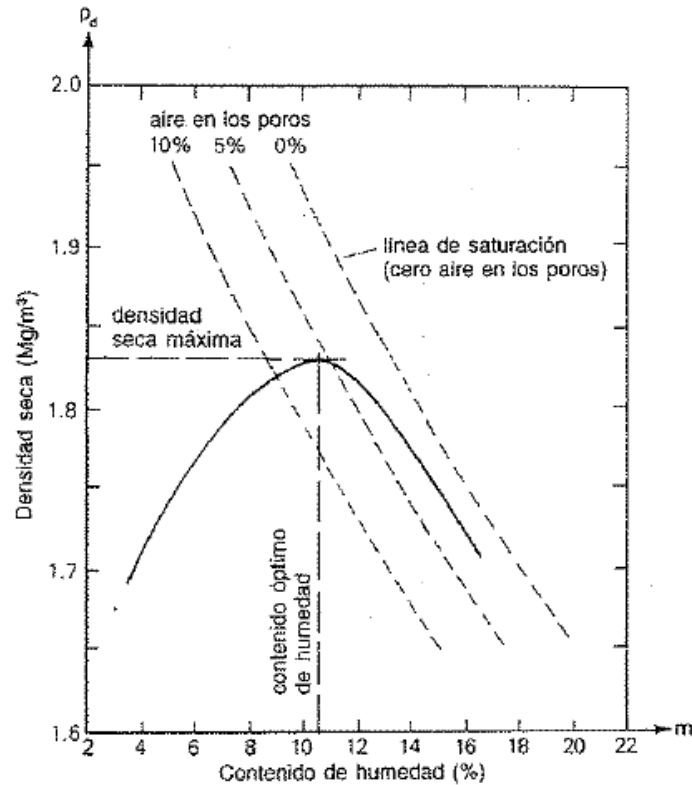
En laboratorio, la compactación se evalúa mediante el ensayo Proctor Modificado, el cual establece la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo. Este ensayo contempla distintos métodos en función del tamaño de las partículas, definiendo el diámetro del molde, el peso del pisón de compactación y el procedimiento de preparación del material según los tamices especificados (ASTM D 1557, 2012).

**2.2.12.1.1. DENSIDAD MÁXIMA SECA.** La densidad máxima seca representa la mayor masa de suelo por unidad de volumen que puede alcanzarse bajo una magnitud determinada de energía de compactación. Se obtiene a partir de la relación entre la densidad total y el contenido de humedad, identificando el punto máximo en la curva de compactación generada en el ensayo (Whitlow, 1999, p. 64).

**2.2.12.1.2. ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.** El contenido óptimo de humedad corresponde a la cantidad de agua que debe incorporarse al suelo seco para que sus partículas se cohesionen adecuadamente y se logre la máxima densificación. En este punto, el suelo alcanza su mayor resistencia y mínima proporción de vacíos (Whitlow, 1999, p. 64).

**Figura 22**

Curva de compactación que relaciona la densidad seca con el contenido de humedad



**Fuente.** Adaptada de la “Fundamentos de Mecánica de suelos”, por Whitlow. 1999, p.65.

**2.2.12.2. EXPANSIÓN.** La expansión corresponde a la evaluación

del incremento volumétrico que experimenta el suelo como consecuencia de variaciones en su contenido de humedad. Este ensayo se ejecuta mediante la inmersión de una muestra previamente compactada, aplicando una pequeña sobrecarga que simula las condiciones de carga vehicular. Para medir el grado de hinchamiento se emplea un dispositivo de lectura, generalmente un penetrómetro o reloj comparador, que registra las deformaciones producidas. Las mediciones se efectúan cada 12 horas, con el fin de obtener datos acumulativos precisos sobre el comportamiento expansivo del suelo (Das, 1999).

**Tabla 5**

*Clasificación del suelo según su nivel de expansión porcentual*

Límite líquido	Índice de plasticidad	Expansión potencial	Potencial de expansión
<50	<25	<0.5	Baja
50 - 60	25 - 35	0.5 - 1.5	Marginal
>60	>35	>1.5	Alta

**Fuente.** (Das, 1999)

**2.2.12.3. ÍNDICE DE RESISTENCIA (CBR).** Es un parámetro que evalúa la capacidad del suelo para resistir fuerzas de corte bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Este índice se determina a partir de la relación entre la carga aplicada y la penetración del pistón estándar a profundidades de 0.1 y 0.2 pulgadas, sobre una muestra previamente compactada al contenido óptimo de humedad y densidad especificada (Bowles, 1981).

**Tabla 6**

*Estado de la subrasante en función del valor de CBR obtenido*

<b>S0: Subrasante muy pobre</b>	CBR < 3%
<b>S1: Subrasante pobre</b>	CBR = 3% - 5%
<b>S2: Subrasante regular</b>	CBR = 6% - 10%
<b>S3: Subrasante buena</b>	CBR = 11% - 19%
<b>S4: Subrasante muy buena</b>	CBR = 20% - 29%
<b>S5: Subrasante excelente</b>	CBR ≥ 30%

*Fuente.* (MTC, 2014)

**2.2.12.4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE.** También denominada resistencia a compresión no confinada, consiste en aplicar una carga axial sobre una muestra cilíndrica de suelo sin restricción lateral. Este ensayo permite determinar el cambio de forma producido y la carga máxima que provoca la falla del material (Llorens, 2007).

**Tabla 7**

*Rangos de resistencia a compresión no confinada en suelos*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Resistencia a compresión simple (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Suelos muy flojos o muy blandos	0-80
Suelos flojos o blandos	80-150
Suelos medios	150-300
Suelos compactos o duros	300-500
Rocas blandas	500-5000
Rocas duras	5000-40000
Rocas muy duras	>40000

*Fuente.* (Yepes, 2019)

### **2.2.13. PARÁMETROS DE CONTROL DE UNA SUBRASANTE**

Corresponden a los intervalos permitidos para materiales destinados específicamente a la capa subrasante, ya sea que se trate de terreno natural

o de un suelo previamente estabilizado. Estos valores son verificados mediante ensayos establecidos en normas técnicas y manuales de control de calidad.

De acuerdo con Crespo (2004, p. 138), se presentan criterios técnicos para obras de caminos y calles, haciendo especial énfasis en los requisitos que debe cumplir el material de subrasante, conforme a los lineamientos y controles de calidad establecidos por el Instituto Mexicano del Transporte.

**Tabla 8**

*Condiciones de calidad del material destinado a la subrasante*

<b>Características</b>	<b>Deseable</b>	<b>Adecuada</b>	<b>Tolerable</b>
Tamaño máximo	75 mm	75 mm	75 mm
Partículas finas pasante N°200, máx.	25%	35%	40%
Límite Líquido, máx.	30%	40%	50%
Índice plástico, máx.	10%	20%	25%
Compactación, mín.	100%	100 ± 2%	100 ± 2%
CBR, mín.	30%	20%	15%

**Fuente.** (Crespo. 2004)

**Tabla 9**

*Criterios de calidad exigidos para el material de la capa subrasante*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Tamaño máximo	76 mm
Límite Líquido	40%
Índice plástico máximo	12%
Valor de Soporte de California (CBR) mínimo	20%
Expansión máxima	2%
Grado de compactación, mín.	100 ± 2%

**Fuente.** (N.CMT.1.03, 2021)

De igual manera, el MTC (2014, p. 40) establece que el espesor mínimo de la capa de subrasante debe ser de 0.60 m, debiendo emplearse un material que cumpla con una resistencia mínima equivalente a un CBR de 6%, determinado al 95% de la densidad máxima seca y con una penetración de 0.1 pulgadas.

**Tabla 10**

*Exigencias técnicas para la capa de subrasante*

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
Tamaño máximo	75 mm

*Fuente.* Adaptada del "Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos", por MTC. 2014.

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **CBR (California Bearing Ratio):** es un parámetro clave en el diseño de pavimentos, ya que proporciona una medida de la resistencia relativa de la subrasante o base que se está evaluando. Para calcular este valor, se lleva a cabo un ensayo que recibe el mismo nombre. (MTC, 2018).
- **Compactación de Suelos:** se define como la eliminación del aire presente en el suelo, mediante la acción de esfuerzos mecánicos combinada con el aporte de agua, que actúa como un agente para unir las partículas. En otras palabras, es el proceso de densificación de los suelos de manera mecánica. (DAS, 2013).
- **Contenido de humedad:** es una propiedad del suelo que mide el porcentaje total de humedad que se evaporara en una muestra al ser sometida a secado. Esto se refiere a la relación entre el suelo en su estado natural y la cantidad de agua que contiene, expresándose en términos porcentuales. (Toledo, 2021).
- **Densidad:** Se distinguen tres tipos de densidad. En primer lugar, la densidad absoluta, que corresponde a la masa del material contenida en un volumen determinado, sin considerar los vacíos presentes en la muestra. En segundo lugar, la densidad aparente corresponde a la masa del material contenida en una unidad de volumen, considerando también los espacios vacíos presentes. Finalmente, La densidad relativa de un material sólido corresponde al cociente entre su densidad y la densidad absoluta del agua destilada a 4 °C (Domingo, 2011).
- **Estructura:** se define como la agrupación de partículas en fragmentos más grandes, que están unidos por coloides presentes en la superficie terrestre. Hay diversas estructuras según la forma de los bloques, tales como granular, prismática y laminar. (Ramon, 2016).
- **Estabilización física y mecánica:** se refiere a la estabilización del suelo mediante la mezcla de dos o más tipos de suelo natural para modificar su gradación y, en consecuencia, mejorar sus propiedades. El proceso de compactación asegura la disminución de la proporción

de vacíos y mejora los parámetros de resistencia del suelo. (Romero, 2019).

- **Estabilización química:** es una forma de estabilización de suelos que utiliza compuestos o mezclas químicas, lo que conlleva cambios en las propiedades geotécnicas que suelen ser más complejos que la modificación mecánica. Esta estabilización mejora la resistencia y durabilidad de los suelos, reduce el polco y mejora la trabajabilidad, además de permitir la disminución del grosor del pavimento. Los aditivos químicos más comunes son el cemento en polvo a base de calcio, cal y productos asfálticos. (Jhonathan, 2020).
- **Gravedad específica:** Relación entre el peso unitario de un material y la densidad del agua bajo condiciones de laboratorio, lo que también se relaciona con su peso unitario. Se mide en  $\text{kg/cm}^3$ . La gravedad específica de los sólidos del suelo es un parámetro frecuentemente empleado en diversos cálculos de mecánica de suelos, y su valor puede determinarse con precisión mediante ensayos de laboratorio. (Centroamericana, 2022).
- **Granulometría:** se refiere al análisis de la distribución de tamaños de las partículas en un suelo. Dado que la masa del suelo está compuesta por granos de diferentes dimensiones, es importante conocer su distribución granulométrica para clasificarlo adecuadamente. Para ellos, se lleva a cabo el ensayo granulométrico utilizando tamices. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de Carreteras, 2008).
- **Mantenimiento vial:** Conjunto de intervenciones orientadas a conservar y extender la vida útil de una carretera, mediante la aplicación de acciones tanto preventivas como correctivas (Morales, 2019).
- **Mejoramiento:** Son actividades destinadas a incrementar los estándares de calidad y desempeño de un proyecto ya ejecutado o en operación (Morales, 2019).
- **Niveles de servicio:** Son parámetros empleados para evaluar el grado de funcionamiento de una vía, considerando aspectos como la

capacidad de tránsito y las condiciones de circulación (Berrospi, 2022).

- **Plasticidad:** es una propiedad del suelo que está determinada por las partículas finas que contiene, lo que le permite alcanzar un cierto grado de humedad y mantenerlo de manera estable. Esta propiedad puede expresarse a través de los límites de Atterberg: el límite líquido y el límite plástico. (Zapata, 2018).
- **Porosidad:** es el volumen de todos los espacios vacíos entre los granos sólidos del suelo. Esta propiedad es relevante porque determina el volumen de agua que puede ser retenido, contribuyendo así al volumen total del suelo. (Huerta, 2018).
- **Permeabilidad:** se refiere al flujo de agua a través del suelo, es decir, a la capacidad del suelo para permitir que el agua atraviese sus poros. Por lo general, El tamaño y la interconexión de los poros condicionan que el suelo presente una permeabilidad alta o baja. (Torres, 2010).
- **Proctor Modificado:** para construir un terraplén, es fundamental compactar las capas con su humedad óptima. El ensayo que determina esta humedad óptima en relación con la densidad es el ensayo Proctor, que puede ser el tipo estándar o modificado. (Maldonado, 2019).
- **Red vial:** Conjunto de carreteras que integran una misma categoría funcional, ya sea de ámbito nacional, departamental o vecinal (MTC, 2016).
- **Rugosidad:** Irregularidad o desviación de una superficie respecto a un plano teórico ideal, cuyas dimensiones influyen en el comportamiento dinámico del vehículo, la comodidad de conducción, las cargas dinámicas y el drenaje (Morales, 2019).
- **Superficie de rodadura:** Parte superior de la vía que mantiene contacto directo con los neumáticos de los vehículos en circulación (Peraza, 2016).
- **Textura:** Se denomina así a la clasificación o las diversas proporciones de tamaños de las partículas que forman el suelo. Es decir, se refiere a una característica física de la muestra de suelo que revela las propiedades de las partículas de arena, limo y arcilla en su conjunto. (CSR Laboratorio, s.f.).

- **Vida útil:** Periodo durante el cual una vía mantiene condiciones adecuadas de servicio, el cual puede extenderse mediante programas de mantenimiento y rehabilitación (Porta, 2016).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El sistema de inyección por vía húmeda optimiza la estabilización de los suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

- ❖ El sistema de inyección por vía húmeda intensifica su densidad máxima seca del suelo blando compactado para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.
- ❖ El sistema de inyección por vía húmeda incrementa la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.
- ❖ El sistema de inyección por vía húmeda reduce la expansibilidad del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.
- ❖ El sistema de inyección por vía húmeda refuerza el valor de soporte califonia (CBR) del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.
- ❖ El sistema de inyección por vía húmeda incrementa su resistencia a compresión simple del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sistema de inyección por vía húmeda

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Suelos blandos

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 11

*Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Variable independiente:</b> Sistema de inyección por vía húmeda	Lechada para el sistema de inyección	Dosificación de la mezcla de lechada. Propiedad reológica (viscosidad) de la lechada. Resistencia a la compresión de la lechada.	Bomba de inyección de alta presión Tanques de mezcla Boquillas de inyección Equipos de monitoreo
	Densidad máxima seca	Corresponde a la masa de material compactado contenida en un volumen específico.	Tamices
<b>Variable dependiente:</b> Suelos blandos	Óptimo contenido de lechada	Es la proporción de agua o lechada necesaria para alcanzar la máxima compactación del suelo.	Prensas edométricas
	Expansibilidad	Representa la variación de volumen que experimenta el suelo debido a la absorción de humedad.	Prensas para compresión simple
	CBR	Es el parámetro que indica la capacidad de soporte o resistencia del suelo.	Equipos de compactación Proctor
	Resistencia a compresión simple	Es la fuerza aplicada de manera uniforme sobre la superficie del espécimen.	

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación desarrollada es de tipo aplicada, ya que tiene como propósito promover la implementación del método de estabilización por vía húmeda mediante la inyección de lechada en suelos blandos que conforman la subrasante correspondiente a una vía no revestida. Este procedimiento contempla el uso de maquinaria especializada equipada con inyectores y sistema de mezclado que permite integrar homogéneamente la lechada con el suelo. Se plantearon diseños de lechada de cemento con relaciones agua/cemento de 0.6 y 1.5, así como una formulación adaptada que incorpora aceite quemado residual de origen doméstico.

##### **3.1.1 ENFOQUE**

El estudio adopta un enfoque cuantitativo de carácter deductivo, dado que se emplearon técnicas de recopilación de datos mediante ensayos realizados en laboratorio, específicamente en el campo de la mecánica de suelos. Para la contrastación de hipótesis, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico, verificando previamente el cumplimiento de una distribución normal para la aplicación de las pruebas correspondientes.

##### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

El nivel de investigación es explicativo, ya que busca analizar los efectos generados por la aplicación del método de estabilización mediante vía húmeda en suelos blandos, considerando distintas dosificaciones de lechada. El objetivo es identificar la mezcla óptima que permita mejorar el desempeño de la subrasante.

##### **3.1.3 DISEÑO**

El diseño metodológico corresponde a un cuasiexperimental, debido a que se manipuló la variable independiente —el método de estabilización por vía húmeda— mediante la formulación de tres tipos de lechadas (cemento, aceite quemado y yeso). Esto permitió evaluar su influencia en la variable dependiente, que es el comportamiento del suelo blando estabilizado, identificando la alternativa más eficiente según los parámetros exigidos para una subrasante.

## 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1 POBLACIÓN

La población está conformada por una carretera no pavimentada con bajo volumen de tránsito, específicamente la subrasante correspondiente a un tramo de 1 km ubicado en el sector Tranca–Santa Isabel–Miraflores–Huanacaure, distrito de Chinchao, provincia y región Huánuco. Esta zona presenta características pantanosas y suelos predominantemente arcillosos de baja capacidad portante.

### 3.2.2 MUESTRA

De acuerdo con el Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos, se establece la ejecución de una calicata por cada kilómetro de vía. En el tramo evaluado (500 m sectorizados dentro del intervalo 22+500–38+260; EMP. HU-804), se realizó una calicata en el kilómetro 25, seleccionando este punto debido a su mayor nivel de deterioro durante la temporada de lluvias. El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

La muestra fue extraída a una profundidad de 1.50 m, identificándose un único estrato compuesto por suelo arcilloso blando que no cumplía con los parámetros normativos de resistencia. Dicho material fue posteriormente sometido a un proceso de estabilización mediante el sistema de inyección mediante vía húmeda y analizado en laboratorio para analizar su desempeño.

**Tabla 12**

*Número de pruebas realizadas para la evaluación técnica de la lechada*

Descripción de los ensayos	Diseño de lechadas				Cantidades
	Lechada de agua y cemento con relación 0.6	Lechada de agua y cemento con relación de 1.5	Lechada de aceite y cemento con relación de 0.5	Lechada de aceite y yeso con relación de 0.5	
Diseño de mezcla de la lechada	1	1	1	1	3
Viscosidad de la lechada	1	1	1	1	3
Densidad de las lechadas	1	1	1	1	3
Resistencia a compresión de la lechada en cubos de 5x5x5 cm	6	3	-	-	9

**Tabla 13**

*Número de pruebas efectuadas para la evaluación de un suelo estabilizado mediante el método por vía húmeda*

Descripción		Sistema de inyección por vía húmeda del suelo blando con lechada				Cantidades
		Suelo blando	Suelo con lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	Suelo con lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	Suelo con lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	
<b>Clasificación de suelos</b>	Contenido de Humedad A.	1	-	-	-	1
	Granulométrico	1	-	-	-	1
	Límite líquido	1	-	-	-	1
	Límite plástico	1	-	-	-	1
<b>Propiedad física</b>	Equivalente de arena	1	-	-	-	1
<b>Propiedades mecánicas</b>	Proctor modificado California	1	1	1	1	4
	Bearing Radio (CBR)	1	1	1	1	4
	Resistencia a compresión en probetas cilíndricas de 4x8" a los 7, 14 y 28 días	6	6	6	6	24

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1 TÉCNICAS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Se aplicó el procedimiento de observación directa para analizar la respuesta del suelo blando durante su estabilización mediante la inyección de lechada por el método de vía húmeda. Esta observación se realizó durante la ejecución de los ensayos de identificación del suelo, así como en las pruebas de Proctor Modificado, CBR y resistencia a la compresión simple.

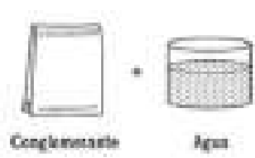

Asimismo, se utilizó la técnica de revisión documental, que consistió en recopilar y organizar información relevante vinculada al tema de estudio. Para ello, se consultaron fuentes especializadas como libros de mecánica de suelos, manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, normas internacionales ASTM y normas técnicas peruanas (NTP), garantizando la confiabilidad y sustento técnico de la investigación.

### 3.3.2 INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Como instrumento se empleó una ficha de caracterización de lechadas, la cual permitió registrar de manera sistemática las propiedades y resultados obtenidos en cada una de las probetas cilíndricas ensayadas.

**Figura 23**

*Ficha de observación de caracterización de la lecha*

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA LECHA				Tesis:				LECHADA
				Tesis:				
Código del diseño	Descripción del diseño de lechada	Cantidad de agua (ml)	Cantidad de aceite (ml)	Cantidad de yeso (g)	Cantidad de cemento (g)	Densidad de la lechada (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosidad (s)	
Código de la muestra	Descripción de la muestra	Días de curado	Dimensiones Largo x Ancho x Alto		Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	 <p>CUBITO DE LECHADA PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN</p>

### 3.3.3 PARA EL ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

La información recopilada fue seleccionada y depurada, conservando únicamente los datos relevantes para la investigación y descartando aquellos que no aportaban al análisis. Posteriormente, los resultados se organizaron en tablas y gráficos con el propósito de facilitar su interpretación y valorar el desempeño del suelo estabilizado mediante el método de inyección por procedimiento húmedo. Para la sistematización y procesamiento de los datos se hizo uso del programa Microsoft Excel.

En el análisis estadístico se aplicó inicialmente la estadística descriptiva, calculando medidas de tendencia central y dispersión, tales como la media, la varianza y la desviación estándar. A partir de estos resultados, Se aplicó la estadística inferencial mediante la prueba paramétrica t de Student, considerando un nivel de significancia de 0.05 y un nivel de confianza de 0.95.

### 3.3 ASPECTOS ÉTICOS

Este estudio se desarrolló conforme a los principios éticos que regulan la investigación científica, garantizando la transparencia y honestidad en la recopilación de la información, procesamiento y presentación de los datos

obtenidos en los ensayos de laboratorio, sin manipular ni alterar resultados. Se cumplió estrictamente con las normas ASTM, API, NTP y el Manual de Carreteras para asegurar la validez metodológica, aplicando además medidas de seguridad ocupacional como el uso obligatorio de equipos de protección personal y protocolos de manejo seguro de materiales como cemento y aceite quemado reciclado. Este último fue utilizado con responsabilidad ambiental, evitando cualquier vertido al suelo o cuerpos de agua, y gestionando sus residuos conforme a prácticas de disposición segura. Asimismo, únicamente se empleó información técnica de acceso público, respetando la confidencialidad y propiedad intelectual de terceros, manteniendo la trazabilidad de cada ensayo ejecutado. Finalmente, la investigación no generó afectación social ni ambiental en la zona de estudio, y sus resultados se destinan exclusivamente a fines académicos y al aporte técnico para la mejora de la estabilización de suelos blandos mediante el sistema de inyección por vía húmeda.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

La implementación del sistema de inyección de lechada para la estabilización de suelos blandos en la subrasante implica calcular previamente la cantidad adecuada de agua y lechada necesaria para lograr una compactación óptima del terreno. Para ello, resulta fundamental efectuar el ensayo Proctor modificado para establecer la densidad seca máxima del suelo y el contenido de humedad óptimo que garantice su mayor grado de compactación.

**Tabla 14**

*Diseño técnico del proceso de inyección por vía húmeda aplicado a suelos blandos*

Descripción de la muestra	Volumen del molde de 4"x8" (cm <sup>3</sup> )	Densidad del agua (g/cm <sup>3</sup> )	Proctor		Cantidad de suelo arcilloso (g)	Volumen del agua (cm <sup>3</sup> )	Cantidad de agua (g)	Cantidad de la mezcla de suelo + agua (g)
			OCH (%)	DMS (g/cm <sup>3</sup> )				
Suelo arcilloso - Muestra control	944	1.000	12.08 %	1.963	1853.07	114.04	114.04	1967.11
Descripción de la muestra	Volumen del molde de 4"x8" (cm <sup>3</sup> )	Densidad de la lechada (g/cm <sup>3</sup> )	Proctor		Cantidad de suelo arcilloso (g)	Volumen de la lechada (cm <sup>3</sup> )	Cantidad de lechada (g)	Cantidad de la mezcla de suelo + lechada para el proceso Vía Húmeda (g)
			OCL (%)	DMS (g/cm <sup>3</sup> )				
Suelo con lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	944	1.715	48.80 %	2.224	2099.46	460.67	790.05	2889.51
Suelo con lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	938	1.703	16.95 %	2.151	2017.64	158.99	270.76	2288.40

Suelo con lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	938	1.698	42.83 %	2.140	2007.32	401.75	682.16	2689.48
Suelo con lechada con a/c=0.5 (aceite y yeso)	938	1.503	37.72 %	1.923	1803.77	353.81	531.78	2335.56

## 4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

### 4.2.1 UBICACIÓN Y EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra obtenida de la calicata 01 en el tramo de 500 m sectorizado, se realizó en el kilómetro 25 del tramo TRANCA-SANTA ISABEL-MIRAFLORES-HUANACAURE (22+500-38+260); EMP. HU-804, debido a que dicho tramo presenta mayores deficiencias durante la temporada de lluvias, considerándose para ello un muestreo no probabilístico por conveniencia. El tramo evaluado comprende una longitud de 0.5 km. Conforme a las especificaciones del MTC, la calicata excavada debe alcanzar una profundidad no menor de 1.50 m. Conforme al registro de excavación, se identificó que los primeros 10 cm corresponden a un suelo de tipo agrícola, mientras que los 1.40 m restantes conforman un único estrato compuesto por material arcilloso.

**Coordenada UTM:** N 393068.424, E 8918506.453

**Figura 24**

*Localización de la calicata N°01*



## 4.2.2 EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

### 4.2.2.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y CONTENIDO DE

**HUMEDAD:** El suelo blando, en su estado natural, presenta una humedad del 14.40%. Según el análisis granulométrico realizado conforme a la norma NTP 339.128, se observa que la mayor proporción de partículas pasa por el tamiz N°200, lo que indica que el material posee una composición predominantemente fina.

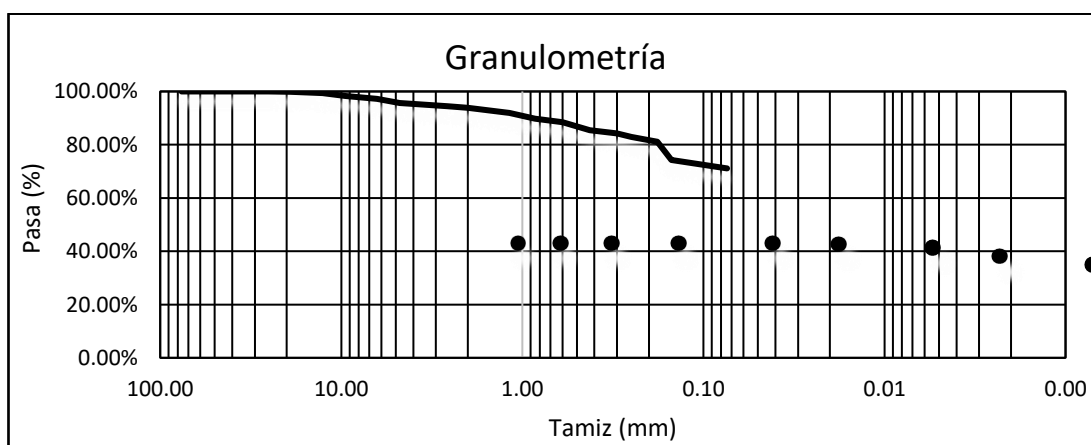
**Tabla 15**

*Porcentaje después del tamizado en el suelo blando*

<b>Características de la muestra control</b>	
Contenido de Humedad	14.40%
% de Grava	4.31%
% de Arena	24.59%
Pasante N°200	71.10%

**Figura 25**

*Curva Granulométrica*



material como un suelo de tipo arcilloso.

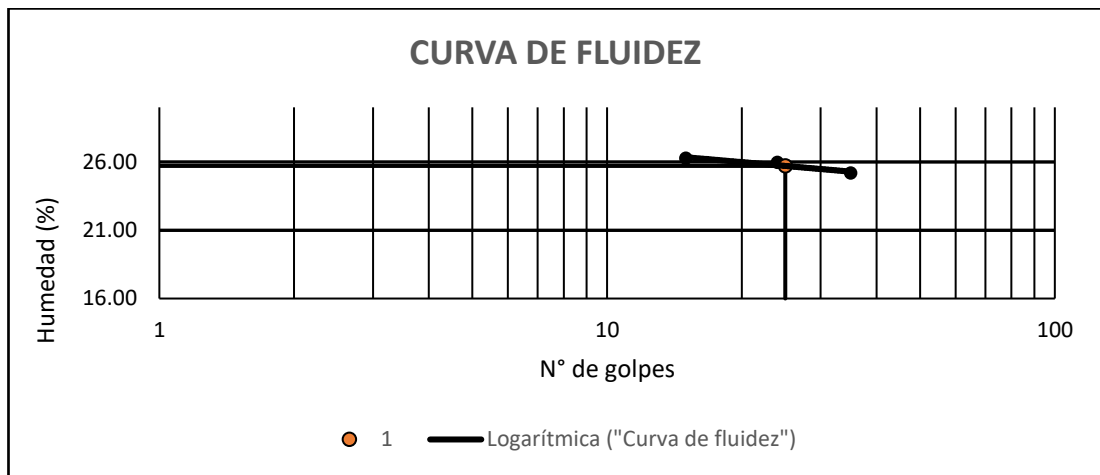
**Tabla 16**

*Límites de Consistencia*

Límites de Consistencia	
Límite Líquido	25.71%
Límite Plástico	13.23%
Índice de Plasticidad	12.13%

**Figura 26**

*Curva de Fluidez*



**4.2.2.3 IDENTIFICACIÓN DEL SUELO EN ESTUDIO:** Conforme al

sistema de clasificación SUCS, el suelo se identifica como una arcilla de baja plasticidad (CL), mientras que según el método AASHTO, corresponde a un material limoso-arcilloso (A-6) con un índice de grupo de 6. Este valor indica que se trata de un suelo de baja calidad para la conformación de la capa de subrasante en vías no pavimentadas.

**Tabla 17**

*Identificación del suelo blando*

Identificación del suelo blando	
Clasificación del suelo AASHTO	A-6(6)
Clasificación del suelo SUCS	CL

**4.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA LECHADA PARA EL SISTEMA DE INYECCIÓN**

**4.2.3.1 DISEÑO DE MEZCLA DE LA LECHADA:** La definición de

las proporciones de los componentes esenciales para la preparación de la lechada requiere conocer la densidad y el peso comercial por bolsa del

material. Como criterio de diseño, se considera la relación entre el volumen del líquido y la cantidad de material cementante, la cual permite establecer las propiedades adecuadas de la mezcla.

**Tabla 18**

*Proporción de mezcla de las lechadas planteadas mediante el método por vía húmeda*

<b>Diseño de mezcla de la lechada</b>	<b>Agua y Cemento</b>	<b>Aceite y Cemento</b>	<b>Aceite y Yeso</b>	
<b>Parámetros considerados en el diseño</b>				
Relación de A/C=	0.6	1.5	0.5	0.5
Densidad del líquido (g/cm <sup>3</sup> )	1.00	1.00	0.92	0.92
Densidad del cementante (g/cm <sup>3</sup> )	3.15	3.15	3.15	2.30
<b>Determinación del volumen de lechada según la relación establecida</b>				
1 bolsa (kg)	42.5	42.5	42.5	25
Volumen de Agua (L)	25.5	63.75	21.75	12.5
Volumen de Agua (m <sup>3</sup> )	0.026	0.064	0.022	0.013
Volumen de cemento (m <sup>3</sup> )	0.013	0.013	0.013	0.011
Volumen de lechada (m <sup>3</sup> )	0.039	0.077	0.035	0.023
<b>Determinación de la cantidad de material cementante para 1 m<sup>3</sup> de lechada</b>				
Peso en Kg (cementante)	1090.0	550.2	1205.9	1069.8
Número de Bolsas (cementante)	26	13	28	43
<b>Determinación del volumen de líquido requerido para 1 m<sup>3</sup> de lechada</b>				
Líquido para 1 m <sup>3</sup> de lechada (L)	653.98	825.33	617.16	534.88

**4.2.3.2 VISCOSIDAD DE LA LECHADA:** Este ensayo resulta esencial para evaluar la fuerza y velocidad con que el material fluido se desplaza a través de los inyectores del equipo utilizado en la estabilización por vía húmeda. Según lo indicado por Rico y Gutiérrez (2019), el tiempo de flujo recomendado debe ser menor a 50 segundos. En el caso de una relación agua/cemento (a/c) de 0.6 sin aditivos plastificantes, se obtuvo una viscosidad de 64.2 s, valor que excede el límite aceptable de 30 s. Para mejorar la fluidez, se incrementó la relación a/c, encontrándose que una relación óptima de 1.5 permite un tiempo de flujo de 28.55 s en un volumen determinado. Sin embargo, las muestras modificadas con un compuesto reciclado de aceite quemado superaron el parámetro establecido, evidenciando un aumento en la viscosidad.

**Tabla 19***Determinación de la viscosidad mediante el Cono de Marsh*

<b>Viscosidad (s)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>Promedio</b>
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	63.68	64.72	64.20
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	28.75	28.35	28.55
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	1002.40	1004.50	1003.45
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	1929.65	1932.15	1930.90

#### 4.2.3.3 DENSIDAD DE LAS LECHADA

Las lechadas elaboradas con aceite quemado como sustituto total del agua presentan una menor densidad, observándose una reducción aún más marcada en aquellas mezcladas con aceite y yeso. En contraste, las lechadas compuestas por agua y cemento muestran una mayor densidad; sin embargo, al aumentar la relación (a/c), su densidad disminuye debido al incremento del contenido de agua en la mezcla.

**Tabla 20***Determinación de la densidad de las lechadas*

<b>Densidad para el sistema de inyección</b>	<b>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	1.715
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	1.703
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	1.698
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	1.503

Se determinó que la lechada utilizada en el sistema de inyección presenta una mayor fluidez cuando se emplea una relación agua/cemento (a/c) de 1.5. En cambio, las mezclas que incorporan aceite reciclado resultan menos densas, aunque exhiben una viscosidad elevada.

#### 4.2.3.4 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DISTINTAS FORMULACIONES DE LECHADA:

La metodología aplicada se basó en las especificaciones de la NTP 334.051. Las lechadas fueron moldeadas en especímenes cúbicos de 50 mm por lado y sometidas a ensayos de compresión. La resistencia considerada más representativa corresponde a los 28 días de curado. Los resultados mostraron que la lechada con una relación agua/cemento (a/c) de 0.6 alcanzó una resistencia de 275.230 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la mezcla con a/c = 1.5 redujo su resistencia a

88.179 kg/cm<sup>2</sup>, lo que confirma que, a mayor proporción de agua respecto al cemento, menor es la resistencia a la compresión.

**Tabla 21**

*Evaluación de la resistencia a compresión de la lechada compuesta por agua y cemento*

Descripción	Días de rotura	Codificación de la muestra	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lechada a/c=0.6</b>	7 días	C-01	110.85	108.157
		C-02	105.47	
	14 días	C-03	190.72	190.276
		C-04	189.83	
	28 días	C-05	274.31	275.230
		C-06	276.15	
<b>Lechada a/c=1.5</b>	28 días	C-01	87.39	88.179
		C-02	88.85	
		C-03	88.29	

Se analizó el comportamiento resistente de la lechada ante esfuerzos de compresión considerando la relación agua/cemento (a/c) y la cantidad de cemento, la cual influye directamente en la atracción interna entre las partículas y en la resistencia obtenida a los 28 días. Los resultados indican que la lechada con una relación a/c de 0.6 presenta una resistencia de más de 100% superior en comparación con la mezcla con a/c de 1.5.

#### **4.2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SUELO NATURAL Y DEL SUELO ESTABILIZADO POR VÍA HÚMEDO**

**4.2.4.1 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO:** Es esencial efectuar el ensayo Proctor modificado para establecer la relación entre la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo compactado. Además, este procedimiento permite diseñar la cantidad adecuada de lechada a inyectar en el terreno mediante el proceso de estabilización por vía húmeda, el cual se reproduce experimentalmente en laboratorio.

##### **A. Densidad máxima seca del suelo mejorado mediante el método por vía húmeda**

Calculado a partir de la masa del suelo seco contenida en un volumen específico del molde tras su compactación; en este caso, el material analizado corresponde a un suelo blando de tipo arcilloso.

**Tabla 22**

*Resultados de densidad máxima seca obtenidos mediante el ensayo Proctor Modificado*

Descripción de las muestras	Densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> )
Suelo - Muestra de Control	1.963
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	2.224
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	2.151
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	2.140
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	1.923
Suelo por vía seca con 5% de cemento	1.903

Se observó que los suelos estabilizados por el método de vía húmeda presentan una mayor densidad al emplear una lechada con relación agua/cemento (a/c) de 0.6; sin embargo, esta densidad disminuye cuando se utiliza lechada compuesta por aceite y yeso. De manera similar, en el método de estabilización por vía seca con un 5% de cemento, empleado como técnica de referencia común en Huánuco, también se aprecia una reducción en la densidad del suelo.

**Tabla 23**

*Comprobación del suelo blando en función de su densidad máxima seca*

Densidad Máxima Seca del suelo compactado (%) NTP 339.141 Proctor Modificado		Parámetros normativos del manual de Carreteras	
Descripción			
<b>Suelo arcilloso - Muestra control</b>	Media	1.963	Ho: M.C > DMS, se encuentra en el rango de 1.60-2.00 g/cm <sup>3</sup> para un suelo CL
	N	2.00	
	Desv. Estándar	0.00	
	Confianza	0.93	<b>Análisis de la hipótesis</b>
	Sig. (Unilateral)	0.05	
	T Crítico (una cola)	-6.35	
	T Estadístico	721.00	
		No se Rechaza Ho	

Según la clasificación del suelo blando analizado, este se identifica como arcilla. Al contrastar dicha clasificación, se toma como referencia la densidad de los suelos de grano fino tipo CL (arcillosos), cuya densidad óptima varía entre 1.6 y 2.0 g/cm<sup>3</sup>, conforme al Manual de Carreteras. Al aplicar la prueba estadística t de Student aplicada a una muestra, se determinó que la muestra control se encuentra dentro del

rango correspondiente a este tipo de suelo presenta características arcillosas o blandas, motivo por el cual se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ).

### **B. Determinación del contenido óptimo de humedad y proporción de lechada**

En el caso de la muestra control, correspondiente al suelo blando que no reúne las condiciones adecuadas para conformar la capa de subrasante, se establece el porcentaje de humedad necesario para lograr su compactación. En cambio, para el suelo estabilizado mediante el método de vía húmeda, se calcula la cantidad de lechada requerida para alcanzar un grado óptimo de compactación.

**Tabla 24**

*Determinación de la proporción óptima de lechada para la estabilización de un suelo blando mediante el método por vía húmeda*

<b>Descripción de las muestras</b>	<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>
Suelo - Muestra de Control	12.08%
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	48.80%
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	16.95%
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	42.83%
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	37.72%
Suelo por vía seca con 5% de cemento	13.38%

Se evidenció que las lechadas con relaciones bajas entre el material líquido y el cementante (como 0.6 y 0.5) requieren una mayor cantidad de mezcla para lograr la compactación adecuada. En contraste, las muestras con relaciones agua/cemento más altas y aquellas tratadas mediante el método de vía seca con un 5% de cemento, comúnmente empleado en la zona, demandan una menor cantidad de material líquido para compactar el suelo de baja calidad.

Se realizó una comparación entre la técnica de estabilización a través del procedimiento húmedo, en el cual la lechada es inyectada directamente en el suelo de baja calidad, y el método tradicional mediante vía seca, en la que primero se añade el porcentaje de cemento establecido por el MTC y posteriormente se añade el contenido óptimo de agua utilizada para compactar. Esta diferencia en la proporción de los componentes (cemento y agua) genera variaciones en las propiedades

mecánicas del suelo estabilizado, así como implicaciones en el aspecto ambiental.

**Tabla 25**

*Comprobación del suelo blando en función de su contenido óptimo de humedad*

Óptimo contenido de humedad (%)		Parámetros normativos NTP 339.141 Proctor Modificado	
Descripción			
<b>Suelo arcilloso - Muestra control</b>	Media	12.08%	Ho: M.C > 14.10 % Contenido de Humedad natural
	N	2.00	
	Desv. Estándar	0.02	Hi: M.C < 14.10 % Contenido de Humedad natural
	Confianza	0.96	
	Sig. (Unilateral)	0.05	
	T Crítico (una cola)	-6.35	<b>Análisis de la hipótesis</b>
	T Estadístico	-512.00	Se Rechaza Ho

Se comprobó que el suelo blando analizado in situ presenta un contenido de humedad natural del 14.40%, valor que supera el contenido óptimo necesario para compactar la capa de subrasante. Este resultado permite anticipar medidas preventivas en campo para disminuir la discrepancia con respecto al valor obtenido en el ensayo Proctor modificado. En consecuencia, al aplicar la prueba estadística t de Student aplicada a una muestra considerando el contenido de humedad natural como parámetro, se rechaza la hipótesis nula (Ho).

#### **4.2.4.2 ENSAYO DE CBR A NIVEL SUBRASANTE**

A partir de los valores obtenidos de densidad seca máxima y del contenido óptimo de lechada en el suelo estabilizado por vía húmeda, se procedió a realizar el ensayo CBR con el fin de evaluar su resistencia ante cargas similares a las vehiculares. En el caso de la muestra control o suelo natural de baja calidad, compactado con su contenido óptimo de humedad, se obtuvo un CBR de 5.04% al 95% de compactación, correspondiente al nivel de subrasante. En cambio, el suelo tratado con lechada de relación a/c = 0.6 alcanzó la mayor resistencia, con un CBR de 225.41%, mientras que la lechada con a/c = 1.5 presentó un CBR de 68.31%, siendo la más trabajable. Por su parte, el procedimiento tradicional de estabilización por vía seca registró un CBR de 53.94%.

**Tabla 26***Índice CBR del suelo blando tratado mediante el método por vía húmeda*

Descripción de las muestras	CBR al 100% al 0.1"	CBR al 95% al 0.1"
Suelo - Muestra de Control	6.91%	5.04%
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	257.29%	225.41%
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	95.13%	68.31%
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	45.44%	37.16%
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	3.00%	2.89%
Suelo por vía seca con 5% de cemento	92.41%	53.94%

De acuerdo con el Manual de Carreteras del MTC, la resistencia mínima de CBR al 95% de compactación debe ser de 6%. Sin embargo, la mayoría de los suelos blandos, especialmente los arcillosos, no alcanzan este valor, por lo que se clasifican como suelos inestables. Ante esta condición, se propuso su estabilización mediante el método de vía húmeda utilizando lechada agua/cemento, con el propósito de promover el uso de tecnologías innovadoras que contribuyan al mejoramiento del suelo y al desarrollo del sector construcción.

**Tabla 27***Evaluación del suelo blando en función del CBR requerido para subrasante*

Índice de resistencia - CBR (%) al 95%		Descripción	Criterios técnicos establecidos en el Manual de Carreteras del MTC – 2014
<b>Suelo arcilloso - Muestra control</b>	Media		
	N	2.00	
	Desv. Estándar	0.39	Hi: M.C < 6 % de CBR
	Confianza	0.94	
	Sig. (Unilateral)	0.05	<b>Análisis de la hipótesis</b>
	T Crítico (una cola)	-6.35	
	T Estadístico	-6.29	

Se constató que el suelo blando analizado no cumple con el valor mínimo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la capa de subrasante en vías no pavimentadas, ya que su CBR al 95% de compactación alcanza solo un 5.04%. Al aplicar la prueba de hipótesis T de Student para una muestra, considerando el valor de referencia del 6% de índice de resistencia, se obtuvo un T estadístico menor al T crítico, debido a ello, se procede a rechazar la hipótesis nula (Ho). En consecuencia, se

determina que el suelo blando no presenta condiciones adecuadas para la subrasante, por lo que requiere un proceso de estabilización.

#### 4.2.4.3 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EXPANSIVO

**DEL SUELO:** Al entrar en contacto con el agua, un suelo arcilloso, experimenta variaciones volumétricas debido a la absorción de humedad, lo que provoca una disminución en su resistencia. Por ello, se propone su mejoramiento mediante el procedimiento de vía húmeda, basado en inyectar una lechada con una relación definida entre agua y cemento, logrando una notable reducción del hinchamiento al ser expuesto al agua. En el caso de la lechada elaborada con aceite quemado reciclado, los resultados no fueron favorables, ya que la mezcla con yeso alcanzó un valor de 1.96%.

**Tabla 28**

*Comparación de la expansión del suelo blando tratado mediante los métodos de vía húmeda y vía seca*

Descripción de las muestras	Expansión (%)			Promedio de expansión (%)
	M-1	M-2	M-3	
Suelo - Muestra de Control	1.55	1.96	2.37	1.96
Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	0.09	0.09	0.2	0.13
Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	0.43	0.57	0.77	0.59
Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	1.07	1.15	1.35	1.19
Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	1.74	2.07	2.59	2.13
Suelo por vía seca con 5% de cemento	0.49	0.59	0.78	0.62

Se estableció que el suelo blando presenta una expansión del 1.96%, valor superior al de los suelos estabilizados mediante el método de vía húmeda. Sin embargo, la lechada con relación 0.5 compuesta por aceite y yeso supera dicho porcentaje. En comparación, el suelo mejorado por vía seca muestra una expansión del 0.60%, resultado similar al obtenido con la lechada inyectada de relación a/c = 1.5.

**Tabla 29**

*Evaluación del suelo blando en función de su grado de expansión para uso como subrasante*

NTP 339.145 - Expansión (%)		Parámetro normativo N.CMT.103-2021	
Suelo	Descripción		
arcilloso -	Media	1.96	Ho: M.C > 2 % de expansión
	N	3.00	

<b>Muestra control</b>	Desv. Estándar	0.42	Hi: M.C < 2 % de expansión
	Confianza	0.94	
	Sig. (Unilateral)	0.05	<b>Análisis de la hipótesis</b>
	T Crítico (una cola)	-2.94	
	T Estadístico	-0.26	

De forma visual, se determinó que el valor de hinchamiento del suelo blando se encuentra por debajo del límite máximo señalado en la norma mexicana N.CMT.103-2021, la cual considera este parámetro para los materiales que conforman la subrasante. No obstante, al aplicar la prueba estadística T de Student para una muestra, se comprobó que el error excede el 2 %, por lo tanto, no corresponde rechazar la hipótesis nula (Ho).

**4.2.4.4 PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE O NO CONFINADA:** Permite evaluar el comportamiento del material en los terraplenes, específicamente en el corte realizado a la vía, con el fin de determinar si puede resistir las cargas puntuales aplicadas en la superficie. Según Yepes (2019), el valor correspondiente para un suelo blando es de 1.53 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 30**

*Resultados de la resistencia a compresión no confinada de la subrasante tratada mediante vía húmeda y vía seca*

Tiempo de curado	Resistencia a compresión no confinada (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Codificación de la muestra	M-1	M-2	Promedio
7 días	Suelo - Muestra de Control	8.07	7.92	7.995
	Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	67.12	68.42	67.770
	Lechada con a/c=1.5 (agua y cemento)	10.51	11.54	11.025
	Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	2.13	2.18	2.155
	Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	1.72	1.85	1.785
	Suelo por vía seca con 5% de cemento	34.07	34.75	34.410
14 días	Suelo - Muestra de Control	21.10	20.73	20.915
	Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	79.66	78.83	79.245
	Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	2.26	2.41	2.335
	Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	2.44	2.42	2.430
28 días	Suelo - Muestra de Control	21.78	22.04	21.910
	Lechada con a/c=0.6 (agua y cemento)	83.76	91.39	87.575
	Lechada con a/c=0.5 (aceite y cemento)	3.42	3.51	3.465
	Lechada con a/y=0.5 (aceite y yeso)	3.25	3.28	3.265

Las muestras estabilizadas mediante el método de vía húmeda, al ser inyectadas con lechada de agua y cemento, superaron los valores de la

muestra control, correspondiente al suelo blando, e incluso superaron al suelo tratado por vía seca. No obstante, las lechadas que incorporan aceite quemado reciclado presentaron valores inferiores en comparación con la muestra control.

Según la guía de selección de estabilizadores para distintos tipos de suelo, el cemento es el material más adecuado para suelos arcillosos (CL), evaluándose su resistencia a compresión simple a los 7 días, con el fin de permitir la apertura de vías no pavimentadas. Por ello, el análisis se centra en ese periodo, observándose que el suelo tratado con lechada de relación a/c = 0.6 alcanzó una resistencia de 68.483 kg/cm<sup>2</sup>, superando ampliamente al suelo blando o arcilloso sin tratamiento, que presentó una resistencia de 7.995 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 31**

*Evaluación del suelo blando en función de su resistencia a compresión no confinada*

<b>Resistencia a compresión no confinada en suelos cohesivos según la NTP 339.167 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			<b>Criterio de resistencia a compresión simple en suelos conforme a Yepes (2019)</b>
<b>Descripción</b>			
<b>Suelo arcilloso - Muestra control</b>	Media	7.995	Ho: M.C > 1.53 kg/cm <sup>2</sup>
	N	2.00	
	Desv. Estándar	0.15	Hi: M.C < 1.53 kg/cm <sup>2</sup>
	Confianza	0.96	
	Sig. (Unilateral)	0.05	<b>Análisis de la hipótesis</b>
	T Crítico (una cola)	-6.35	
	T Estadístico	70.12	

Se comprobó que la capacidad del suelo blando para soportar compresión sin confinamiento, empleado como muestra control, alcanzó a los 7 días de ensayo un valor de 7.995 kg/cm<sup>2</sup>, superando el rango mínimo de consistencia establecido para este tipo de suelo, que según el Manual de Ensayos del MTC E 121 varía entre 0.25 y 0.50 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, el valor obtenido también excede el propuesto por Yepes (2019), quien señala 1.53 kg/cm<sup>2</sup> para suelos blandos, confirmando estadísticamente que este material arcilloso presenta una alta resistencia, superior al límite mínimo establecido.

### **4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de lechada por vía húmeda incrementó la densidad máxima seca del suelo, modificó

positivamente el óptimo contenido de humedad, redujo la expansión, elevó el CBR y mejoró la resistencia a compresión simple respecto al suelo natural. Todas las variables muestran mejoras superiores a los valores mínimos exigidos para una subrasante, por lo que la hipótesis general se verifica y se acepta.

El Proctor modificado evidencia un incremento de la densidad máxima seca respecto a la muestra natural, indicando que la lechada mejora la compactación y reduce vacíos. Por tanto, la hipótesis se cumple y se acepta.

El óptimo contenido de humedad se modificó favorablemente gracias a la incorporación controlada de la lechada, obteniéndose valores que coinciden con el punto máximo de compactación. Esto confirma que la dosificación líquida contribuye a una compactación más eficiente. En consecuencia, la hipótesis se confirma y se acepta.

Los ensayos de expansión muestran una reducción significativa del hinchamiento respecto al suelo natural. La estabilización con lechada genera un comportamiento más estable frente a la variación de humedad, por lo que la hipótesis se verifica y se acepta.

El CBR del suelo tratado superó ampliamente el valor inicial del suelo natural y alcanzó valores compatibles con una subrasante adecuada según el MTC. Esta mejora evidencia una capacidad de soporte superior, por lo que la hipótesis se cumple y se acepta.

Los resultados de resistencia inconfiada muestran incrementos notables respecto a la muestra sin estabilizar, indicando una mayor cohesión y rigidez del suelo tratado. En consecuencia, la hipótesis se cumple y se acepta.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Los datos obtenidos en esta investigación confirman tendencias previamente reportadas por los antecedentes internacionales, nacionales y locales, evidenciando que el proceso de inyección a través de la vía húmeda genera mejoras significativas en la densidad máxima seca, el óptimo contenido de humedad, la expansión, el CBR y la resistencia a compresión simple del suelo blando estudiado.

Los resultados muestran un incremento de la densidad máxima seca y una reducción del contenido óptimo de humedad, lo cual es consistente con lo informado por Arifin y Rahmah (2022), quienes encontraron que la incorporación de un ligante cementante mejora la compactabilidad del suelo. Asimismo, la disminución de la expansión y el aumento del CBR observados en esta investigación concuerdan con lo demostrado por estos autores, que registraron reducciones de hinchamiento de más del 50% y mejoras del CBR superiores al 80%. De igual forma, los valores obtenidos de resistencia a compresión simple se alinean con lo obtenido por Khushali, Shah y Zala (2020), quienes evidenciaron que el tratamiento del suelo con lechada inyectada incrementa su resistencia mecánica sin necesidad de excavación. Finalmente, tal como señalaron Alarcón, Jiménez y Benítez (2020), la incorporación de materiales fluidos estabilizadores genera reducciones en la plasticidad y permeabilidad y mejoras en parámetros mecánicos, hallazgos que se confirman en tu investigación al comparar los valores del suelo natural y el suelo estabilizado por vía húmeda.

Los resultados de esta investigación muestran mejoras en la densidad máxima seca, disminución del óptimo contenido de humedad y aumento del CBR, coincidiendo con lo encontrado por Villanueva (2022), quien demostró que la adición de aceite automotriz residual incrementa la densidad y capacidad de soporte. Asimismo, la notable mejora del CBR y de la resistencia a compresión simple observada en tu estudio se alinea con lo planteado por Rodríguez (2022), quien probó que la combinación de cementantes permite

estabilizar suelos arcillosos, generando altos valores de resistencia. Los resultados también confirman lo reportado por Jalanoca (2021), quien evidenció que el uso de aceite residual reduce la expansión y mejora ligeramente la densidad y el CBR, efectos similares a los registrados con la lechada inyectada. Finalmente, las mejoras en plasticidad, CBR y densidad coinciden con los hallazgos de Ventura (2021), quien mostró que el uso de residuos como aceite quemado y caucho incrementan significativamente la capacidad portante y reducen la plasticidad del suelo.

La reducción de la expansión obtenida en esta investigación coincide directamente con lo evidenciado por Jesús (2022), quien demostró que un estabilizante líquido natural mejora significativamente la expansibilidad del suelo arcilloso. Los incrementos del CBR observados en tu estudio también se alinean con los resultados de Bonifacio (2023), quien reportó que la adición de vidrio triturado incrementa la capacidad de soporte, aunque con una ligera disminución de la densidad máxima seca, lo cual contrasta favorablemente con tu método, que sí logra aumentar la densidad gracias a la vía húmeda. Finalmente, los incrementos del CBR y la mejora mecánica general coinciden con lo encontrado por Quevedo (2021), quien demostró que un estabilizador líquido aplicado superficialmente puede elevar el CBR inicial de forma significativa sin necesidad de reemplazar el material de subrasante, tal como ocurre con la lechada inyectada en esta investigación.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que el sistema de inyección por vía húmeda favorece de manera significativa la estabilización del suelo blando a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas, debido a que mejoró todos los parámetros geotécnicos evaluados: densidad máxima seca, humedad óptima, expansibilidad, CBR y resistencia a compresión simple. Las mejoras obtenidas superan los valores del suelo natural y alcanzan niveles compatibles con los criterios técnicos para una subrasante estable, demostrando la eficacia del método aplicado.
- Se concluye que la densidad máxima seca del suelo aumentó tras la aplicación del sistema de inyección por vía húmeda. El mayor grado de compactación alcanzado evidencia una estructura interna más estable, con menor contenido de vacíos y mejor distribución del conglomerado dentro del suelo, comprobando que el método favorece el comportamiento mecánico del material.
- Los resultados demuestran que la cantidad óptima de lechada mejoró el proceso de compactación, permitiendo alcanzar el punto máximo de densidad. La incorporación de la lechada facilitó el control de humedad y la penetración uniforme del estabilizante, lo que confirma que el método vía húmeda es más eficiente respecto al método tradicional por vía seca.
- Se concluye que la expansibilidad del suelo disminuyó significativamente después de aplicar la lechada por vía húmeda. La reducción del hinchamiento y del comportamiento plástico del material demuestra que el estabilizante genera una mayor rigidez y estabilidad volumétrica, reduciendo la susceptibilidad del suelo a variaciones de humedad.
- Se verificó que el CBR del suelo mejoró de forma considerable, alcanzando valores adecuados para subrasante según los criterios normativos. Esto evidencia que el sistema de inyección por vía húmeda incrementa la capacidad portante del suelo y mejora su respuesta ante cargas vehiculares, condición fundamental para el diseño y durabilidad de carreteras no pavimentadas.

- Los ensayos realizados muestran que la resistencia a compresión simple del suelo aumentó tras el tratamiento, reflejando una estructura más cohesiva y resistente. Esto confirma que la mezcla entre el suelo y la lechada inyectada genera una matriz más sólida y estable, favoreciendo el desempeño mecánico general de la subrasante.

## RECOMENDACIONES

- Dado que el método evidenció mejoras significativas en densidad máxima seca, capacidad portante (CBR), estabilidad volumétrica y resistencia mecánica, se recomienda su aplicación en carreteras no pavimentadas que presenten suelos blandos o con bajo desempeño geotécnico. Este sistema reduce fallas prematuras como ahuellamientos, deformaciones y pérdida de soporte.
- Se recomienda que en futuras aplicaciones se realicen ensayos de compactación y control de viscosidad antes de la estabilización en campo, para determinar el contenido óptimo de lechada que permita alcanzar la máxima densidad sin sobredosificación. El método mostró ser más eficiente que la vía seca, pero exige control exacto de humedad y fluidez.
- Los resultados demostraron que el aceite quemado reciclado, incorporado en la lechada, puede mejorar ciertos parámetros del suelo y reducir significativamente el consumo de agua en obra. Se recomienda su uso como alternativa ambientalmente responsable, siempre que se cumpla con la gestión adecuada de residuos y el control de dosificación.
- Se recomienda implementar controles de densidad in situ, mediciones de humedad y pruebas CBR de verificación para asegurar que el comportamiento del suelo estabilizado en laboratorio se reproduzca en obra. La uniformidad de la mezcla es clave para lograr una subrasante homogénea y resistente.
- Dado que el método de inyección por vía húmeda requiere equipo especializado y control de parámetros de mezcla, se recomienda realizar comparativos de costos entre métodos tradicionales y el método vía húmeda, incluyendo ahorro de agua, reducción de tiempos y mejora de vida útil de la subrasante.
- Las comunidades rurales suelen enfrentar problemas de transitabilidad por suelos blandos; la adopción de este método puede mejorar la calidad de las vías locales y reducir costos de mantenimiento. Se recomienda que municipios y gobiernos regionales incluyan esta alternativa en sus especificaciones técnicas.
- La correcta aplicación del sistema de inyección por vía húmeda requiere

conocimiento en manejo de equipos, viscosidad de lechadas, control de humedad y compactación. Se recomienda capacitar a operadores y supervisores para asegurar procesos estandarizados y resultados óptimos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, J., Jiménez, M. y Benítez, R. 2020. *Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia: Revista Ingeniería de Construcción RIC, 2020. Vol. 35, N°1, págs. 5-20.
- ANTER. 2008. *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), 2008. ISBN: 978-84-89702-23-3.
- API RP 10B. 2014. *Prácticas Recomendadas para la Cementación de Pozos*. ISO 10426. Washington D.C: Industria del petróleo y gas natural, 2014. GG10B31.
- API SPEC 10A. 2005. *Especificación para Cementos y Materiales para cementación de pozos*. ISO 10426-1. Washington D.C: Industria del petróleo y gas natural, 2005.
- ARGOS. 2023. *Qué es la puzolana. Tecnología del concreto*. [En línea] 360 en concreto, 2023. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2024.] Disponible en: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-la-puzolana/>.
- ARGOS. 2017. *Tecnología de cemento para estabilización de suelos*. [En línea] 2017. [Fecha de consulta: 18 de febrero de 2024.] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=hVh0uRWx0Ag&t=40s>.
- Arifin, Y. y Rahmah, R. 2022. *Estabilización de arcilla blanda de Bukit Rawi utilizando Portland cemento compuesto*. Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. s.l.: IOP, 2022.
- ASTM C 191. 2001. *Método de prueba estándar para tiempo de fraguado del cemento hidráulico por Vicat Needle*. EE. UU: s.n., 2001.
- ASTM C 939. 2002. *Método de prueba estándar para flujo de lechada precolada – agregado de concreto (Método de cono de flujo)*. EE. UU: s.n., 2002.
- ASTM C 940. 2003. *Expansión y sangrado de lechadas recién mezclado para hormigón precolada - agregado en el laboratorio*. EE. UU: s.n., 2003.

- ASTM C109. 2016. *Método de prueba estándar para la resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulicos* (utilizando muestras de cubo de 2 pulg). EE. UU: s.n., 2016.
- ASTM D 1557. 2012. *Método de ensayo normalizado para las características de compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada* (56,00pie-lbf/pie<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>)). EE. UU: s.n., 2012.
- Astwood, H. 2013. *Efecto de los suelos blandos en el comportamiento estructural. Capacitación e Ingeniería*. [En línea] 2013. [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2024.] Disponible en: <https://capacitacioneingenieria.wordpress.com/2013/03/28/efecto-de-los-suelosblandos-en-el-comportamiento-estructural/>.
- Badillo, J. y Rico, A. 2005. *Mecánica de suelos. Tomo I. Fundamentos de la mecánica de suelos*. México: Limusa S.A, 2005. ISBN: 968-180069-9.
- Bañón, L. y Bervía, J. 2007. *Manual de Carreteras. Construcción y mantenimiento*. Madrid: Contratistas de Obras S.A, 2007.
- Bowles, J. 1981. *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*. México: McGrawHill, 1981. ISBN: 968-451-046-2.
- Castillo, R. y Orobio, A. 2020. *Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante*. s.l.: Informes de la Construcción, 2020. Vol. 72, ISSN-L: 0020-0883.
- ComexPerú. 2020. *Infraestructura vial: Gobiernos subnacionales estancados*. [En línea] 2020. [Citado el: 15 de febrero de 2024.] Disponible en: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernosubnacionales-estancados>.
- Crespo, C. 2004. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ta. México: Limusa S.A, 2004. ISBN: 968-18-6489-1.
- Das, B. 1999. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4ta. México: International Thomson Editores S.A, 1999. ISBN: 0-0534-95403-0.
- Ecoasfalt. 2019. *Estabilización de suelos y reciclado de firmes con cemento/cal*. Madrid: s.n., 2019.
- EG-CBT. 2008. *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008.

- FIUBA. 2023. *Funciones de las capas de un pavimento*. [En línea] 2023. [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2024.] Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/funciones-de-lascapas-de-unpavimento#:~:text=Capa%20subrasante&text=Su%20finalidad%20es%20resistir%20las,economizar%20los%20espesores%20de%20pavimento>.
- García, J. 2019. *Estudio de la Técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de Caolín*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019.
- Gross, J. y Adaska, W. 2020. *Suelos de subrasante estabilizados con cemento*. Centro Nacional de Tecnología de nacional de pavimentos de concreto. s.l.: Asociación del cemento Portland, 2020. IA 50010-8664.
- Herreruela, F. 2021. *Pastas, morteros, adhesivos y hormigones. 3ra Contenidos formativos de certificados de profesionalidad*. Madrid: Tornapunta Ediciones, 2021. ISBN: 97884-18632-21-1.
- Houlsby, A. 1990. *Construction and design of cement grouting*. New York: WILEYINTERSCIENCE PUBLICATION, 1990. ISBN: 0-471-51-629-5.
- IECA. 2019. *Estabilización de suelos con cemento por vía húmeda*. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2023.] [https://www.youtube.com/watch?v=jgVmc\\_8swF8](https://www.youtube.com/watch?v=jgVmc_8swF8).
- IMCYC. 2024. *Suelos blandos*. [En línea] 2024. [Fecha de consulta: 24 de noviembre de 2024.] Disponible en: <https://conocimientosweb.net/dcmt/ficha6594.html>.
- Jalanoca, F. 2021. *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka - Puno*. Lima: Universidad César Vallejo, 2021.
- Khushali, V., Shah, S. y Zala, Y. 2020. *Diseño de una lechada química para estabilizar a los pobres suelos de subrasante*. Universidad Tecnológica de Gujarat. s.l.: Revista internacional de investigación en ingeniería, ciencia y gestión, 2020. Vol. 3, ISSN: 2581-5792.
- Kosmatka, S., y otros. 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto. Boletín de Ingeniería*. Chicago: Asociación de Cemento Protland, 2004. ISBN: 0-89312-233-5.

- Lambe, T. y Whitman, R. 2004. *Mecánica de suelos*. México: Limusa Norega Editores, 2004. ISBN: 968-18-1894-6.
- Llorens, J. 2007. *El terreno y el estudio geotécnico*. Obtención de valores del terreno - Ensayos de laboratorio. Barcelona: ETSAB, 2007.
- Montejo, A. 2018. *Estabilización de suelos*. Ingeniería Civil. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. ISBN: 978-958-762-878-4.
- Morocho, F. y Casaverde, G. 2022. *Diseño y aplicación de base estabilizada con cemento, producida en planta de suelos para el tramo 2 de la carretera departamental costanera II*. s.l.: Universidad de Piura, 2022.
- MTC. 2014. *Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos*. Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2014.
- N.CMT.1.03. 2021. CMT. *Características de los materiales para subrasante*. Secretaría de comunicaciones y transportes. México: Instituto Mexicano del Transporte, 2021.
- Nespereira, J. 2014. *Ensayo de resistencia a compresión simple en suelos*. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. [En línea] Universidad de Salamanca, 2014. [Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2023.] <https://www.youtube.com/watch?v=3ytERKJ1WG0&t=3s>.
- NTP 334.009. 2005. *CEMENTOS*. Cementos Portland. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. Lima: INDECOPI, 2005.
- NTP 339.134. 1999. *SUELOS*. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. s.l.: INDECOPI, 1999. I.C.S.:93020.
- OAB. 2019. *Aceite de Cocina, otra amenaza para los acuíferos*. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2023.] <https://oab.ambientebogota.gov.co/aceite-decocina-otra-amenaza-para-los-acuiferos/>.
- OGPP. 2022. *Anuario Estadístico*. Oficina de Estadística del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. s.l.: Biblioteca Nacional del Perú, 2022.

- Pacasmayo. 2022. *Proceso de estabilización de suelos con cemento*. [En línea] 2022. [Fecha de consulta: 10 de febrero de 2024.] Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=dwip8zij58M>.
- Pasquel, E. 1999. *Tópicos de Tecnología del concreto*. 2da Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1999.
- Pruneda, A. 2021. *¿Cómo preparar un impermeabilizante para la lluvia con aceite quemado?* [En línea] 2021. [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2024.] Disponible en: <https://www.cocinadelirante.com/tips/impermeabilizante-con-aceite-quemado>.
- Rico, A. y Gutiérrez, R. 2019. *Metodologías de inyección para tratamiento de macizos rocosos para obras geotécnicas*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá : INGETEC, 2019.
- RNE E.030. 2016. *Diseño sismo resistente*. Condiciones Geotécnicas. Perfiles de suelo. Lima: MACRO EIRL, 2016. ISBN: 978-612-304-334-6.
- Rodríguez, H. 2022. *Estabilización de suelos con cloruro de sodio y cemento portland en la carretera departamental HU-108 tramo: Aeropuerto - Conchumayo - Churubamba, Huánuco - 2021*. Huánuco: Universidad Continental, 2022.
- Velásquez, C. 2018. *Influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la Avenida Dinamarca, Sector la Molina*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.
- Ventura, J. 2021. *Adición de aceite quemado y caucho reciclado para la estabilización de suelo cohesivo de subrasante Punchauca, Carabayllo*. Lima: Universidad César Vallejo, 2021.
- Villanueva, D. 2022. *La adición del aceite automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos - Chirinos, Cajamarca-2021*. Maestría en ingeniería vial con mención en carreteras, puentes y túneles. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2022.
- Weaver, K. y Bruce, D. 2007. Dam Foundation grouting. *Lechada de cimientos de presas*. Virginia: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, 2007. ISBN: 0-78440764-9.

Whitlow, R. 1999. *Fundamentos de Mecánica de Suelos*. México: Continental S.A, 1999. ISBN: 968-26-1239-X.

Yepes, V. 2019. *Asientos de cargas rectangulares en el semiespacio de Boussinesq*. Universidad Politécnica de València. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2024.] Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/11/12/>.

Yepes. 2008. *Tipos de lechadas y aplicabilidad de los materiales de inyección de terrenos*. [En línea] Universidad Politécnica de Valencia, 2008. [Fecha de consulta: 02 de marzo de 2024.] Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2020/06/12/tipos-delechadas-y-aplicabilidad-de-los-materiales-de-inyeccion-de-terrenos/>

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Cisneros Ortiz, J. (2025). *Mejora de suelos blandos en vías no pavimentadas con el sistema de inyección por vía húmeda para la región Huánuco - 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### “MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera favorece el sistema de inyección por vía húmeda para suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Establecer en qué medida favorece el sistema de inyección por vía húmeda en la estabilización de los suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El sistema de inyección por vía húmeda optimiza la estabilización de los suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Sistema de inyección por vía húmeda</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Suelos Blandos</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño:</b> cuasiexperimental</p> <p><b>Población:</b> Está conformado por una vía no pavimentada con bajo volumen de tránsito a nivel de subrasante, el tramo en estudio fue de 1 km ubicado en el tramo TRANCA-SANTA ISABEL-MIRAFLORES-HUANACAURE en el distrito de Chinchao, provincia y región Huánuco, este sector es considerado como una zona pantanosa y presenta suelos blandos que está conformado por las arcillas.</p> <p><b>Muestra:</b></p>
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera favorece el sistema de inyección por vía húmeda para suelos blandos a nivel de subrasante en carreteras no pavimentadas?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> ¿De qué manera varía la densidad máxima seca del suelo blando compactado al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> Establecer la variación de la densidad máxima seca del suelo blando compactado al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas. Determinar la variación de la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante</p>	<p><b>Hipótesis específicas:</b> El sistema de inyección por vía húmeda intensifica su densidad máxima seca del suelo blando compactado para la capa subrasante de una carretera no pavimentada. El sistema de inyección por vía húmeda incrementa la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada. El sistema de inyección por vía</p>		

<p>subrasante para carreteras no pavimentadas?  ¿De qué manera se modifica la cantidad óptima de lechada para la compactación del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?  ¿Cuáles son los cambios que se producen en la expansibilidad del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?  ¿Cuáles son los efectos que se genera en el valor de soporte california (CBR) del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas?</p>	<p>para carreteras no pavimentadas.  Calcular los cambios que se produce en la expansibilidad del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.  Analizar los efectos que se genera en el valor de soporte california (CBR) del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.  Establecer en qué medida se modifica su resistencia a compresión simple del suelo blando al aplicar el sistema de inyección por vía húmeda a nivel de subrasante para carreteras no pavimentadas.</p>	<p>húmeda reduce la expansibilidad del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.  El sistema de inyección por vía húmeda refuerza el valor de soporte california (CBR) del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.  El sistema de inyección por vía húmeda incrementa su resistencia a compresión simple del suelo blando para la capa subrasante de una carretera no pavimentada.</p>	<p>Según el Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos especifica la cantidad de calicatas, siendo 01 calicata por cada 1 km, para la determinación del lugar de excavación de la calicata en el tramo de 500 m sectorizado, esta calicata se realizó en el kilómetro 25 del tramo TRANCA-SANTA ISABEL-MIRAFLORES-HUANACAURE (22+500-38+260); EMP. HU-804, puesto que ese tramo se encuentra más deficiente en épocas de lluvia, siendo un muestreo no probabilístico por conveniencia.</p>
--	--	--	---

---

¿Cómo se modifica su  
resistencia a compresión  
simple del suelo blando al  
aplicar el sistema de  
inyección por vía húmeda  
a nivel de subrasante  
para carreteras no  
pavimentadas?

---

## ANEXO 2 ENSAYOS



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
CALICATA:	C-1	PROGRASIVA:	
ESTRATO:	E-1	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.50 m
DETALLE:	MUESTRA CONTROL		
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

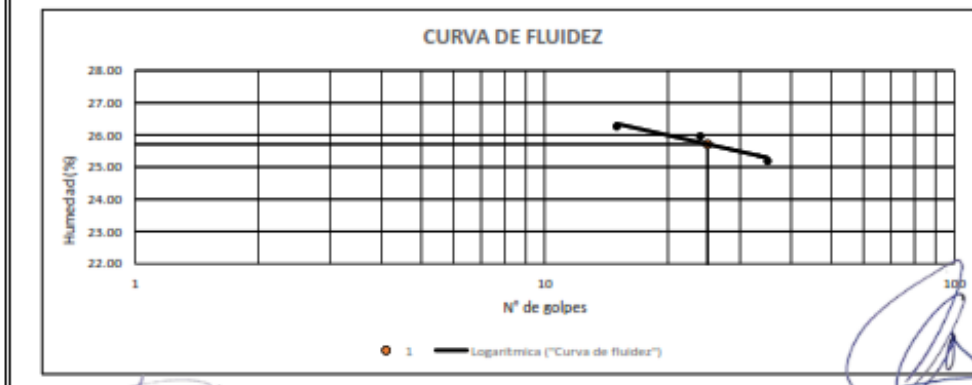
### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

Nº DE GOLPES	35	24	15
Suelo Húmedo + Tarro	28.35	27.00	29.12
Suelo seco + Tarro	24.94	24.20	25.42
Peso de Tarro	11.40	11.16	11.33
Peso del Agua	3.41	3.40	3.70
Peso de Suelo Seco	13.54	13.10	14.09
HUMEDAD %	25.18	25.95	26.20

### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.29	18.22
Suelo seco + Tarro	17.45	17.41
Peso de Tarro	11.22	11.17
Peso del Agua	0.84	0.81
Peso de Suelo Seco	6.23	6.24
HUMEDAD %	13.48	12.98

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	25.71	%
Límite plástico LP	13.23	%
Índice plasticidad IP	12.48	%



  
 Mario S. CISNEROS  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leoberto Villanueva Alán  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRI@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
DETALLE:	MUESTRA CONTROL		
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

PESO INICIAL:	7063.34 Gr.	% DE HUMEDAD:	14.40%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	1196 Gr.
FRACCION:	7063.34 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	1024 Gr.

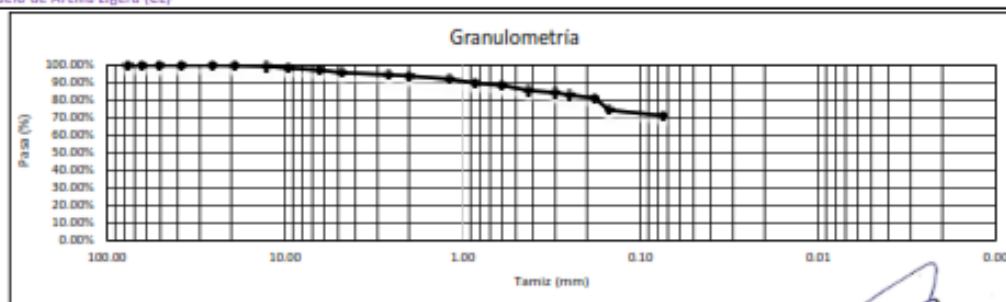
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCIÓN	
3"	76.20	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Grava (%):	4.31%
2 1/2"	63.50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Arena (%):	24.59%
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Pasante N°200 (%):	71.10%
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
1"	25.40	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
3/4"	19.05	12.00	0.17%	0.17%	99.83%		
1/2"	12.70	32.00	0.43%	0.62%	99.38%		
3/8"	9.53	75.50	1.07%	1.69%	98.31%		
1/4"	6.35	77.80	1.10%	2.79%	97.21%		
N°4	4.76	107.20	1.32%	4.31%	95.69%		
N°8	2.60	85.10	1.20%	5.52%	94.48%		
N°10	2.00	45.10	0.64%	6.15%	93.85%	Módulo de fineza (MF)	0.73%
N°16	1.18	131.60	1.86%	8.02%	91.98%	Limite líquido LL	25.71
N°20	0.85	153.40	2.17%	10.19%	89.81%	Limite plástico LP	13.23
N°30	0.60	95.64	1.35%	11.54%	88.46%	Índice de plasticidad IP	12.48
N°40	0.43	208.50	2.95%	14.49%	85.51%	Pasa tamiz N°4 (5mm):	95.69%
N°50	0.30	85.60	1.21%	15.71%	84.29%	Pasa tamiz N°200 (0.080 mm):	71.10%
N°60	0.25	97.30	1.38%	17.08%	82.92%	D60:	0.01 mm
N°80	0.18	123.30	1.75%	18.83%	81.17%	D30:	0.00 mm
N°100	0.15	483.60	6.85%	25.68%	74.32%	D10 (diámetro efectivo):	0.03 mm
N°200	0.07	227.50	3.22%	28.90%	71.10%	Coficiente de uniformidad (Cu):	0.20
CAZOLETA	0.00	5022.40	71.10%	100.00%	0.00%	Grado de curvatura (Cc):	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>7063.34</b>	<b>100.00%</b>				

Clasificación AAHSTO

A-6 (6) Material Limo Arcilloso

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de Arcilla Ligera (CL)



*[Signature]*  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
 Ing. Leoberto Villanueva Abad  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"											
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO											
<b>RESISTA:</b>	BACH. JERISON OSWERO											
<b>DETALLE:</b>	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACIÓN 0.8)											
<b>FECHA:</b>	SEPTIEMBRE DEL 2025											
<b>MOLDE:</b>	4				5				6			
<b>N. GOLPES:</b>	50				25				12			
<b>CONDICIÓN:</b>	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo húmedo	8883	8982	9484	9745	9298	9512						
Peso del molde	4173	4173	5095	5095	5096	5096						
Peso del suelo húmedo	4710	4809	4389	4650	4202	4416						
Volumen del molde	2116	2116	2124	2124	2125	2125						
Densidad	2.23	2.27	2.07	2.19	1.98	2.08						
Porcentaje de lechada (%)	48.80				48.80				48.80			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
18/09/2025	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
19/09/2025	7:00 p.m.	24	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
20/09/2025	7:00 p.m.	48	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
22/09/2025	7:00 p.m.	72	2	0.02	0.02	5	0.05	0.04	5.0	0.050	0.04
25/09/2025	7:00 p.m.	96	10	0.10	0.09	10	0.10	0.08	25.0	0.250	0.30

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03	
		LIBRAS	1a/Pulg.2		LIBRAS	1a/Pulg.2		LIBRAS	1a/Pulg.2
0.00	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0
0.05	46	462.5	154.2	154.0	42	422.2	140.7	141.0	41
0.05	250	2516.0	836.7	836.0	185	1861.7	620.6	621.0	144
0.08	475	4790.8	1586.9	1587.0	401	4056.0	1345.3	1345.0	398
0.10	708	7730.3	2576.8	2577.0	622	6260.6	2086.9	2087.0	482
0.15	0		0.0	1058	10646.5	3548.8	3550.0	811	8189.8
0.15	0		0.0	0		0.0	0		0.0
0.20	0		0.0	0		0.0	0		0.0
0.30	0		0.0	0		0.0	0		0.0
0.40	0		0.0	0		0.0	0		0.0
0.50	0		0.0	0		0.0	0		0.0

  
 Mario S. Pizarro Naranjo  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leidy Yáñez Albal  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILLCO MARCA - HUÁNUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACIÓN 0.6)					
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	7876.00	8049.00	8165.00	8039.00	7869.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1811.00	1984.00	2100.00	1974.00	1804.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	1.92	2.10	2.22	2.09	1.91
<b>CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEMENTO)</b>						
CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEM)	%	35.00	41.00	49.00	37.00	63.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	1.92	2.10	2.22	2.09	1.91
<p style="text-align: center;"><b>GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO</b></p>						
Densidad Máxima Seca:	2.224	gr/cm <sup>3</sup>				
Humedad Óptima:	48.80	%				

Mario S. Domínguez N. Paredo  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leivón Villanueva Abad  
 CIP. 78839

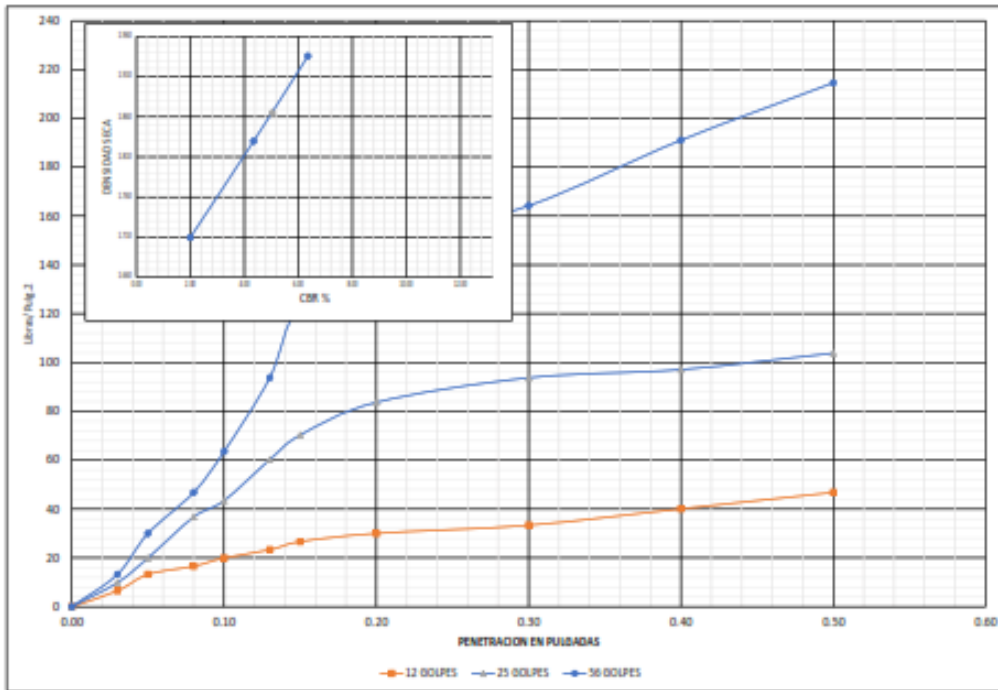
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILLCO MARCA - HUÁNUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"
UBICACION:	REGION HUANUCO
TESISTA:	BACH. JERISSON CISNEROS
DETALLE:	MUESTRA CONTROL
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023



	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.935	1.830	1.709	CBR a 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 6.92
CBR A 0.1"	6.4	4.5	1.994	CBR a 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 5.04
CBR A 0.2"	9.8	5.6	2.000	

  
 Mario S. Quiroga N. P. S.  
 INGENIERO LABORATORISTA

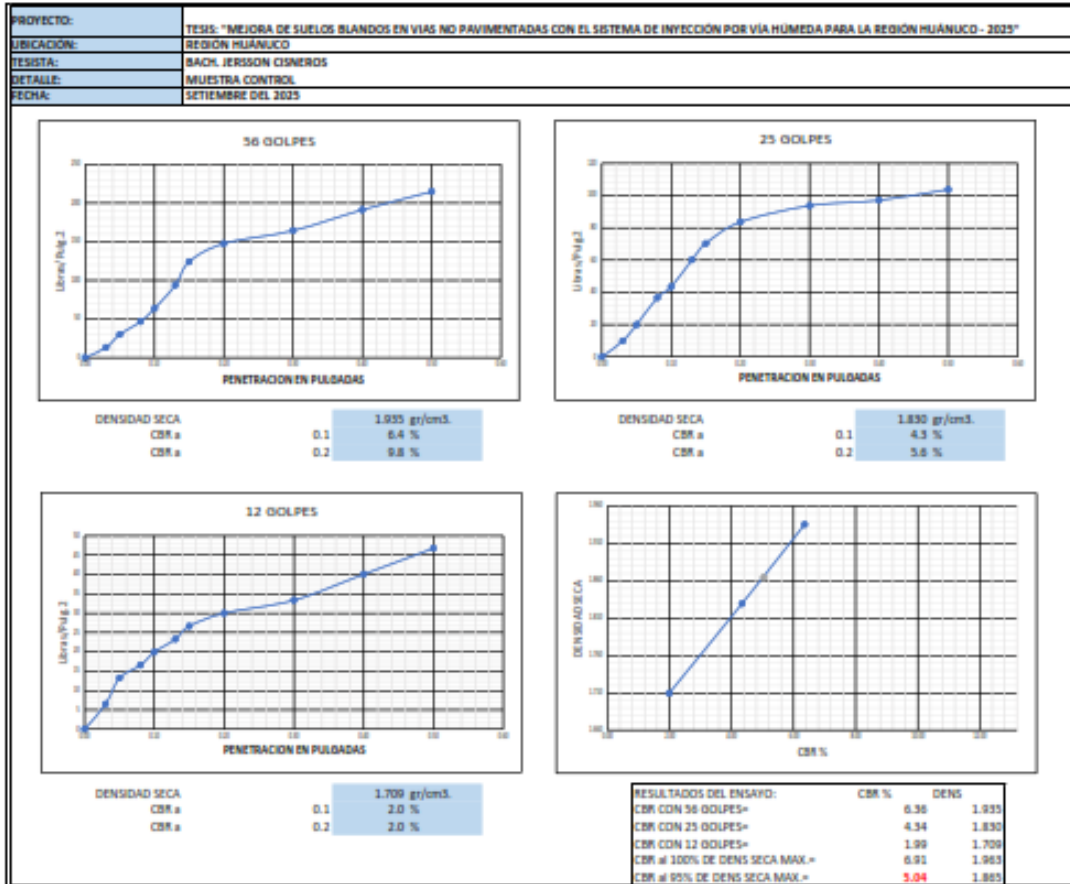
  
 Ing. Leidy Vilaverde Albal  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



Mario S. Cisneros  
 TECNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Villanueva Alar  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390
 

 RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2023"												
UBICACION:	REGION HUANUCO												
TESISTA:	BACH. JERSON CISNEROS												
DETALLE:	MUESTRA CONTROL												
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023												
MOLDE	4				5				6				
N. GOLPES	50				25				12				
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		
Peso del molde + suelo humedo	9388	9482	9542	9613	9274	9315	9274	9315	9274	9315	9274	9315	
Peso del molde	4778	4778	5095	5095	4173	4173	4173	4173	4173	4173	4173	4173	
Peso del suelo humedo	4610	4704	4447	4518	5101	5142	5101	5142	5101	5142	5101	5142	
Volumen del molde	2112	2112	2131	2131	2093	2093	2093	2093	2093	2093	2093	2093	
Densidad humeda	2.28	2.25	2.09	2.12	2.46	2.42	2.46	2.42	2.46	2.42	2.46	2.42	
Humedad	12.78				14.06				14.51				
Densidad seca	1.955				1.830				1.709				
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Peso tara + suelo humedo	78.20	82.20			80.90	82.80			83.20	74.80			
Peso tara + suelo seco	72.80	74.50			74.80	74.80			77.30	67.00			
Peso tara	23.70	21.60			24.50	24.80			23.50	23.80			
Peso del agua	5.40	7.70	0.00	0.00	6.10	8.00	0.00	0.00	5.90	7.80	0.00	0.00	
Peso de los solidos	49.10	52.90	0.00	0.00	50.30	50.00	0.00	0.00	53.80	43.20	0.00	0.00	
humedad	11.00	14.56			12.13	16.00			10.97	18.06			
Humedad	12.78				14.06				14.51				
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION			
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%		
15/09/2023	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00		
16/09/2023	7:00 p.m.	24	51	0.51	0.44	91	0.91	0.79	120.0	1.200	1.04		
17/09/2023	7:00 p.m.	48	120	1.10	0.96	142	1.42	1.23	179.8	1.798	1.56		
18/09/2023	7:00 p.m.	72	152	1.52	1.32	202	2.02	1.78	234.3	2.343	2.04		
19/09/2023	7:00 p.m.	96	178	1.78	1.55	225	2.25	1.96	272.4	2.724	2.37		
PENETR. PUG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01				LECTURA DIAL	MUESTRA N°02				LECTURA DIAL	MUESTRA N°03	
		LIBRAS	Lb/Pulg. 2.			LIBRAS	Lb/Pulg. 2.			LIBRAS	Lb/Pulg. 2.		
0.00	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	
0.05	4	39.7	13.2	13.0	5	39.8	9.9	10.0	2	19.5	6.5	7.0	
0.05	9	80.0	30.0	30.0	6	39.8	39.9	30.0	4	39.7	13.2	13.0	
0.08	14	140.3	46.8	47.0	11	110.1	36.7	37.0	3	49.7	16.6	17.0	
0.10	19	190.7	63.8	64.0	15	130.3	43.4	43.0	6	59.8	19.9	20.0	
0.13	28	281.3	93.8	94.0	18	180.6	60.2	60.0	7	69.9	23.3	23.0	
0.15	37	371.9	124.0	124.0	21	210.8	70.3	70.0	8	79.9	26.6	27.0	
0.20	44	442.3	147.4	147.0	25	251.1	83.7	84.0	9	90.0	30.0	30.0	
0.30	49	492.7	164.2	164.0	28	281.3	93.8	94.0	10	100.1	33.4	33.0	
0.40	57	573.2	191.1	191.0	29	291.3	97.1	97.0	12	120.2	40.1	40.0	
0.50	64	643.7	214.6	215.0	31	311.5	103.8	104.0	14	140.3	46.8	47.0	

  
 Mario S. Camacho N.º 1010  
 TECNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leoberto Villanueva Albal  
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390
 

 RUC: 20529060832  
 RESOLUCION N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL					
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	7845.00	8035.00	8144.00	8059.00	7810.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1780.00	1970.00	2079.00	1994.00	1745.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.89	2.09	2.20	2.11	1.85
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	200.70	220.70	271.50	257.60	243.60
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	193.20	208.30	249.70	233.20	218.80
PESO DE LA TARA	gr.	68.90	72.10	71.10	70.40	68.70
PESO DEL AGUA	gr.	7.50	12.40	21.80	24.40	24.80
PESO MUESTRA SECA	gr.	124.30	136.20	178.60	162.80	150.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.03	9.10	12.21	14.99	16.52
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup> .	1.78	1.91	1.96	1.84	1.59

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

The graph plots 'Densidad seca gr/cm³.' on the y-axis (ranging from 1.50 to 2.10) against 'Contenido de Humedad %' on the x-axis (ranging from 5.50 to 17.50). A red parabolic curve is drawn through the data points, with a black dot marking the peak at approximately 12.08% moisture content and 1.963 gr/cm³ dry density.

Densidad Máxima Seca:	1.963	gr/cm <sup>3</sup> .
Humedad Óptima:	12.08	%
Densidad Máxima Húmeda:	2.200	gr/cm <sup>3</sup> .

Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leovides Villanueva Abad  
 CIP: 78829

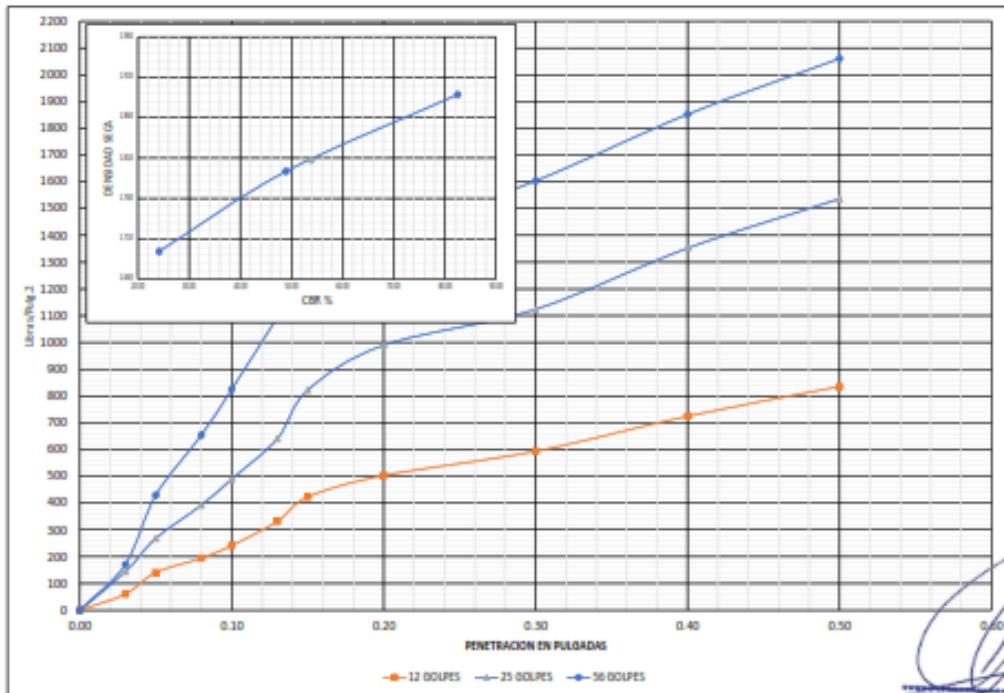
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"
UBICACION:	REGION HUANUCO
TESISTA:	BACH. JERISON CISNEROS
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICION DE CEMENTO (5%)
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023



Ing. Leivis Villegas Albal  
 CIP. 78639

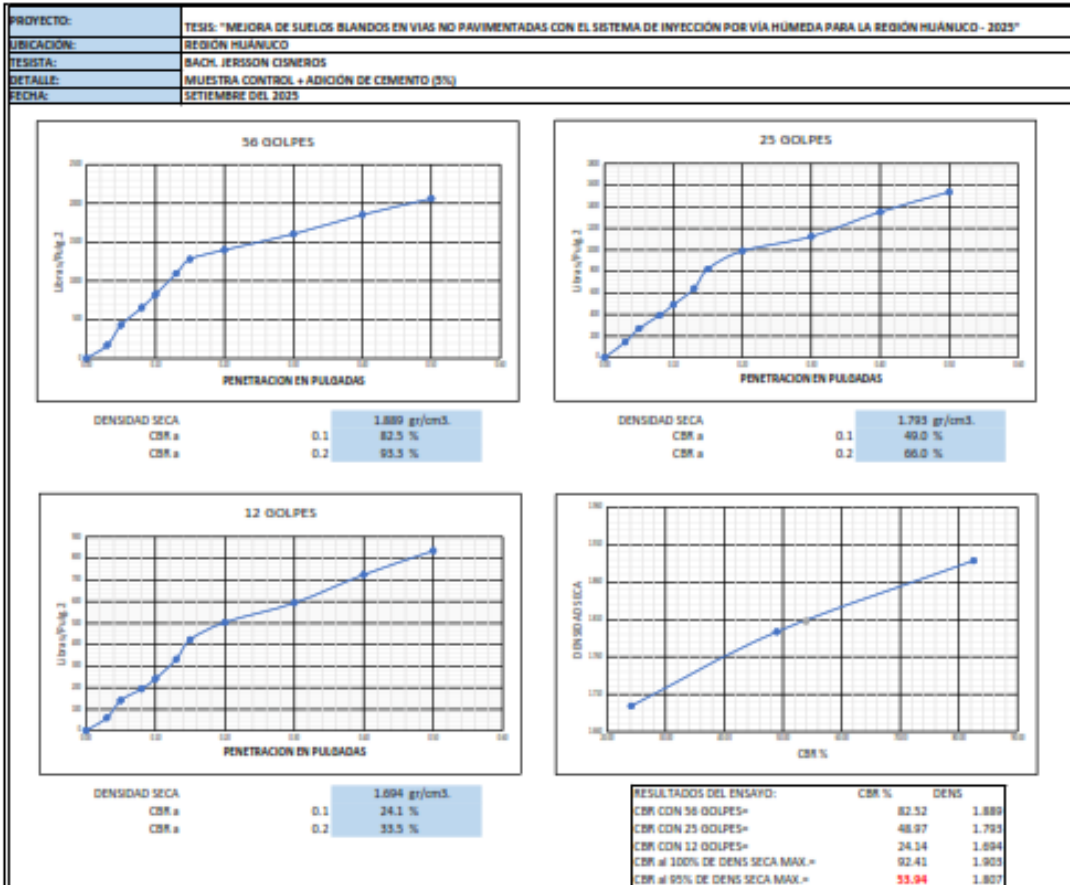
	36 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES		CBR DE DISEÑO	
DENS. SECA	1.889		1.795		1.694		CBR a 100% DE DENSIDAD SECA MAX.	92.43
CBR A 0.1"	82.5		49.0		24.139		CBR a 95% DE DENSIDAD SECA MAX.	53.94
CBR A 0.2"	93.3		66.0		33.541			

Mario S. Castañeda  
 TÉCNICO LABORATORISTA

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	--



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



Mario Sotomayor  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leidy Vilanova Abad  
 CIP. 75839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	--



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2023"											
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO											
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSON CISNEROS											
<b>DETALLE:</b>	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE CEMENTO (3%)											
<b>FECHA:</b>	SEPTIEMBRE DEL 2023											
<b>MOLDE N. GOLPES:</b>	4 56				5 25				6 12			
<b>CONDICIÓN</b>	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo húmedo	9640	9690	8958	9045	8958	9045	8905	9015	8905	9015	8905	9015
Peso del molde	5072	5072	4671	4671	4671	4671	4778	4778	4778	4778	4778	4778
Peso del suelo húmedo	4568	4618	4287	4374	4287	4374	4127	4237	4127	4237	4127	4237
Volumen del molde	2118	2116	2090	2090	2090	2090	2125	2125	2125	2125	2125	2125
Densidad húmeda	2.18	2.18	2.05	2.06	2.05	2.06	1.94	1.98	1.94	1.98	1.94	1.98
Humedad	14.30				14.37				14.63			
Densidad seca	1.889				1.793				1.694			
<b>IDENTIFICACIÓN DE TARA</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo húmedo	71.70	78.30			77.00	84.80			78.90	80.40		
Peso tara + suelo seco	66.10	71.80			70.80	76.80			71.00	72.80		
Peso tara	23.70	21.80			24.60	24.80			26.50	25.30		
Peso del agua	5.80	7.70	0.00	0.00	6.20	8.00	0.00	0.00	5.90	7.60	0.00	0.00
Peso de los sólidos	42.40	30.00	0.00	0.00	46.20	52.20	0.00	0.00	44.50	47.50	0.00	0.00
humedad	13.21	13.40			13.42	15.33			13.26	16.00		
Humedad	14.30				14.37				14.63			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
15/09/2023	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
14/09/2023	7:00 p.m.	24	27	0.27	0.23	48	0.48	0.42	75.0	0.750	0.65
15/09/2023	7:00 p.m.	48	20	0.20	0.17	54	0.54	0.47	81.0	0.810	0.70
16/09/2023	7:00 p.m.	72	30	0.30	0.43	65	0.65	0.57	85.0	0.850	0.74
17/09/2023	7:00 p.m.	96	36	0.36	0.49	68	0.68	0.59	90.0	0.900	0.78

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01				MUESTRA N°02				MUESTRA N°03			
		LIBRAS	LIB/Pulg 2	LIBRAS	LIB/Pulg 2	LIBRAS	LIB/Pulg 2	LIBRAS	LIB/Pulg 2	LIBRAS	LIB/Pulg 2	LIBRAS	LIB/Pulg 2
0.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
0.03	51	312.8	170.9	171.0	43	432.3	244.1	244.0	18	180.6	90.2	90.0	
0.05	128	1287.9	429.3	429.0	80	804.7	288.2	288.0	42	422.2	210.7	210.0	
0.08	195	1962.3	654.1	654.0	117	1177.2	392.4	392.0	58	583.3	291.4	291.0	
0.10	246	2475.7	825.2	825.0	146	1469.1	489.7	489.0	72	724.2	361.4	361.0	
0.13	326	3281.0	1095.7	1094.0	191	1922.1	640.7	641.0	99	996.0	502.0	502.0	
0.15	381	3834.7	1278.2	1278.0	245	2465.6	821.9	822.0	126	1267.8	632.6	632.0	
0.20	417	4197.1	1399.0	1399.0	295	2966.0	989.7	990.0	150	1509.4	754.1	754.0	
0.30	478	4811.1	1603.7	1604.0	335	3371.6	1123.9	1124.0	177	1781.1	890.7	891.0	
0.40	532	5336.0	1832.0	1832.0	403	4036.1	1352.0	1352.0	210	2173.7	1086.6	1087.0	
0.50	614	6180.1	2060.0	2060.0	458	4609.8	1536.6	1537.0	249	2505.9	1252.5	1253.0	

*[Firma]*  
MARTIN CRISTIAN N. TORO  
TECNICO LABORATORISTA

*[Firma]*  
Ing. León Vilaverde Alai  
CIP. 78238

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUÁNUCO  
CELULAR: 920093390
RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE CEMENTO (5%)					
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	7955.00	8063.00	8110.00	8040.00	7958.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1890.00	1998.00	2045.00	1975.00	1893.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.002	2.117	2.166	2.092	2.005
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	378.90	354.00	282.30	310.80	244.50
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	350.50	323.50	255.90	277.00	219.70
PESO DE LA TARA	gr.	68.20	68.80	69.00	73.00	73.20
PESO DEL AGUA	gr.	28.40	30.50	26.40	33.20	24.80
PESO MUESTRA SECA	gr.	282.30	254.70	186.90	204.60	146.50
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10.06	11.97	14.13	16.23	16.93
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.82	1.89	1.90	1.80	1.71

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

Densidad Máxima Seca:	1.903	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima:	13.38	%
Densidad Máxima Húmeda:	2.157	gr/cm <sup>3</sup>

Mario S. Cisneros Nieto  
 TÉCNICO LABORATORISTA

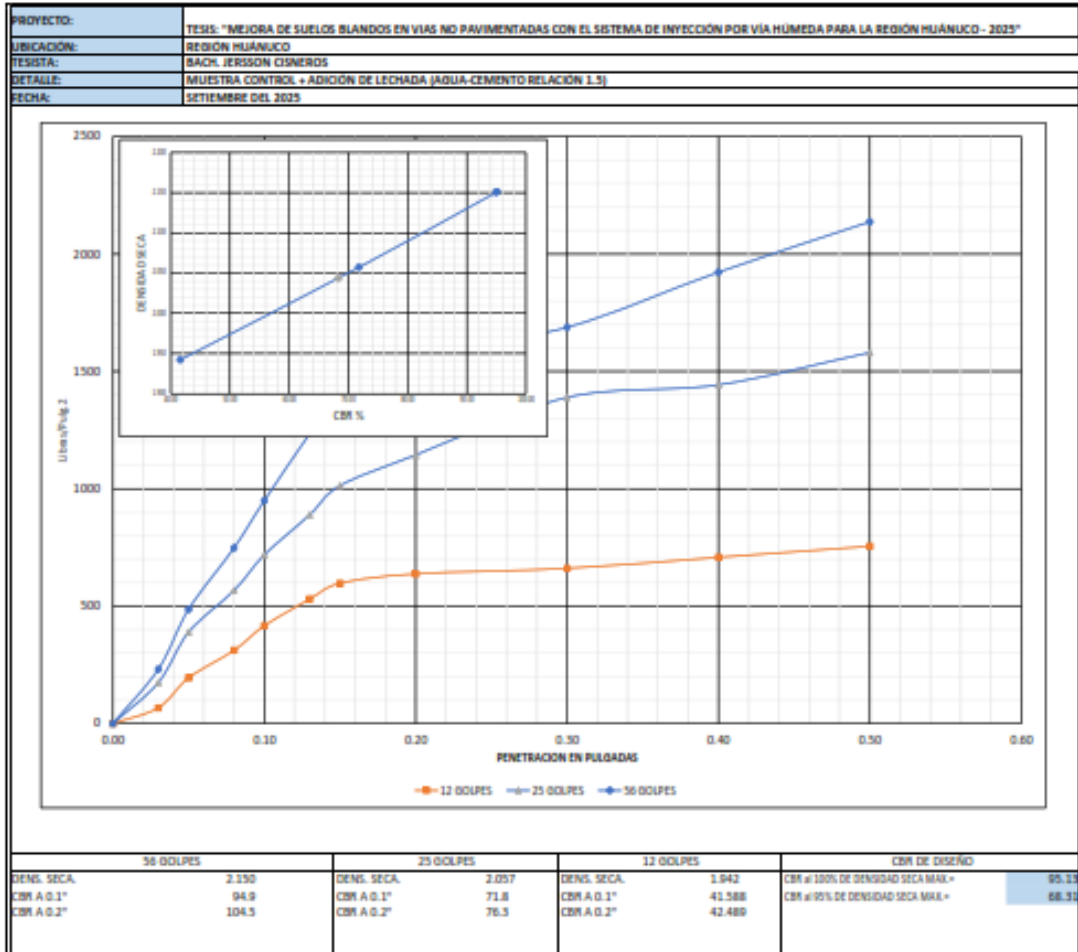
Ing. Leivis Yáñez Abal  
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leides Yllanes Albal  
 CIP. 78839

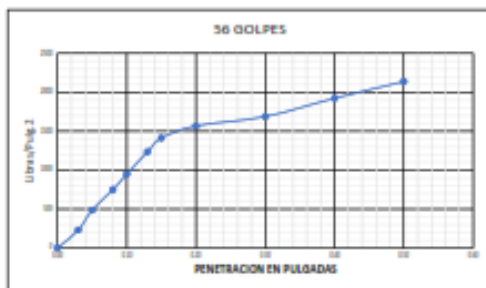
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILLCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)

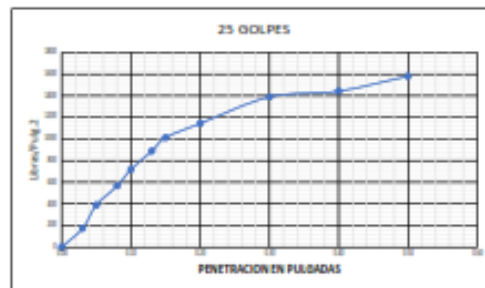


**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

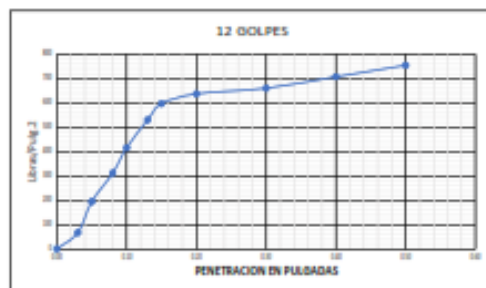
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"
UBICACION:	REGION HUANUCO
TESISTA:	BACH. JERISON CISNEROS
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICION DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACION 1.5)
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023



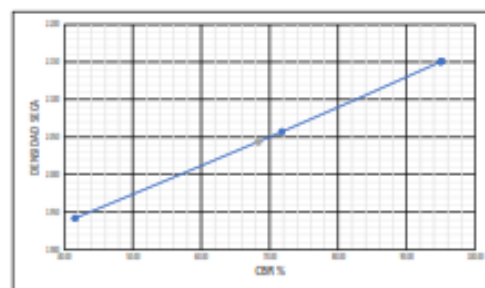
DENSIDAD	2.130 gr/cm3
CBR a 0.1	94.9 %
CBR a 0.2	104.5 %



DENSIDAD	2.057 gr/cm3
CBR a 0.1	71.8 %
CBR a 0.2	79.3 %



DENSIDAD	1.942 gr/cm3
CBR a 0.1	41.6 %
CBR a 0.2	42.5 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 36 GOLPES=	94.94	2.130
CBR CON 25 GOLPES=	71.79	2.057
CBR CON 12 GOLPES=	41.59	1.942
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	95.13	2.131
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	88.31	2.044

  
 Mario Cisneros Naranjo  
 TECNICO LABORATORISTA

  
  
 Ing. Leónidas Villanueva Abad  
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060852 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRI@hotmail.com
---	--



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"					
LUBICACION:	REGION HUANUCO					
RESISTA:	BACH. JERSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICION DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACION 1.5)					
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023					
MOULDE	4		5		6	
N. GOLPES	58		25		13	
CONDICION	SN SUVERSOR	SUMROIDO	SN SUVERSOR	SUMROIDO	SN SUVERSOR	SUMROIDO
Peso del molde + suelo humedo	9633	9736	9445	9282	8300	8468
Peso del molde	5087	5087	5094	5094	4173	4173
Peso del suelo humedo	4546	4649	4351	4188	4127	4295
Volumen del molde	2115	2115	2115	2115	2125	2125
Densidad	2.15	2.20	2.06	2.12	1.94	2.021
Porcentaje de lechada (%)	16.95		16.95		16.95	

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
06/10/2023	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
07/10/2023	7:00 p.m.	24	27	0.27	0.25	48	0.48	0.42	75.0	0.750	0.65
08/10/2023	7:00 p.m.	48	38	0.38	0.35	55	0.55	0.48	79.0	0.790	0.69
09/10/2023	7:00 p.m.	72	48	0.48	0.42	60	0.60	0.52	80.0	0.800	0.75
10/10/2023	7:00 p.m.	96	50	0.50	0.45	65	0.65	0.57	88.0	0.880	0.77

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03	
		LIBRAS	LS/Pulg.2		LIBRAS	LS/Pulg.2		LIBRAS	LS/Pulg.2
0.00	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0
0.05	69	694.0	231.3	231.0	52	522.0	174.5	174.0	20
0.05	145	1450.0	486.3	486.0	116	1167.1	389.0	389.0	58
0.08	225	2244.2	748.1	748.0	169	1700.0	566.9	567.0	95
0.10	285	2848.2	949.4	949.0	214	2153.6	717.9	718.0	124
0.15	368	3705.8	1234.8	1235.0	285	2867.0	889.0	889.0	158
0.15	421	4257.3	1412.4	1412.0	302	3059.4	1015.1	1015.0	178
0.20	467	4700.4	1566.8	1567.0	341	3432.0	1144.0	1144.0	190
0.30	505	5062.8	1687.6	1688.0	414	4166.9	1389.0	1389.0	197
0.40	575	5767.4	1822.5	1822.0	450	4527.9	1442.6	1443.0	211
0.50	637	6411.8	2137.2	2137.0	475	4740.6	1580.2	1580.0	225

  
 Mario S. Cisneros  
 TECNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leivido Villanueva Alaj  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACIÓN 1.5)					
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	8025.00	8084.00	8090.00	8038.00	7985.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1960.00	2019.00	2025.00	1973.00	1920.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup> .	944.00	944.00	944.00	944.00	944.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup> .	2.076	2.139	2.145	2.090	2.034
CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEMENTO)						
CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEN)	%	9.00	14.00	19.00	24.00	29.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup> .	2.076	2.139	2.145	2.090	2.034

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

Contenido de Humedad %	Densidad seca gr/cm <sup>3</sup> .
8.00	2.076
11.00	2.100
16.95	2.131
25.00	2.090
28.00	2.034

Densidad Máxima Seca:	2.131	gr/cm <sup>3</sup> .
Humedad Óptima:	16.95	%

*[Signature]*  
MARTIN CISNEROS  
TECNICO LABORATORISTA

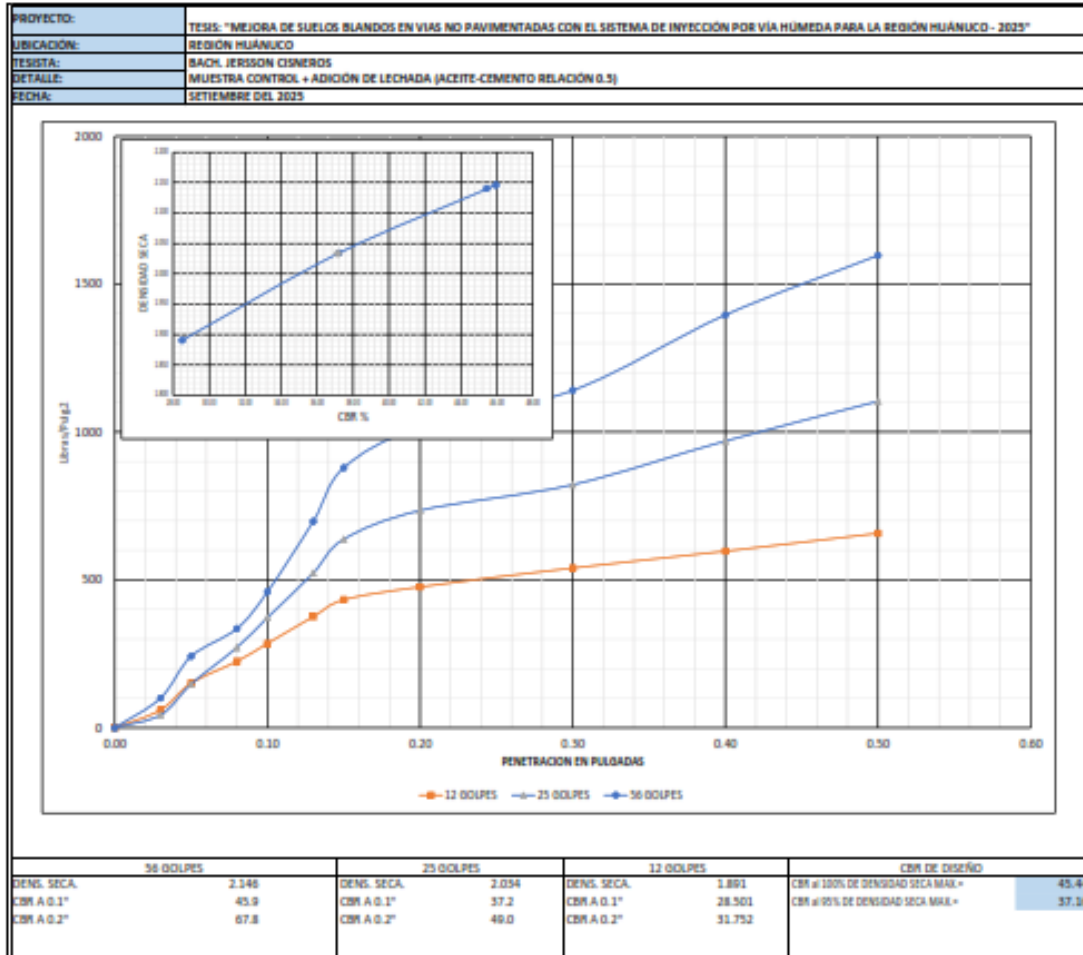
*[Signature]*  
Ing. Leivis Villanueva Albal  
CIP-70000

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



	36 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	2.146	2.034	1.891	CBR a 100% DE DENSIDAD SECA MAX. = 45.44
CBR A 0.1"	45.9	37.2	28.501	CBR a 95% DE DENSIDAD SECA MAX. = 37.20
CBR A 0.2"	67.8	49.0	31.752	

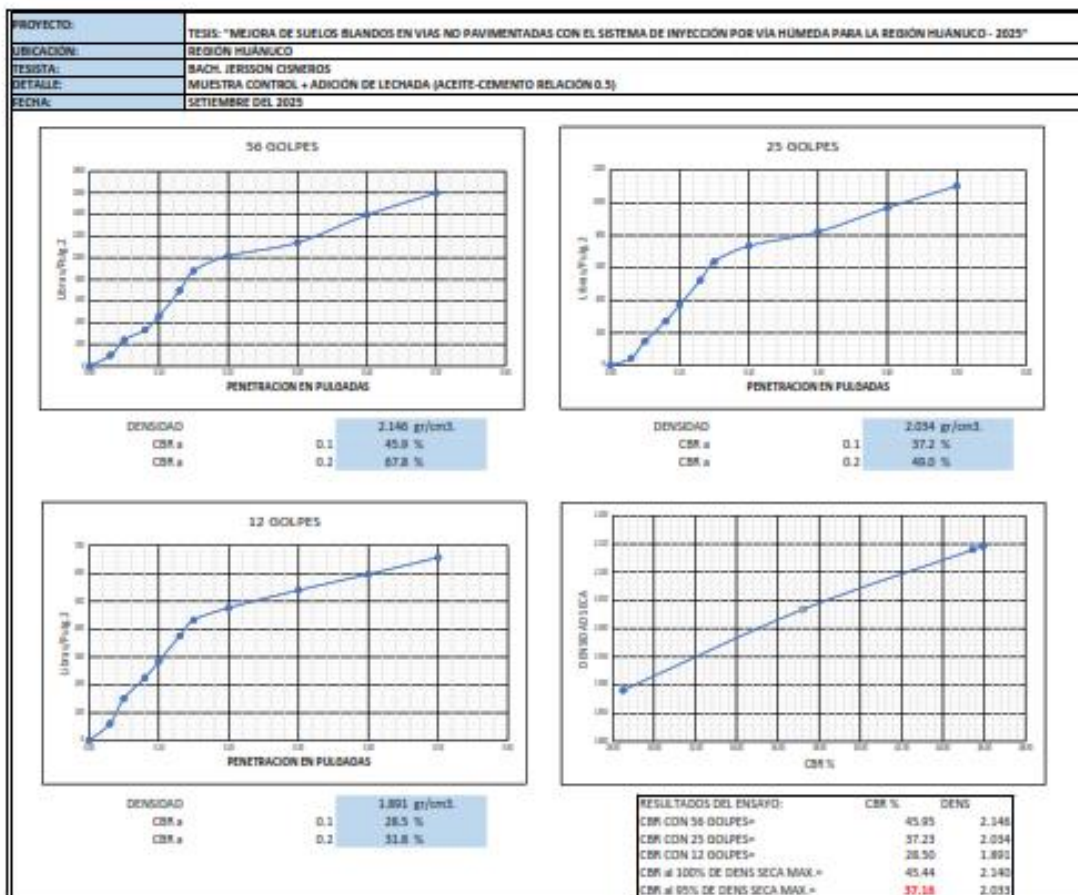
Mario S. CISNEROS NÚMERO  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leónidas Villanueva Albal  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com
---	--



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



*J. Cisneros*  
 JERISON CISNEROS N.º 12345  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
  
 Ing. Leovigildo Villanueva Albal  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2023"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERISON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (ACEITE-CEMENTO RELACIÓN 0.3)					
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023					
MOLDE	4		5		6	
N. DOLPES	50		25		12	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Peso del molde + suelo húmedo	8235	9305	9050	9195	8180	8428
Peso del molde	4652	4692	4752	4752	4185	4185
Peso del suelo húmedo	4534	4613	4298	4443	3995	4243
Volumen del molde	2113	2113	2113	2113	2113	2113
Densidad	2.15	2.18	2.05	2.10	1.89	2.008
Porcentaje de lechada (%)	42.83		42.83		42.83	

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
29/09/2023	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
30/09/2023	7:00 p.m.	24	300	1.00	0.87	119	1.19	1.03	138.0	1.380	1.20
01/10/2023	7:00 p.m.	48	313	1.13	0.98	122	1.22	1.06	144.0	1.440	1.25
02/10/2023	7:00 p.m.	72	380	1.80	1.39	125	1.25	1.09	148.0	1.480	1.29
03/10/2023	7:00 p.m.	96	323	1.23	1.07	132	1.32	1.15	155.0	1.550	1.35

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01		LECTURA DIAL	MUESTRA N°02		LECTURA DIAL	MUESTRA N°03	
		LIBRAS	LIB/Pulg.		LIBRAS	LIB/Pulg.		LIBRAS	LIB/Pulg.
0.00	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
0.05	30	301.4	300.5	100.0	15	130.3	43.4	43.0	38
0.05	72	724.2	741.4	241.0	44	442.3	347.4	347.0	45
0.08	100	1006.0	995.3	535.0	81	814.8	771.0	772.0	87
0.10	137	1378.5	459.5	459.0	111	1116.8	372.3	372.0	85
0.13	208	2093.2	697.7	698.0	136	1369.7	523.2	523.0	112
0.15	262	2636.8	878.9	879.0	190	1912.0	637.3	637.0	129
0.20	303	3049.5	1016.5	1016.0	219	2203.9	734.6	733.0	142
0.30	340	3421.9	1140.6	1141.0	245	2465.6	821.9	822.0	161
0.40	416	4187.0	1395.7	1396.0	289	2908.6	989.5	970.0	178
0.50	476	4791.0	1587.0	1587.0	329	3311.2	1103.7	1104.0	196

  
 Mario S. Ortiz  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leicléides Villanueva Abal  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (ACEITE-CEMENTO RELACIÓN 0.5)					
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	7942.00	8023.00	8071.00	8055.00	7961.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1877.00	1958.00	2006.00	1990.00	1896.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	938.00	938.00	938.00	938.00	938.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	2.001	2.087	2.139	2.122	2.021
<b>CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEMENTO)</b>						
CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEN)	%	28.00	33.00	41.00	49.00	57.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	2.001	2.087	2.139	2.122	2.021
<div style="text-align: center;"> <p><b>GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO</b></p> <p>Densidad seca gr/cm<sup>3</sup>.</p> <p>Contenido de Humedad %</p> </div>						
Densidad Máxima Seca:	2.140	gr/cm <sup>3</sup> .				
Humedad Óptima:	42.83	%				

Jerisson Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

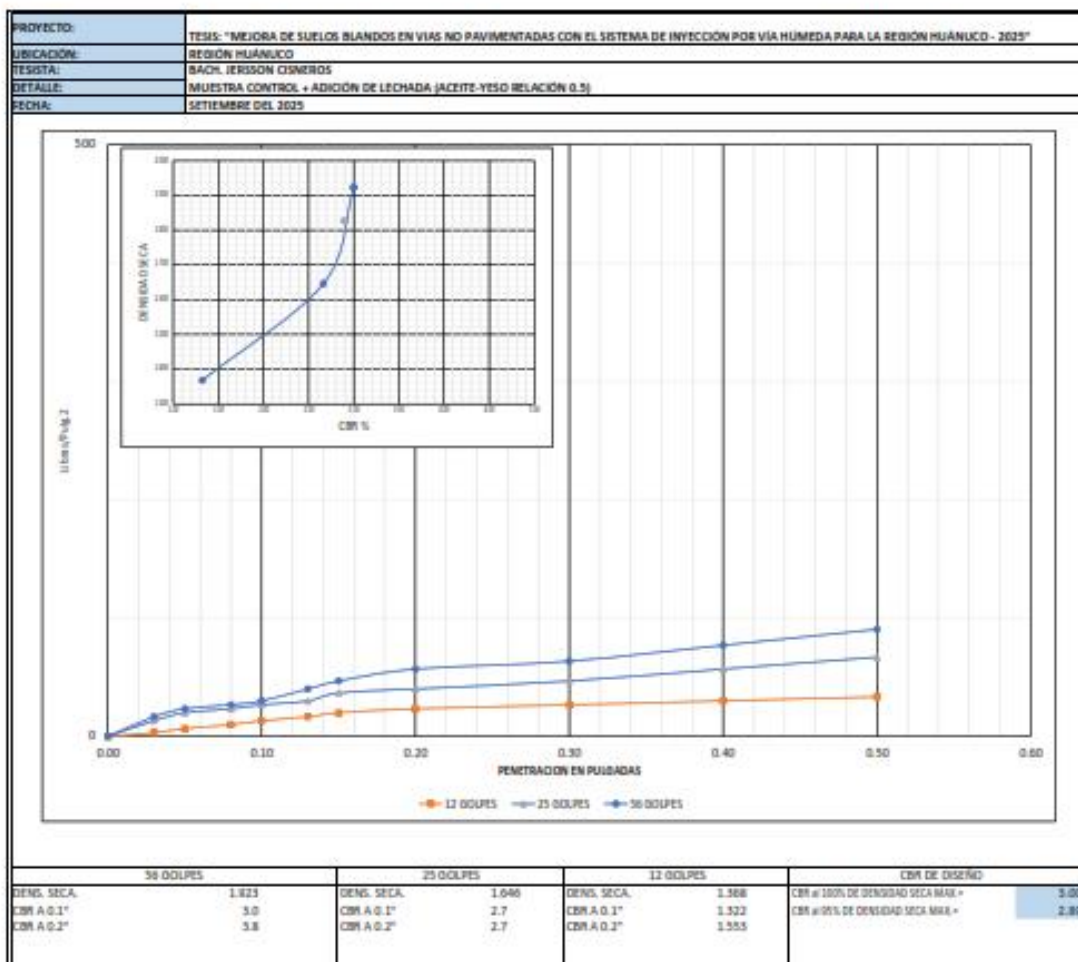
Ing. Leivido Villanueva Abad  
 CIP 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



Jerison Osmedes  
 TECNICO LABORATORISTA

Ing. Leobardo Villanueva Abad  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	---



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

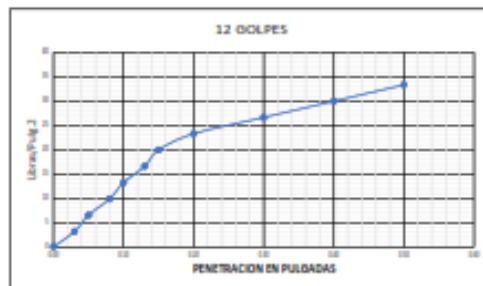
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"
UBICACION:	REGION HUANUCO
TESISTA:	BACH. JERISON CISNEROS
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICION DE LECHADA (ACEITE-YESO RELACION 0.5)
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023



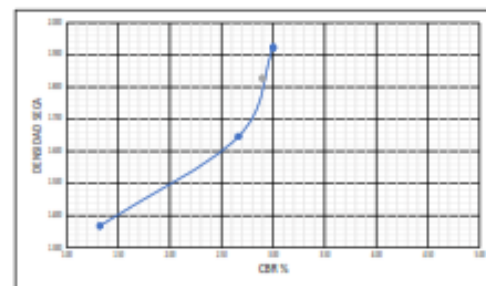
DENSIDAD	1.923 gr/cm <sup>3</sup>
CBR a 0.1	3.0 %
CBR a 0.2	3.8 %



DENSIDAD	1.846 gr/cm <sup>3</sup>
CBR a 0.1	2.7 %
CBR a 0.2	2.7 %



DENSIDAD	1.368 gr/cm <sup>3</sup>
CBR a 0.1	1.3 %
CBR a 0.2	1.6 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES=	3.00	1.923
CBR CON 25 GOLPES=	2.66	1.846
CBR CON 12 GOLPES=	1.32	1.368
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	3.00	1.923
CBR al 90% DE DENS SECA MAX.=	<b>2.89</b>	1.827

  
**Mario S. Cisneros**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
**Ing. Leidy Villanueva Abad**  
 CAP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"					
LUBICACION:	REGION HUANUCO					
RESISTA:	RACK, JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICION DE LECHADA (ACEITE-YESO RELACION 0.5)					
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023					
MOLDE:	4		5		6	
N. GOLPES:	38		25		13	
CONDICION:	SIN SUBERO	SUBERIDO	SIN SUBERO	SUBERIDO	SIN SUBERO	SUBERIDO
Peso del molde + suelo humedo	8703	9050	8333	9123	7683	8300
Peso del molde	4671	4671	5037	5037	4778	4778
Peso del suelo humedo	4034	4379	3498	4086	2907	3722
Volumen del molde	2098	2098	2125	2125	2125	2125
Densidad	1.92	2.09	1.65	1.92	1.37	1.752
Porcentaje de lechada (%)	37.72		37.72		37.72	

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
23/09/2023	7:00 p.m.	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.0	0.000	0.00
24/09/2023	7:00 p.m.	24	88	0.88	0.77	100	3.00	0.87	126.0	3.260	1.30
25/09/2023	7:00 p.m.	48	125	1.25	1.09	164	3.64	1.43	210.0	3.100	1.83
26/09/2023	7:00 p.m.	72	196	1.96	1.70	209	2.09	1.82	274.0	3.740	2.38
27/09/2023	7:00 p.m.	96	200	2.00	1.74	238	2.38	2.07	298.0	3.980	2.59

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N°01				LECTURA DIAL	MUESTRA N°02				LECTURA DIAL	MUESTRA N°03			
		LIBRAS		LBS/Pulg.2			LIBRAS		LBS/Pulg.2			LIBRAS		LBS/Pulg.2	
0.00	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	
0.05	5	89.7	16.6	17.0	4	89.7	13.2	13.0	1	9.5	3.2	3.0			
0.05	7	89.9	23.3	23.0	6	89.8	19.9	20.0	2	19.3	6.3	7.0			
0.08	8	79.9	26.6	27.0	7	89.9	23.3	23.0	3	29.6	9.9	10.0			
0.10	9	90.0	30.0	30.0	8	79.9	26.6	27.0	4	39.7	13.2	13.0			
0.13	12	120.2	40.1	40.0	9	90.0	30.0	30.0	5	49.7	16.6	17.0			
0.15	14	140.3	46.8	47.0	11	110.1	36.7	37.0	6	59.8	19.9	20.0			
0.20	17	170.5	56.8	57.0	12	120.2	40.1	40.0	7	69.9	23.3	23.0			
0.30	19	190.7	63.9	64.0	14	140.5	46.8	47.0	8	79.9	26.6	27.0			
0.40	23	230.9	77.0	77.0	17	170.5	56.8	57.0	9	90.0	30.0	30.0			
0.50	27	271.2	90.4	90.0	20	200.7	66.9	67.0	10	100.1	33.4	33.0			

Mario S. Chiguave N. Berio  
 TECNICO LABORATORISTA

Ing. Leivides Yillimama Albal  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390
RUC: 20529060852  
 RESOLUCION, N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO</b>						
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA</b>						
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"					
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO					
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS					
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (ACEITE-YESO RELACIÓN 0.5)					
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	7764.00	7839.00	7864.00	7789.00	7760.00
PESO DEL MOLDE	gr.	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00	6065.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	1699.00	1774.00	1799.00	1724.00	1695.00
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	938.00	938.00	938.00	938.00	938.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	1.81	1.89	1.92	1.84	1.81
<b>CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEMENTO)</b>						
CONTENIDO DE LECHADA (AGUA-CEN)	%	24.00	32.00	40.00	48.00	52.00
PESO VOLUMÉTRICO	gr/cm <sup>3</sup>	1.81	1.89	1.92	1.84	1.81

**GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO**

Densidad Máxima Seca:	1.923	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima:	37.72	%

Densidad Máxima Seca:	1.923	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima:	37.72	%

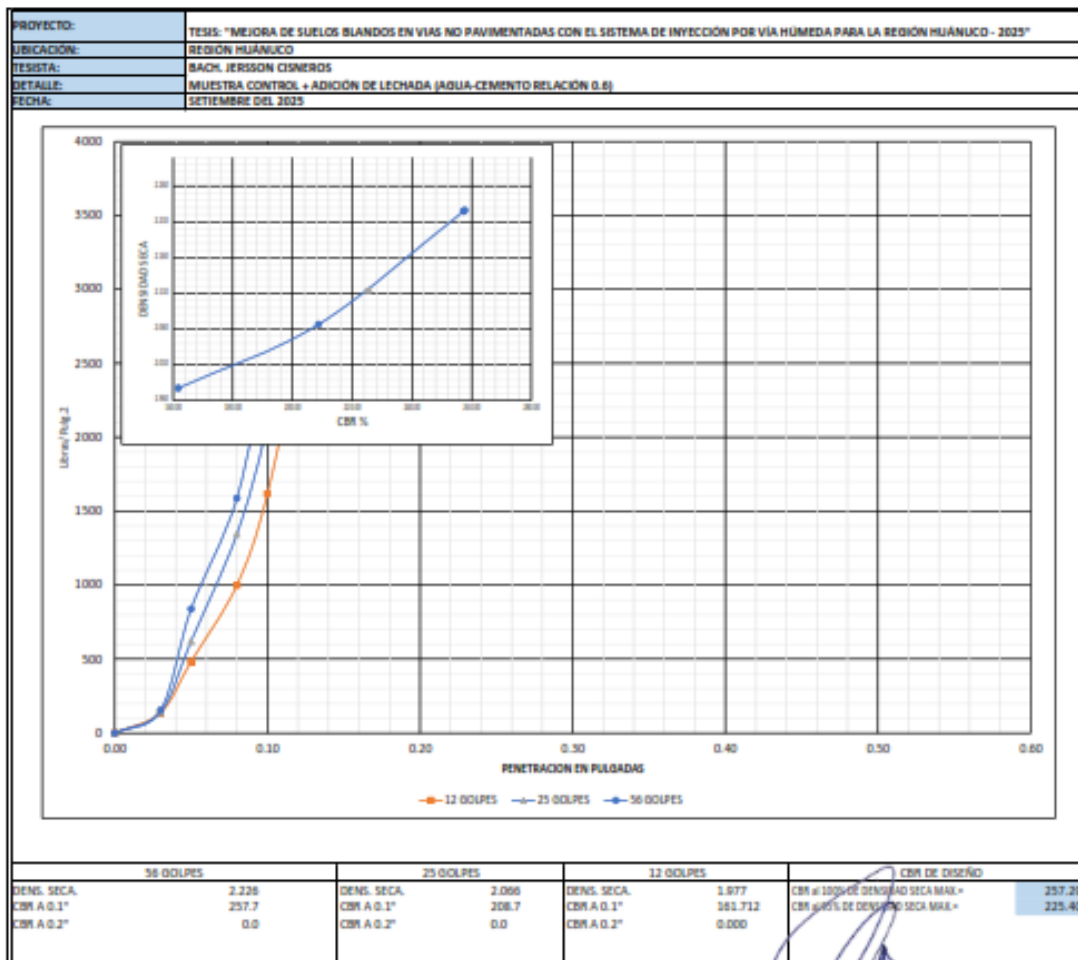
*[Signature]*  
MAYOR CATEDRÁTICO EN INGENIERÍA  
TECNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
**Ing. Leinier Villanueva Abad**  
CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com
---	--



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



**Ing. Leidy Vilaverde Albal**  
 CIP. 78838

**Mario S. Cármona V.**  
 TÉCNICO LABORATORISTA

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com
---	--

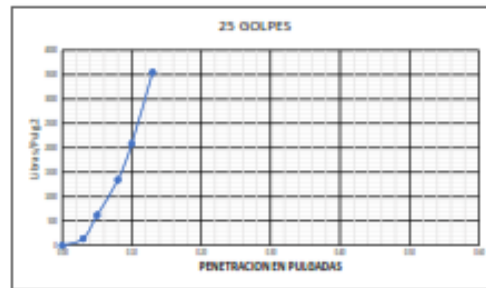


**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

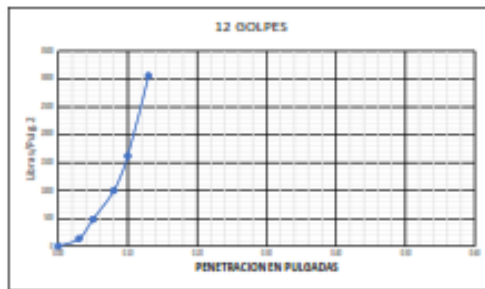
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2023"
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO
TESISTA:	BACH. JERSON CISNEROS
DETALLE:	MUESTRA CONTROL + ADICIÓN DE LECHADA (AGUA-CEMENTO RELACION 0.8)
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023



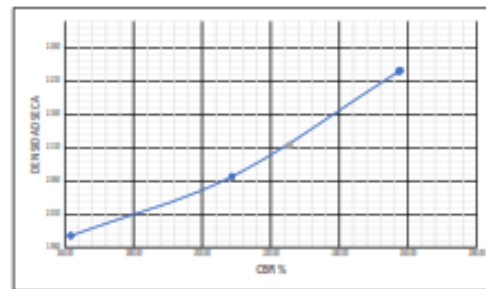
DENSIDAD	2.226 gr/cm3
CBR a 0.1	257.7 %
CBR a 0.2	0.0 %



DENSIDAD	2.066 gr/cm3
CBR a 0.1	208.7 %
CBR a 0.2	0.0 %



DENSIDAD	1.977 gr/cm3
CBR a 0.1	161.7 %
CBR a 0.2	0.0 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 36 GOLPES=	257.88	2.226
CBR CON 25 GOLPES=	208.69	2.066
CBR CON 12 GOLPES=	161.71	1.977
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	257.29	2.224
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	225.41	2.113

Jeron Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leóides Villanueva Albal  
 CAP. 78039

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANOUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060852 RESOLUCION, N° 021482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com
--	--



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"																																						
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO																																						
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSSON CISNEROS																																						
<b>ENSAYO:</b>	VISCOSIDAD																																						
<b>DETALLE:</b>	LECHADA CON A/C=1.5																																						
<b>FECHA:</b>	SETIEMBRE DEL 2025																																						
<table border="1"><tr><td>Tipo de Cemento</td><td>TIPO I</td></tr><tr><td>Relación A/C</td><td>0.6</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>ENSAYOS</b></td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Agua</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>25.90</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>26.00</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>25.95</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>28.75</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>28.35</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>28.55</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Peso Volumétrico - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Peso de Probeta (gr)</td><td>335.4</td></tr><tr><td>Volumen de muestra (ml)</td><td>450</td></tr><tr><td>Peso de Probeta + Muestra (gr)</td><td>1109.1</td></tr><tr><td>Peso de Muestra (gr)</td><td>773.7</td></tr><tr><td>Peso Volumétrico (gr/cm3)</td><td>1.72</td></tr></table>		Tipo de Cemento	TIPO I	Relación A/C	0.6	<b>ENSAYOS</b>		<b>Fluidez Cono de Marsh - Agua</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	25.90	Tiempo 2 (seg)	26.00	Tiempo promedio (seg)	25.95	<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	28.75	Tiempo 2 (seg)	28.35	Tiempo promedio (seg)	28.55	<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>		Peso de Probeta (gr)	335.4	Volumen de muestra (ml)	450	Peso de Probeta + Muestra (gr)	1109.1	Peso de Muestra (gr)	773.7	Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.72
Tipo de Cemento	TIPO I																																						
Relación A/C	0.6																																						
<b>ENSAYOS</b>																																							
<b>Fluidez Cono de Marsh - Agua</b>																																							
Volumen (ml)	946.00																																						
Tiempo 1 (seg)	25.90																																						
Tiempo 2 (seg)	26.00																																						
Tiempo promedio (seg)	25.95																																						
<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>																																							
Volumen (ml)	946.00																																						
Tiempo 1 (seg)	28.75																																						
Tiempo 2 (seg)	28.35																																						
Tiempo promedio (seg)	28.55																																						
<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>																																							
Peso de Probeta (gr)	335.4																																						
Volumen de muestra (ml)	450																																						
Peso de Probeta + Muestra (gr)	1109.1																																						
Peso de Muestra (gr)	773.7																																						
Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.72																																						
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Equipo Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Cono de Marsh</td></tr><tr><td colspan="2">Probeta graduada de 1000 ml</td></tr><tr><td colspan="2">Cronómetro</td></tr><tr><td colspan="2">Balanza de 6200 gr</td></tr></table>		<b>Equipo Utilizado</b>		Cono de Marsh		Probeta graduada de 1000 ml		Cronómetro		Balanza de 6200 gr																													
<b>Equipo Utilizado</b>																																							
Cono de Marsh																																							
Probeta graduada de 1000 ml																																							
Cronómetro																																							
Balanza de 6200 gr																																							
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Material Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Marca de cemento: ANDINO</td></tr><tr><td colspan="2">Agua: Potable</td></tr></table>		<b>Material Utilizado</b>		Marca de cemento: ANDINO		Agua: Potable																																	
<b>Material Utilizado</b>																																							
Marca de cemento: ANDINO																																							
Agua: Potable																																							
Observaciones:																																							

  
  
CIP. 78838

  
Mario S. Anticona Naranjo  
TÉCNICO LABORATORISTA

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
--	--



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"																																						
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO																																						
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSSON CISNEROS																																						
<b>ENSAYO:</b>	VISCOSIDAD																																						
<b>DETALLE:</b>	LECHADA CON A/C=0.6																																						
<b>FECHA:</b>	SEPTIEMBRE DEL 2025																																						
<table border="1"><tr><td>Tipo de Cemento</td><td>TIPO I</td></tr><tr><td>Relación A/C</td><td>0.6</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>ENSAYOS</b></td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Fluidez Cono de Marsh - Agua</td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>25.90</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>26.00</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>25.95</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>63.68</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>64.72</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>64.20</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;">Peso Volumétrico - Mezcla</td></tr><tr><td>Peso de Probeta (gr)</td><td>335.4</td></tr><tr><td>Volumen de muestra (ml)</td><td>450</td></tr><tr><td>Peso de Probeta + Muestra (gr)</td><td>1114.5</td></tr><tr><td>Peso de Muestra (gr)</td><td>779.1</td></tr><tr><td>Peso Volumétrico (gr/cm3)</td><td>1.73</td></tr></table>		Tipo de Cemento	TIPO I	Relación A/C	0.6	<b>ENSAYOS</b>		Fluidez Cono de Marsh - Agua		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	25.90	Tiempo 2 (seg)	26.00	Tiempo promedio (seg)	25.95	Fluidez Cono de Marsh - Mezcla		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	63.68	Tiempo 2 (seg)	64.72	Tiempo promedio (seg)	64.20	Peso Volumétrico - Mezcla		Peso de Probeta (gr)	335.4	Volumen de muestra (ml)	450	Peso de Probeta + Muestra (gr)	1114.5	Peso de Muestra (gr)	779.1	Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.73
Tipo de Cemento	TIPO I																																						
Relación A/C	0.6																																						
<b>ENSAYOS</b>																																							
Fluidez Cono de Marsh - Agua																																							
Volumen (ml)	946.00																																						
Tiempo 1 (seg)	25.90																																						
Tiempo 2 (seg)	26.00																																						
Tiempo promedio (seg)	25.95																																						
Fluidez Cono de Marsh - Mezcla																																							
Volumen (ml)	946.00																																						
Tiempo 1 (seg)	63.68																																						
Tiempo 2 (seg)	64.72																																						
Tiempo promedio (seg)	64.20																																						
Peso Volumétrico - Mezcla																																							
Peso de Probeta (gr)	335.4																																						
Volumen de muestra (ml)	450																																						
Peso de Probeta + Muestra (gr)	1114.5																																						
Peso de Muestra (gr)	779.1																																						
Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.73																																						
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Equipo Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Cono de Marsh</td></tr><tr><td colspan="2">Probeta graduada de 1000 ml</td></tr><tr><td colspan="2">Cronómetro</td></tr><tr><td colspan="2">Balanza de 6200 gr</td></tr></table>		<b>Equipo Utilizado</b>		Cono de Marsh		Probeta graduada de 1000 ml		Cronómetro		Balanza de 6200 gr																													
<b>Equipo Utilizado</b>																																							
Cono de Marsh																																							
Probeta graduada de 1000 ml																																							
Cronómetro																																							
Balanza de 6200 gr																																							
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Material Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Marca de cemento: ANDINO</td></tr><tr><td colspan="2">Agua: Potable</td></tr></table>		<b>Material Utilizado</b>		Marca de cemento: ANDINO		Agua: Potable																																	
<b>Material Utilizado</b>																																							
Marca de cemento: ANDINO																																							
Agua: Potable																																							
Observaciones:																																							



**Ing. Leivides Villanueva Abad**  
CIP. 78839



Mario S. Villanueva N. L.  
TÉCNICO LABORATORISTA

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUÁNUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



INVERSIONES  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"																																								
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO																																								
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSSON CISNEROS																																								
<b>ENSAYO:</b>	VISCOSIDAD																																								
<b>DETALLE:</b>	Lechada con a/y=0.5																																								
<b>FECHA:</b>	SETIEMBRE DEL 2025																																								
<table border="1"><tr><td>Yeso</td><td>Yeso</td></tr><tr><td>Aceite</td><td>Quemado</td></tr><tr><td>Relación A/Y</td><td>0.5</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>ENSAYOS</b></td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>88.60</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>88.40</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>88.50</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>1929.65</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>1932.15</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>1930.90</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Peso Volumétrico - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Peso de Probeta (gr)</td><td>335.4</td></tr><tr><td>Volumen de muestra (ml)</td><td>350</td></tr><tr><td>Peso de Probeta + Muestra (gr)</td><td>864.6</td></tr><tr><td>Peso de Muestra (gr)</td><td>529.2</td></tr><tr><td>Peso Volumétrico (gr/cm3)</td><td>1.51</td></tr></table>		Yeso	Yeso	Aceite	Quemado	Relación A/Y	0.5	<b>ENSAYOS</b>		<b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	88.60	Tiempo 2 (seg)	88.40	Tiempo promedio (seg)	88.50	<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	1929.65	Tiempo 2 (seg)	1932.15	Tiempo promedio (seg)	1930.90	<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>		Peso de Probeta (gr)	335.4	Volumen de muestra (ml)	350	Peso de Probeta + Muestra (gr)	864.6	Peso de Muestra (gr)	529.2	Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.51
Yeso	Yeso																																								
Aceite	Quemado																																								
Relación A/Y	0.5																																								
<b>ENSAYOS</b>																																									
<b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b>																																									
Volumen (ml)	946.00																																								
Tiempo 1 (seg)	88.60																																								
Tiempo 2 (seg)	88.40																																								
Tiempo promedio (seg)	88.50																																								
<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>																																									
Volumen (ml)	946.00																																								
Tiempo 1 (seg)	1929.65																																								
Tiempo 2 (seg)	1932.15																																								
Tiempo promedio (seg)	1930.90																																								
<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>																																									
Peso de Probeta (gr)	335.4																																								
Volumen de muestra (ml)	350																																								
Peso de Probeta + Muestra (gr)	864.6																																								
Peso de Muestra (gr)	529.2																																								
Peso Volumétrico (gr/cm3)	1.51																																								
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Equipo Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Cono de Marsh</td></tr><tr><td colspan="2">Probeta graduada de 1000 ml</td></tr><tr><td colspan="2">Cronómetro</td></tr><tr><td colspan="2">Balanza de 6200 gr</td></tr></table>		<b>Equipo Utilizado</b>		Cono de Marsh		Probeta graduada de 1000 ml		Cronómetro		Balanza de 6200 gr																															
<b>Equipo Utilizado</b>																																									
Cono de Marsh																																									
Probeta graduada de 1000 ml																																									
Cronómetro																																									
Balanza de 6200 gr																																									
<table border="1"><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Material Utilizado</b></td></tr><tr><td colspan="2">Marca de yeso: HADES</td></tr><tr><td colspan="2">Tipo de Aceite: Reciclado - Quemado</td></tr></table>		<b>Material Utilizado</b>		Marca de yeso: HADES		Tipo de Aceite: Reciclado - Quemado																																			
<b>Material Utilizado</b>																																									
Marca de yeso: HADES																																									
Tipo de Aceite: Reciclado - Quemado																																									
Observaciones:																																									

  
Mario S. Camacho  
TÉCNICO LABORATORISTA

  
Ing. Leoberto Villanueva Albal  
CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUÁNUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



INVERSIONES  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"																																								
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO																																								
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS																																								
ENSAYO:	VISCOSIDAD																																								
DETALLE:	Lechada con a/c=0.5																																								
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025																																								
<table border="1"><tr><td>Tipo de Cemento</td><td>Tipo I</td></tr><tr><td>Aceite</td><td>Quemado</td></tr><tr><td>Relación Y/A</td><td>0.5</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>ENSAYOS</b></td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>88.60</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>88.40</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>88.50</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Volumen (ml)</td><td>946.00</td></tr><tr><td>Tiempo 1 (seg)</td><td>1002.40</td></tr><tr><td>Tiempo 2 (seg)</td><td>1004.50</td></tr><tr><td>Tiempo promedio (seg)</td><td>1003.45</td></tr><tr><td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Peso Volumétrico - Mezcla</b></td></tr><tr><td>Peso de Probeta (gr)</td><td>322.5</td></tr><tr><td>Volumen de muestra (ml)</td><td>400</td></tr><tr><td>Peso de Probeta + Muestra (gr)</td><td>1005.4</td></tr><tr><td>Peso de Muestra (gr)</td><td>682.9</td></tr><tr><td>Peso Volumétrico (gr/cm<sup>3</sup>)</td><td>1.71</td></tr></table>		Tipo de Cemento	Tipo I	Aceite	Quemado	Relación Y/A	0.5	<b>ENSAYOS</b>		<b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	88.60	Tiempo 2 (seg)	88.40	Tiempo promedio (seg)	88.50	<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>		Volumen (ml)	946.00	Tiempo 1 (seg)	1002.40	Tiempo 2 (seg)	1004.50	Tiempo promedio (seg)	1003.45	<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>		Peso de Probeta (gr)	322.5	Volumen de muestra (ml)	400	Peso de Probeta + Muestra (gr)	1005.4	Peso de Muestra (gr)	682.9	Peso Volumétrico (gr/cm <sup>3</sup> )	1.71
Tipo de Cemento	Tipo I																																								
Aceite	Quemado																																								
Relación Y/A	0.5																																								
<b>ENSAYOS</b>																																									
<b>Fluidez Cono de Marsh - Aceite</b>																																									
Volumen (ml)	946.00																																								
Tiempo 1 (seg)	88.60																																								
Tiempo 2 (seg)	88.40																																								
Tiempo promedio (seg)	88.50																																								
<b>Fluidez Cono de Marsh - Mezcla</b>																																									
Volumen (ml)	946.00																																								
Tiempo 1 (seg)	1002.40																																								
Tiempo 2 (seg)	1004.50																																								
Tiempo promedio (seg)	1003.45																																								
<b>Peso Volumétrico - Mezcla</b>																																									
Peso de Probeta (gr)	322.5																																								
Volumen de muestra (ml)	400																																								
Peso de Probeta + Muestra (gr)	1005.4																																								
Peso de Muestra (gr)	682.9																																								
Peso Volumétrico (gr/cm <sup>3</sup> )	1.71																																								
<b>Equipo Utilizado</b>																																									
Cono de Marsh																																									
Probeta graduada de 1000 ml																																									
Cronómetro																																									
Balanza de 6200 gr																																									
<b>Material Utilizado</b>																																									
Marca de cemento: ANDINO																																									
Tipo de Aceite: Reciclado - Quemado																																									
Observaciones:																																									

  
 Ing. Leidy Vilaverde Alai  
CIP. 75839

  
Mario S. Castañeda Nájera  
TÉCNICO LABORATORISTA

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANOUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"												
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO												
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSSON CISNEROS												
<b>FECHA:</b>	SETIEMBRE DEL 2025												
Item N°	Muestras Cúbicas	Fecha		EDAD (Días)	Dimensiones (cm)			Peso (gr)	Area (cm <sup>2</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kgf)	Resistencia f <sub>c</sub>	
		Vaciado	Rotura		L	L	h					Mpa	kgf/cm <sup>2</sup>
C-01	CUBOS DE LECHADA	19/09/2025	17/10/2025	28	5.06	5.07	5.05	228.70	25.65	1.77	2242	8.91	87.39
C-02	DE AGUA Y CEMENTO	19/09/2025	17/10/2025	28	5.07	5.07	5.05	217.50	25.70	1.68	2284	9.06	88.85
C-03	(RELACIÓN A/C 1.5)	19/09/2025	17/10/2025	28	5.06	5.07	5.05	222.50	25.65	1.72	2265	9.00	88.29

Resistencia vs Densidad

Observaciones:

Jerisson Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leticia Yllanesa Alai  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 02 1482-2024/DSD - INDECOPI INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com
---	---



**INVERSIONES  
EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"											
<b>UBICACIÓN:</b>		REGIÓN HUÁNUCO											
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS											
<b>FECHA:</b>		SETIEMBRE DEL 2025											
Item N°	Muestras Cúbicas	Fecha		EDAD (Días)	Dimensiones (cm)			Peso (gr)	Área (cm <sup>2</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Carga Máxima (kgf)	Resistencia f <sub>c</sub>	
		Vaciado	Rotura		L	L	h					Mpa	kgf/cm <sup>2</sup>
C-01	CUBOS DE	15/09/2025	22/09/2025	7	5.03	5.02	5.1	228.40	25.25	1.77	2799	11.30	110.85
C-02	LECHADA	15/09/2025	22/09/2025	7	5.04	5.04	5.1	229.80	25.40	1.77	2679	10.75	105.47
C-03	DE AGUA Y	15/09/2025	29/09/2025	14	5.04	5.03	5.1	230.10	25.35	1.78	4835	19.45	190.72
C-04	CEMENTO	15/09/2025	29/09/2025	14	5.04	5.04	5.1	230.10	25.40	1.78	4822	19.36	189.83
C-05	(RELACIÓN	15/09/2025	13/10/2025	28	5.02	5.01	5.1	230.20	25.15	1.79	6899	27.97	274.31
C-06	A/C 0.6)	15/09/2025	13/10/2025	28	5.01	5.03	5.1	229.90	25.20	1.79	6959	28.16	276.15

**Resistencia vs Densidad**

Identificación de Muestra	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )
C-01	~110.85	~1.77
C-02	~105.47	~1.77
C-03	~190.72	~1.78
C-04	~189.83	~1.78
C-05	~274.31	~1.79
C-06	~276.15	~1.79

Observaciones:

  
 Mario Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leivier Villanueva A.Jal  
 CIP. 73839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "g"  
PILLCO MARCA - HUANOUCO  
CELULAR. 920093390

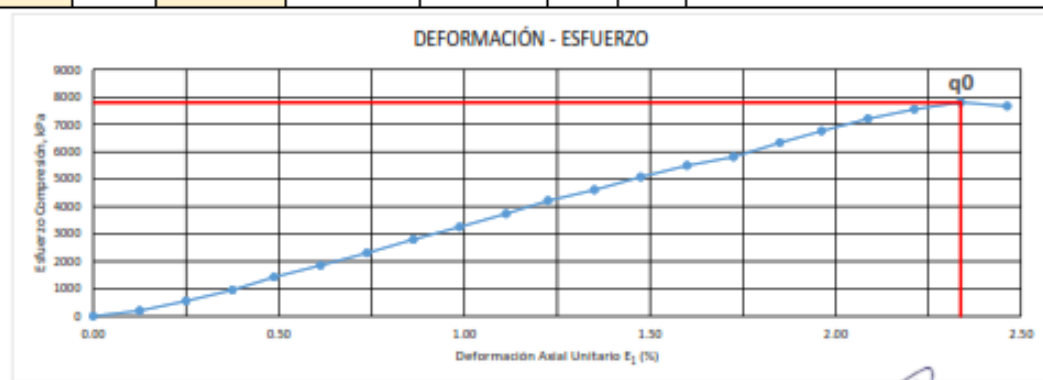
RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACION 0.8)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	14 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	102.1	mm
1.62	165	0.010	0.13	81.15	2.04	200	Longitud Inicial del espécimen, L	201.1	mm
4.49	458	0.020	0.25	81.18	5.64	553	Relación L/D	2	
7.78	794	0.030	0.38	81.34	9.76	956	Área	81.87	cm <sup>2</sup>
11.62	1186	0.039	0.49	81.45	14.50	1427	Volumen	1046.47	cm <sup>3</sup>
15.09	1540	0.049	0.61	81.48	18.90	1852	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q <sub>0</sub>		
18.86	1924	0.059	0.74	81.74	23.34	2307	79.66 kg/cm <sup>2</sup>	7807 kPa	
22.92	2339	0.069	0.86	81.86	28.57	2800	Deformación en el instante de la falla % 2.34		
26.09	2723	0.079	0.99	81.97	33.23	3256	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
30.67	3130	0.089	1.11	82.06	38.14	3738	Observaciones:		
34.64	3535	0.098	1.23	82.16	43.02	4216			
37.92	3869	0.108	1.35	82.27	47.03	4609			
41.83	4268	0.118	1.48	82.37	51.82	5078			
45.37	4630	0.128	1.60	82.48	56.13	5501			
48.01	4899	0.138	1.73	82.58	59.32	5814			
52.35	5342	0.148	1.85	82.68	64.61	6332			
55.96	5710	0.157	1.96	82.78	68.98	6760			
59.68	6090	0.167	2.09	82.79	73.56	7209			
62.99	6387	0.177	2.21	82.89	77.05	7551			
64.79	6611	0.187	2.34	82.99	79.66	7807			
63.69	6499	0.197	2.46	83.10	78.21	7664			



  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leidy Villavejo Abal  
 CIP. 78639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANOUCO  
 CELULAR: 920093390

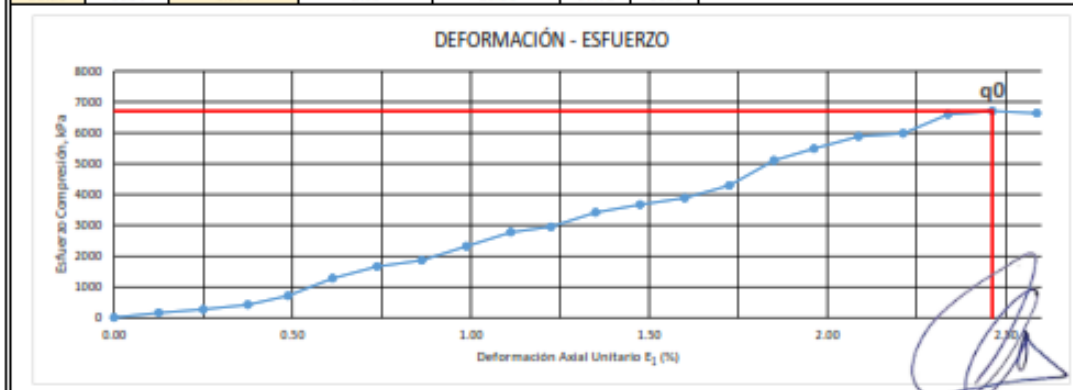
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACIÓN 0.8)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.00	0.00	0	Diámetro, D	101.5	mm
1.27	130	0.010	0.13	81.10	1.60	150	Longitud Inicial del espécimen, L	203.1	mm
2.15	219	0.020	0.25	81.19	2.70	205	Relación L/D	2	
3.41	348	0.030	0.38	81.35	4.28	419	Área	80.91	cm <sup>2</sup>
5.77	589	0.039	0.49	81.40	7.23	708	Volumen	1043.30	cm <sup>3</sup>
10.38	1059	0.049	0.61	81.49	13.00	1274	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA $q_0$		
13.57	1385	0.059	0.74	81.75	16.94	1600	68.42 kg/cm <sup>2</sup> 6705 kPa		
15.21	1552	0.069	0.86	81.87	18.96	1858	Deformación en el instante de la falla % 2.40		
18.97	1936	0.079	0.99	81.98	23.61	2314	CONSISTENCIA SEGÚN $q_0$ DURA		
22.76	2322	0.089	1.11	82.07	28.30	2773	Observaciones:		
24.20	2469	0.098	1.23	82.17	30.05	2945			
28.09	2866	0.108	1.35	82.28	34.84	3414			
30.21	3083	0.118	1.48	82.38	37.42	3667			
32.01	3266	0.128	1.60	82.49	39.60	3880			
35.40	3612	0.138	1.73	82.59	43.74	4286			
42.17	4303	0.148	1.85	82.69	52.04	5100			
45.43	4636	0.157	1.96	82.79	55.99	5487			
48.70	4969	0.167	2.09	82.80	60.02	5882			
49.57	5058	0.177	2.21	82.90	61.01	5979			
54.74	5580	0.187	2.34	83.00	67.30	6395			
55.73	5687	0.197	2.46	83.11	68.42	6705			
55.21	5634	0.207	2.59	83.21	67.70	6635			



  
 Mario Sarmiento  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leoberto Villanueva Abad  
 CIP. 78828

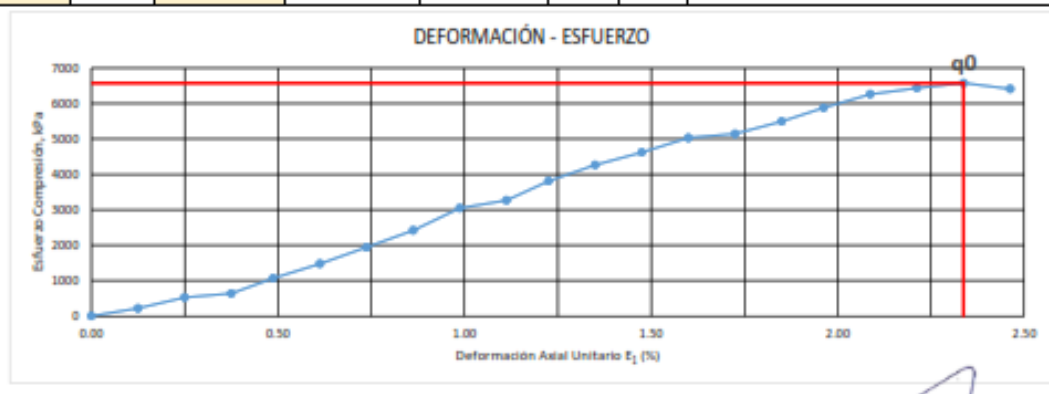
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANOUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACIÓN 0.6)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSION PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.0	mm
1.76	180	0.010	0.13	81.17	2.21	217	Longitud inicial del espécimen, L	203.2	mm
4.23	434	0.020	0.23	81.20	5.34	523	Relación L/D	2	
5.18	529	0.030	0.38	81.36	6.50	637	Área	81.07	cm <sup>2</sup>
8.70	888	0.039	0.49	81.47	10.90	1008	Volumen	1647.41	cm <sup>3</sup>
12.02	1227	0.049	0.61	81.50	15.05	1475	RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q <sub>0</sub>		
15.85	1617	0.059	0.74	81.76	19.78	1939	67.12 kg/cm <sup>2</sup>	6578 kPa	
19.78	2018	0.069	0.86	81.88	24.65	2416	Deformación en el instante de la falla % 2.34		
24.97	2548	0.079	0.99	81.99	31.08	3045	CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub> DURA		
26.80	2735	0.089	1.11	82.08	33.32	3265	Observaciones:		
31.30	3194	0.098	1.23	82.18	38.86	3809			
35.08	3580	0.108	1.35	82.29	43.50	4263			
38.08	3886	0.118	1.48	82.39	47.16	4622			
41.50	4235	0.128	1.60	82.50	51.33	5030			
42.48	4335	0.138	1.73	82.60	52.48	5143			
45.45	4638	0.148	1.85	82.70	56.08	5496			
48.66	4963	0.157	1.96	82.80	59.97	5877			
51.86	5292	0.167	2.09	82.81	63.90	6263			
53.38	5447	0.177	2.21	82.91	65.70	6438			
54.60	5571	0.187	2.34	83.01	67.12	6578			
53.28	5437	0.197	2.46	83.12	65.41	6410			



*Jerison Cisneros*  
 Jerison Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*Ing. Leobardo Villanueva Abad*  
 Ing. Leobardo Villanueva Abad  
 CIP. 78636

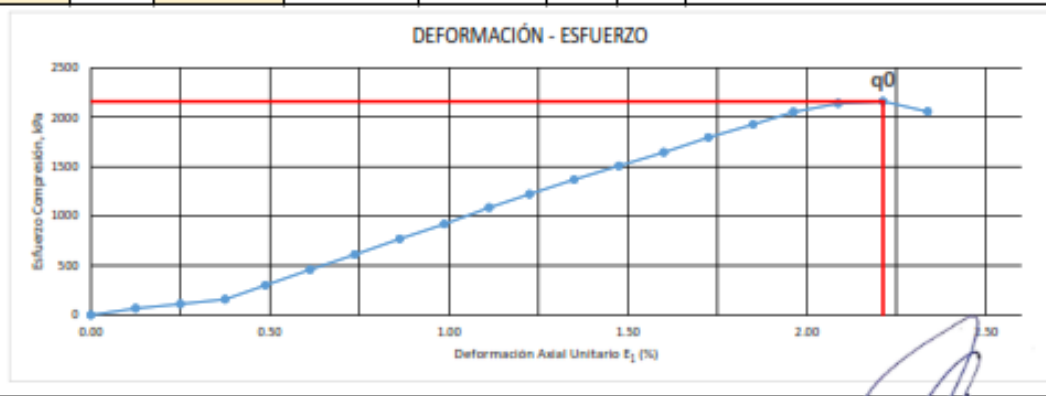
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANOUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com)



PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	28 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSIÓN PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	100.4	mm
0.50	57	0.010	0.13	81.96	0.70	68	Longitud inicial del espécimen, L	198.01	mm
0.91	93	0.020	0.25	82.03	1.13	111	Relación L/D	2	
1.30	133	0.030	0.38	82.12	1.62	158	Área	79.17	cm <sup>2</sup>
2.47	252	0.039	0.49	82.18	3.07	301	Volumen	1567.63	cm <sup>3</sup>
3.78	380	0.049	0.61	82.28	4.09	459	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
5.04	514	0.059	0.74	82.34	6.25	612	22.04 kg/cm <sup>2</sup>	2160 kPa	
6.35	648	0.069	0.86	82.49	7.86	770	Deformación en el instante de la falla % 2.21		
7.59	774	0.079	0.99	82.59	9.38	919	CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub> DURA		
8.98	916	0.089	1.11	82.68	11.08	1086	Observaciones:		
10.11	1032	0.098	1.23	82.77	12.46	1221			
11.48	1171	0.108	1.35	83.87	13.97	1369			
12.65	1291	0.118	1.48	83.96	15.37	1507			
13.82	1410	0.128	1.60	84.06	16.78	1644			
15.10	1541	0.138	1.73	84.15	18.31	1794			
16.23	1656	0.148	1.85	84.26	19.65	1926			
17.31	1766	0.157	1.96	84.34	20.94	2052			
18.06	1843	0.167	2.09	84.46	21.82	2138			
18.26	1863	0.177	2.21	84.54	22.04	2160			
17.40	1776	0.187	2.34	84.65	20.97	2056			



  
 Mario S. CISNEROS N.º 10710  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leónidas Villanueva Abad  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUÁNUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	28 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSIÓN PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.2	mm
0.52	53	0.010	0.13	81.96	0.65	63	Longitud inicial del espécimen, L	197.8	mm
0.64	65	0.020	0.25	82.03	0.80	78	Relación L/D	2	
0.98	100	0.030	0.38	82.12	1.22	119	Área	80.44	cm <sup>2</sup>
1.61	164	0.039	0.49	82.18	2.00	196	Volumen	1591.03	cm <sup>3</sup>
2.67	272	0.049	0.61	82.28	3.31	325	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA $q_0$		
4.44	453	0.059	0.74	82.34	5.50	539	21.78 kg/cm <sup>2</sup> 2135 kPa		
5.64	576	0.069	0.86	82.49	6.98	684	Deformación en el instante de la falla %      2.34		
7.13	728	0.079	0.99	82.59	8.81	863	CONSISTENCIA SEGUN $q_0$ DURA		
8.39	856	0.089	1.11	82.68	10.35	1015			
9.65	985	0.098	1.23	82.77	11.90	1166			
10.75	1097	0.108	1.35	83.87	13.08	1282	Observaciones:		
11.96	1220	0.118	1.48	83.96	14.54	1424			
12.97	1323	0.128	1.60	84.06	15.74	1543			
14.25	1454	0.138	1.73	84.15	17.28	1693			
15.20	1551	0.148	1.85	84.26	18.41	1804			
16.06	1639	0.157	1.96	84.34	19.43	1904			
16.93	1728	0.167	2.09	84.46	20.45	2004			
17.63	1799	0.177	2.21	84.54	21.28	2085			
18.07	1844	0.187	2.34	84.65	21.78	2135			
17.53	1789	0.197	2.46	84.76	21.10	2068			



  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leoberto Villaveca Abal  
 CIP. 78828

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	14 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.6	mm
0.81	83	0.010	0.13	81.96	1.01	99	Longitud inicial del espécimen, L	202.3	mm
1.39	142	0.020	0.25	82.03	1.73	169	Relación L/D	2	
2.38	243	0.030	0.38	82.12	2.90	290	Área	81.07	cm <sup>2</sup>
3.75	383	0.039	0.49	82.18	4.66	456	Volumen	1040.11	cm <sup>3</sup>
5.09	519	0.049	0.61	82.28	6.31	619	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA $q_0$		
6.58	671	0.059	0.74	82.34	8.15	799	20.73 kg/cm <sup>2</sup> 2032 kPa		
7.73	789	0.069	0.86	82.49	9.50	937	Deformación en el instante de la falla %      2.34		
8.90	908	0.079	0.99	82.59	11.00	1078	CONSISTENCIA SEGUN $q_0$ DURA		
10.03	1023	0.089	1.11	82.68	12.38	1213	Observaciones:		
11.18	1141	0.098	1.23	82.77	13.78	1351			
12.07	1232	0.108	1.35	83.87	14.69	1439			
12.97	1323	0.118	1.48	83.90	15.70	1545			
13.08	1335	0.128	1.60	84.06	15.88	1556			
14.46	1476	0.138	1.73	84.15	17.53	1718			
15.40	1571	0.148	1.85	84.26	18.65	1828			
16.12	1645	0.157	1.96	84.34	19.50	1911			
16.72	1706	0.167	2.09	84.46	20.20	1980			
17.10	1745	0.177	2.21	84.54	20.64	2023			
17.20	1755	0.187	2.34	84.65	20.73	2032			
16.98	1733	0.197	2.46	84.70	20.44	2003			



*[Signature]*  
 JERSSON CISNEROS  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leslie Villanueva Albal  
 CIP. 78838

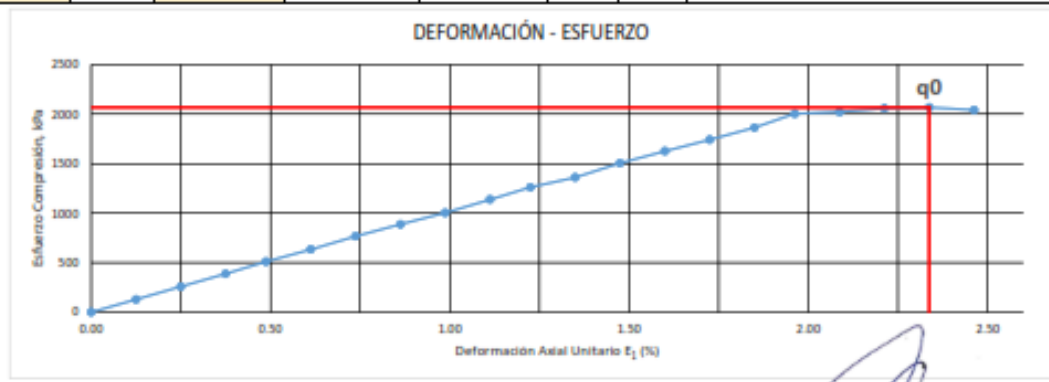
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	---



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	14 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.8	mm
1.06	108	0.010	0.13	81.96	1.32	129	Longitud inicial del espécimen, L	201.9	mm
2.12	216	0.020	0.25	82.03	2.64	258	Relación L/D	2	
3.18	324	0.030	0.38	82.12	3.95	387	Área	81.39	cm <sup>2</sup>
4.19	428	0.039	0.49	82.18	5.20	510	Volumen	1643.32	cm <sup>3</sup>
5.22	533	0.049	0.61	82.28	6.47	634	RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA $q_0$		
6.31	644	0.059	0.74	82.34	7.82	766	21.1 kg/cm <sup>2</sup> 2067 kPa		
7.32	747	0.069	0.86	82.49	9.03	887	Deformación en el instante de la falla %      2.34		
8.28	845	0.079	0.99	82.59	10.23	1003	CONSISTENCIA SEGÚN $q_0$ DURA		
9.41	960	0.089	1.11	82.68	11.61	1138			
10.44	1065	0.098	1.23	82.77	12.87	1261			
11.41	1164	0.108	1.35	83.87	13.88	1360	Observaciones:		
12.63	1289	0.118	1.48	83.96	15.35	1504			
13.67	1395	0.128	1.60	84.06	16.59	1626			
14.65	1495	0.138	1.73	84.15	17.76	1741			
15.70	1602	0.148	1.85	84.26	19.01	1863			
16.89	1723	0.157	1.96	84.34	20.43	2003			
17.08	1743	0.167	2.09	84.46	20.64	2022			
17.40	1776	0.177	2.21	84.54	21.00	2058			
17.50	1786	0.187	2.34	84.65	21.10	2067			
17.30	1765	0.197	2.40	84.76	20.83	2041			



*[Firma]*  
 Mario S. Cisneros Nieto  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Firma]*  
 Ing. Leiván Yllanes Albal  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

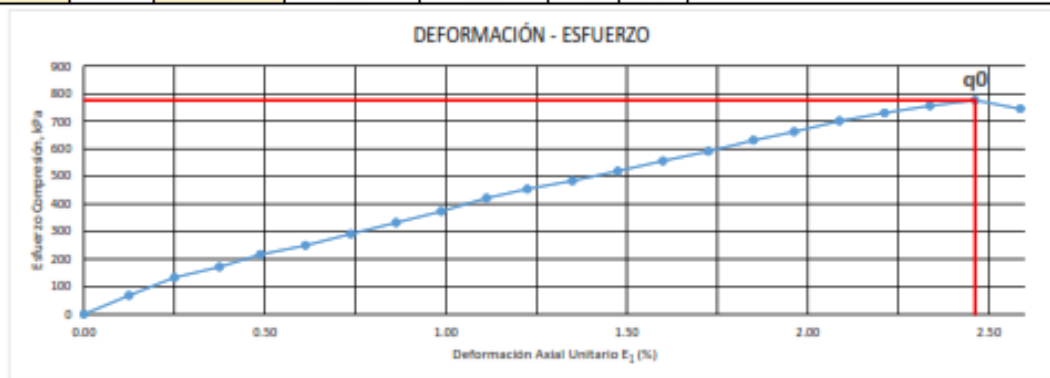
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSION PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.3	mm
0.56	57	0.010	0.13	81.96	0.70	68	Longitud inicial del espécimen, L	202.3	mm
1.09	111	0.020	0.25	82.03	1.36	133	Relación L/D	2	
1.41	144	0.030	0.38	82.12	1.75	172	Área	80.60	cm <sup>2</sup>
1.78	182	0.039	0.49	82.18	2.21	217	Volumen	1630.44	cm <sup>3</sup>
2.06	210	0.049	0.61	82.28	2.55	250	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA <math>q_0</math></b>		
2.40	245	0.059	0.74	82.34	2.97	291	7.92 kg/cm <sup>2</sup>	776 kPa	
2.74	280	0.069	0.86	82.49	3.39	332			
3.08	314	0.079	0.99	82.59	3.81	373	Deformación en el instante de la falla %	2.46	
3.48	355	0.089	1.11	82.68	4.29	421	<b>CONSISTENCIA SEGÚN <math>q_0</math></b> DURA		
3.76	384	0.098	1.23	82.77	4.64	454			
4.06	414	0.108	1.35	83.87	4.94	484	Observaciones:		
4.36	445	0.118	1.48	83.96	5.30	519			
4.67	477	0.128	1.60	84.06	5.67	550			
4.97	507	0.138	1.73	84.15	6.03	591			
5.32	543	0.148	1.85	84.26	6.44	631			
5.58	569	0.157	1.96	84.34	6.75	662			
5.92	604	0.167	2.09	84.46	7.15	701			
6.17	630	0.177	2.21	84.54	7.45	730			
6.40	653	0.187	2.34	84.65	7.71	756			
6.58	671	0.197	2.46	84.76	7.92	776			
6.31	644	0.207	2.59	84.75	7.60	745			



  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leófilo Villanueva Abal  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "G"  
 PILLCO MARCA - HUANOUCO  
 CELULAR: 920093390

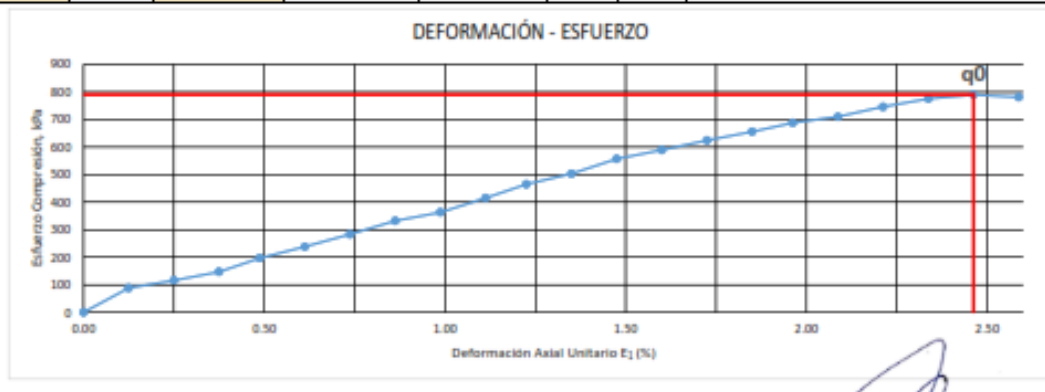
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	PROBETA DE MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSIÓN PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.7	mm
0.72	73	0.010	0.13	81.96	0.90	88	Longitud inicial del espécimen, L	201.5	mm
0.95	97	0.020	0.25	82.03	1.18	116	Relación L/D	2	
1.21	123	0.030	0.38	82.12	1.50	147	Área	81.23	cm <sup>2</sup>
1.62	163	0.039	0.49	82.18	2.01	197	Volumen	1636.84	cm <sup>3</sup>
1.96	200	0.049	0.61	82.28	2.43	238	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
2.33	238	0.059	0.74	82.34	2.89	283	8.07 kg/cm <sup>2</sup>	790 kPa	
2.74	280	0.069	0.86	82.49	3.39	332	Deformación en el instante de la falla % 2.46		
3.00	306	0.079	0.99	82.59	3.71	363	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
3.43	350	0.089	1.11	82.68	4.23	415	Observaciones:		
3.85	393	0.098	1.23	82.77	4.75	465			
4.22	431	0.108	1.35	83.87	5.13	503			
4.68	478	0.118	1.48	83.96	5.69	557			
4.95	505	0.128	1.60	84.06	6.01	589			
5.25	536	0.138	1.73	84.15	6.37	624			
5.53	564	0.148	1.85	84.26	6.70	656			
5.80	592	0.157	1.96	84.34	7.02	688			
6.00	612	0.167	2.09	84.46	7.25	710			
6.31	644	0.177	2.21	84.54	7.62	746			
6.56	669	0.187	2.34	84.65	7.91	775			
6.70	684	0.197	2.46	84.76	8.07	790			
6.62	676	0.207	2.59	84.75	7.97	781			



*J. J. J.*  
 JERSSON CISNEROS  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Firma]*  
 Ing. Leónidas Villanueva Abad  
 CIP. 70828

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

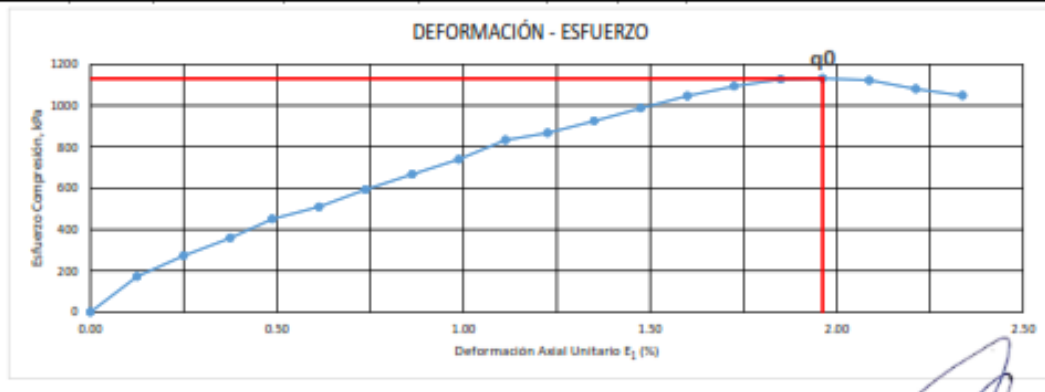
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO 1.5)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.8	mm
1.41	144	0.010	0.13	81.96	1.76	172	Longitud inicial del espécimen, L	203.6	mm
2.24	229	0.020	0.25	82.03	2.79	273	Relación L/D	2	
2.95	301	0.030	0.38	82.12	3.67	359	Área	81.39	cm <sup>2</sup>
3.71	379	0.039	0.49	82.18	4.61	451	Volumen	1657.16	cm <sup>3</sup>
4.19	428	0.049	0.61	82.28	5.20	509	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA $q_0$		
4.88	498	0.059	0.74	82.34	6.05	593	11.54 kg/cm <sup>2</sup> 1131 kPa		
5.50	561	0.069	0.86	82.49	6.80	667	Deformación en el instante de la falla %      1.90		
6.10	622	0.079	0.99	82.59	7.54	739	CONSISTENCIA SEGUN $q_0$ DURA		
6.89	703	0.089	1.11	82.68	8.50	833	Observaciones:		
7.18	733	0.098	1.23	82.77	8.85	867			
7.76	792	0.108	1.35	83.87	9.44	925			
8.29	846	0.118	1.48	83.96	10.08	987			
8.79	897	0.128	1.60	84.06	10.67	1046			
9.20	939	0.138	1.73	84.15	11.16	1093			
9.50	969	0.148	1.85	84.26	11.50	1127			
9.54	973	0.157	1.96	84.34	11.54	1131			
9.48	967	0.167	2.09	84.46	11.45	1122			
9.13	932	0.177	2.21	84.54	11.02	1080			
8.87	905	0.187	2.34	84.65	10.69	1048			



*[Firma]*  
 Mario Cisneros N. Torres  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Firma]*  
 Ing. Leónidas Villanueva Abad  
 CIP: 78028

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANOUCO  
 CELULAR: 920093390

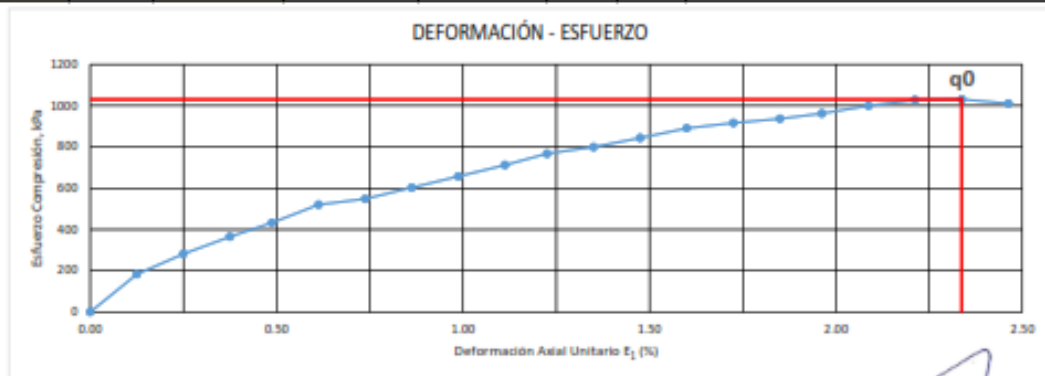
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO 1.5)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSION PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	100.6	mm
1.50	153	0.010	0.13	81.96	1.87	183	Longitud inicial del espécimen, L	201.2	mm
2.31	236	0.020	0.25	82.03	2.87	282	Relación L/D	2	
3.00	306	0.030	0.38	82.12	3.73	365	Área	79.49	cm <sup>2</sup>
3.55	362	0.039	0.49	82.18	4.41	432	Volumen	1599.24	cm <sup>3</sup>
4.28	437	0.049	0.61	82.28	5.31	520	RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q <sub>0</sub>		
4.51	460	0.059	0.74	82.34	5.59	548	10.51 kg/cm <sup>2</sup> 1030 kPa		
4.97	507	0.069	0.86	82.49	6.15	602	Deformación en el instante de la falla %      2.34		
5.43	554	0.079	0.99	82.59	6.71	657	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
5.89	601	0.089	1.11	82.68	7.27	712			
6.35	648	0.098	1.23	82.77	7.83	767			
6.70	684	0.108	1.35	83.87	8.15	799	Observaciones:		
7.08	722	0.118	1.48	83.96	8.60	843			
7.48	763	0.128	1.60	84.06	9.08	890			
7.71	787	0.138	1.73	84.15	9.35	916			
7.89	805	0.148	1.85	84.26	9.55	936			
8.11	828	0.157	1.96	84.34	9.81	962			
8.44	861	0.167	2.09	84.46	10.20	999			
8.68	886	0.177	2.21	84.54	10.48	1027			
8.72	890	0.187	2.34	84.65	10.51	1030			
8.56	873	0.197	2.40	84.76	10.31	1010			



*J. Cisneros*  
 Mtro. JERSSON CISNEROS NÚÑEZ  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*Ing. Leidy Vilaverde Alar*  
  
 Ing. Leidy Vilaverde Alar  
 CIP. 78639

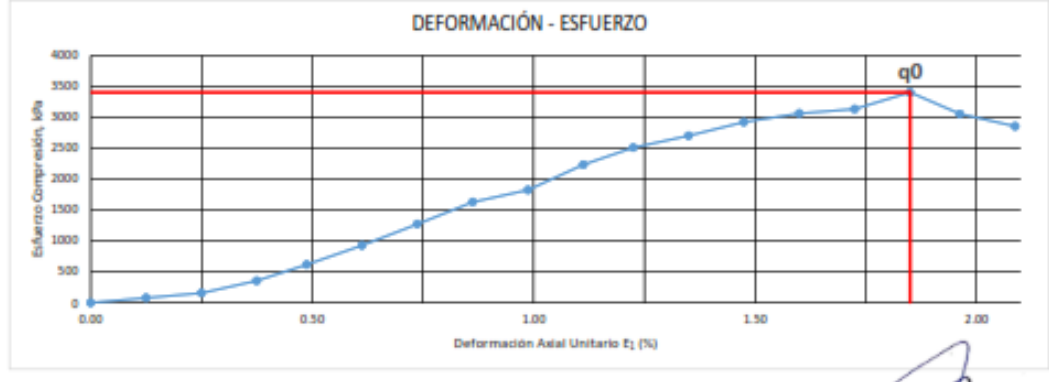
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE CEMENTO (5%)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSIÓN PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	100.0	mm
0.05	06	0.010	0.13	81.96	0.81	79	Longitud Inicial del espécimen, L	201.2	mm
1.30	133	0.020	0.25	82.03	1.62	158	Relación L/D	2	
2.93	299	0.030	0.38	82.12	3.64	357	Área	79.49	cm <sup>2</sup>
5.07	517	0.039	0.49	82.18	6.30	617	Volumen	1599.24	cm <sup>3</sup>
7.64	780	0.049	0.61	82.28	9.47	929	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
10.49	1070	0.059	0.74	82.34	13.00	1274	34.75 kg/cm <sup>2</sup>	3405 kPa	
13.45	1372	0.069	0.86	82.49	16.64	1631	Deformación en el instante de la falla % 1.85		
15.07	1538	0.079	0.99	82.59	18.62	1825	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
18.48	1886	0.089	1.11	82.68	22.81	2235	Observaciones:		
20.78	2120	0.098	1.23	82.77	25.62	2511			
22.41	2287	0.108	1.35	82.87	27.59	2704			
24.27	2477	0.118	1.48	82.97	29.85	2925			
25.46	2598	0.128	1.60	83.06	31.28	3065			
26.06	2659	0.138	1.73	83.15	31.98	3134			
28.35	2893	0.148	1.85	83.25	34.75	3405			
25.46	2598	0.157	1.96	83.34	31.17	3053			
23.84	2433	0.167	2.09	83.43	29.16	2857			



*[Signature]*  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
 Ing. Leidy Villavejo Alar  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUÁNUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE CEMENTO (5%)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	7 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSIÓN PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	100.6	mm
0.94	96	0.010	0.13	81.96	1.17	115	Longitud inicial del espécimen, L	201.2	mm
1.80	184	0.020	0.25	82.03	2.24	219	Relación L/D	2	
3.87	393	0.030	0.38	82.12	4.81	471	Área	79.49	cm <sup>2</sup>
6.49	662	0.039	0.49	82.18	8.06	790	Volumen	1595.24	cm <sup>3</sup>
8.28	845	0.049	0.61	82.28	10.27	1006	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
12.00	1224	0.059	0.74	82.34	14.87	1457	34.07 kg/cm <sup>2</sup>	3339 kPa	
14.53	1483	0.069	0.86	82.49	17.97	1761	Deformación en el instante de la falla % 1.85		
16.92	1727	0.079	0.99	82.59	20.90	2049	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
19.11	1950	0.089	1.11	82.68	23.58	2311	Observaciones:		
21.54	2198	0.098	1.23	82.77	26.56	2602			
23.54	2402	0.108	1.35	82.87	28.99	2841			
25.48	2600	0.118	1.48	82.97	31.34	3071			
26.71	2726	0.128	1.60	83.06	32.81	3216			
27.54	2810	0.138	1.73	83.15	33.80	3312			
27.80	2837	0.148	1.85	83.25	34.07	3339			
27.06	2761	0.157	1.96	83.34	33.13	3247			
26.13	2666	0.167	2.09	83.43	31.96	3132			



*Mario S. Cisneros*  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*Ag. Leobaldo Villavejo Abad*  
 Ag. Leobaldo Villavejo Abad  
 CIP. 78838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

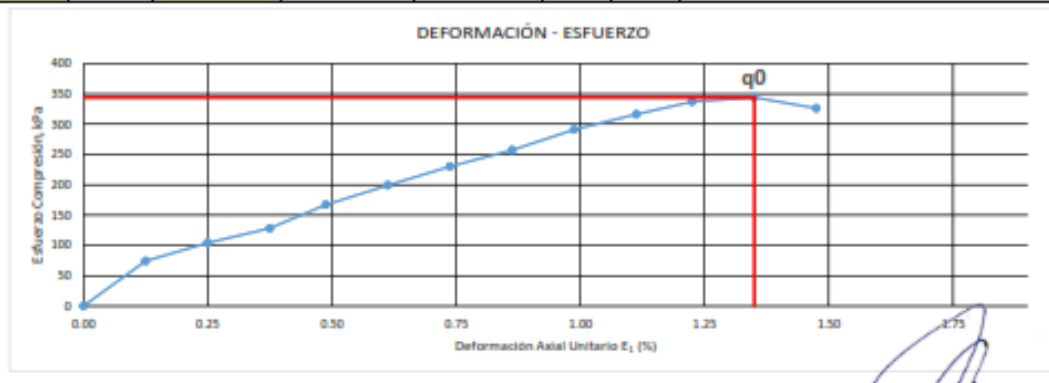
RUC: 20529060852  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@botmail.com)




**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGION HUANUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y CEMENTO 0.5)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	28 DIAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Pig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSIÓN PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	102.1	mm
0.61	62	0.010	0.13	81.96	0.76	74	Longitud inicial del espécimen, L	204.01	mm
0.84	86	0.020	0.25	81.06	1.06	104	Relación L/D	2	
1.05	107	0.030	0.38	82.06	1.31	128	Área	81.87	cm <sup>2</sup>
1.37	140	0.039	0.49	82.15	1.70	167	Volumen	1670.29	cm <sup>3</sup>
1.64	167	0.049	0.61	82.28	2.03	199	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q <sub>0</sub>		
1.89	193	0.059	0.74	82.34	2.34	230	3.51 kg/cm <sup>2</sup> 344 kPa		
2.12	216	0.069	0.86	82.49	2.62	257	Deformación en el instante de la falla %      0.00		
2.40	245	0.079	0.99	82.51	2.97	291	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> MUY FIRME		
2.61	266	0.089	1.11	82.62	3.22	316	Observaciones:		
2.79	285	0.098	1.23	82.73	3.44	337			
2.85	291	0.108	1.35	82.83	3.51	344			
2.70	276	0.118	1.48	82.94	3.52	326			



  
 Mario S. Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

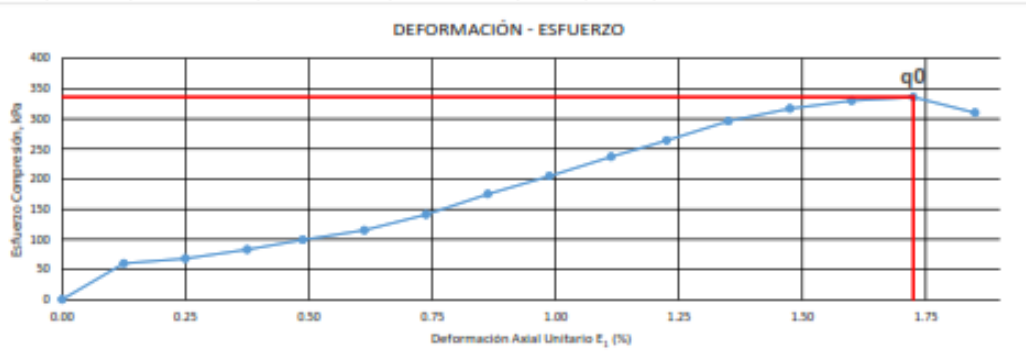
  
 Ing. Leobardo Villanueva Alvar  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUANUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060892 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	---



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"									
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO									
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS									
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA									
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y CEMENTO 0.5)									
MUESTRA:	M-1	EDAD:	28 DÍAS							
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025									
CARGA APLICADA	DEFORMACIÓN (Fig)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $\epsilon_1$ (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN				
				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado				
kN	kgf					DIMENSIÓN PROMEDIO				
0.00	0.00	0.000	81.87	0.00	0	Diámetro, D		101.05	mm	
0.49	50	0.010	81.96	0.61	60	Longitud inicial del espécimen, L		203.04	mm	
0.55	56	0.020	81.06	0.69	68	Relación L/D		2		
0.68	69	0.030	82.06	0.83	83	Área		80.20	cm <sup>2</sup>	
0.81	83	0.039	82.15	1.01	99	Volumen		1628.34	cm <sup>3</sup>	
0.95	97	0.049	82.28	1.18	115	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA $q_0$				
1.16	118	0.059	82.34	1.44	141	3.42 kg/cm <sup>2</sup>		336 kPa		
1.44	147	0.069	82.49	1.78	175	Deformación en el instante de la falla %				
1.69	172	0.079	82.51	2.09	205	1.73				
1.96	200	0.089	82.62	2.42	237	CONSISTENCIA SEGÚN $q_0$		MUY FIRME		
2.18	222	0.098	82.73	2.69	264	Observaciones:				
2.45	250	0.108	82.83	3.02	296					
2.63	268	0.118	82.93	3.24	317					
2.74	280	0.128	83.04	3.37	330					
2.79	285	0.138	83.14	3.42	336					
2.58	263	0.148	83.23	3.16	310					



  
 Mario S. Cisneros N.º  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leoberto Villanueva Albal  
 CIP. 76839

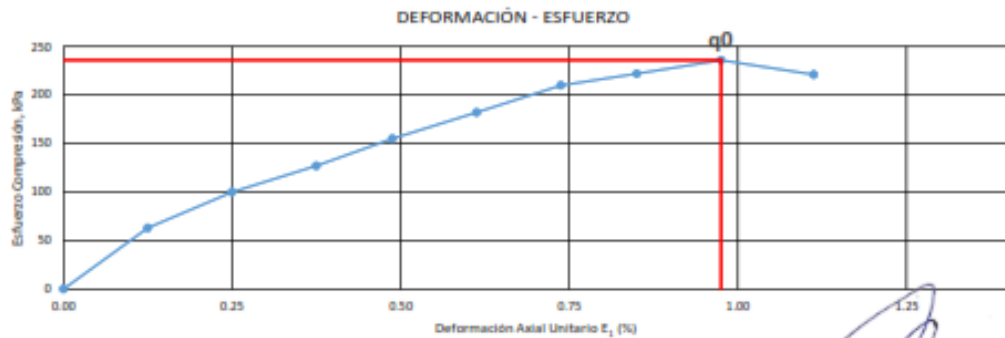
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUÁNUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 02 1482-2024/DSD -  
 INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCION POR VIA HUMEDA PARA LA REGION HUANUCO - 2023"									
<b>UBICACION:</b>		REGION HUANUCO									
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS									
<b>ENSAYO:</b>		ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA									
<b>DETALLE:</b>		SUELO MAS ADICION DE LECHA (ACEITE Y CEMENTO 0.3)									
<b>MUESTRA:</b>		<b>M-2</b>		<b>EDAD:</b>		<b>14 DIAS</b>					
<b>FECHA:</b>		SEPTIEMBRE DEL 2023									
CARGA APLICADA		DEFORMACION (Pig)	DEFORMACION AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICION DEL ESPECIMEN				
					kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado				
kN	kgf						DIMENSION PROMEDIO				
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D		101.9	mm	
0.52	53	0.010	0.13	81.96	0.65	63	Longitud inicial del espécimen, L		201.5	mm	
0.81	83	0.020	0.25	81.06	1.02	100	Relación L/D		2		
1.04	106	0.030	0.38	82.06	1.29	127	Área		81.55	cm <sup>2</sup>	
1.27	130	0.039	0.49	82.15	1.58	155	Volumen		1643.29	cm <sup>3</sup>	
1.50	153	0.049	0.61	82.28	1.86	182	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q<sub>0</sub></b>				
1.75	177	0.059	0.74	82.34	2.14	210	2.41 kg/cm <sup>2</sup>		256 kPa		
1.83	187	0.068	0.85	82.49	2.26	222	Deformación en el instante de la falla %				
1.95	199	0.078	0.98	82.51	2.41	236	0.98				
1.83	187	0.089	1.11	82.62	2.26	221	CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub>		MUY FIRME		
Observaciones:											



  
 Mario Cisneros  
 TECNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leivison Yllimenes Albal  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

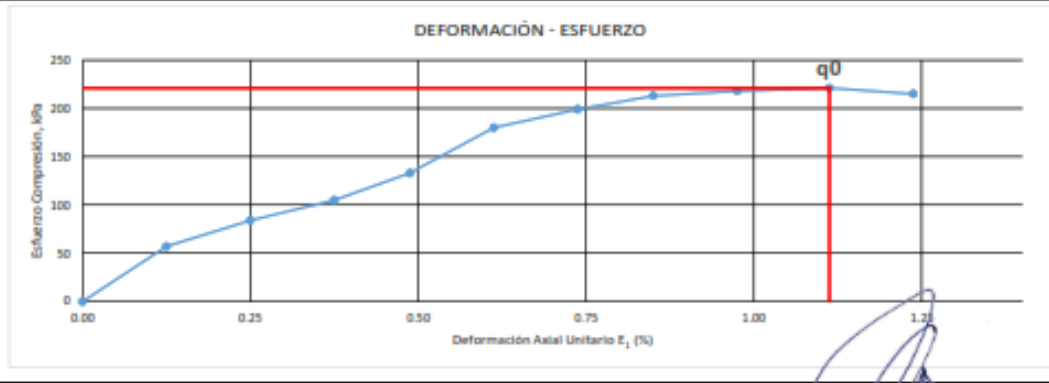
RUC: 20529060892  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. - PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y CEMENTO 0.5)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	14 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (P <sub>0</sub> )	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
							Compactado		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	DIMENSION PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.87	0.00	0	Diámetro, D	101.8	mm
0.47	48	0.010	0.13	81.96	0.59	57	Longitud inicial del espécimen, L	207.8	mm
0.68	69	0.020	0.25	81.06	0.86	84	Relación L/D	2	
0.86	88	0.030	0.38	82.06	1.07	105	Área	81.07	cm <sup>2</sup>
1.09	111	0.039	0.49	82.15	1.35	133	Volumen	1684.70	cm <sup>3</sup>
1.48	151	0.049	0.61	82.28	1.84	180	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
1.64	167	0.059	0.74	82.34	2.03	199	2.26 kg/cm <sup>2</sup>	221 kPa	
1.76	180	0.068	0.85	82.49	2.18	213	Deformación en el instante de la falla % 1.11		
1.80	184	0.078	0.98	82.51	2.23	218	<b>CONSISTENCIA SEGÚN q<sub>0</sub> MUY FIRME</b>		
1.83	187	0.089	1.11	82.62	2.26	221			
1.78	182	0.099	1.24	82.83	2.19	213			
							Observaciones:		



Jerisson Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

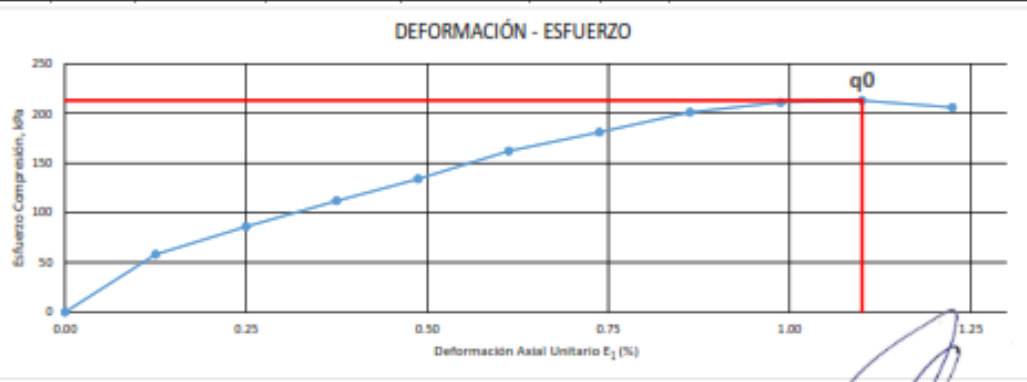
Ing. Leidy Villegas Abad  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"									
<b>UBICACIÓN:</b>		REGIÓN HUÁNUCO									
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS									
<b>ENSAYO:</b>		ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA									
<b>DETALLE:</b>		SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y CEMENTO 0.5)									
<b>MUESTRA:</b>		M-2		<b>EDAD:</b>		7 DÍAS					
<b>FECHA:</b>		SETIEMBRE DEL 2025									
CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN				
					kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado				
kN	kgf						DIMENSION PROMEDIO				
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.8	mm		
0.47	48	0.010	0.13	81.18	0.59	58	Longitud inicial del espécimen, L	201.7	mm		
0.70	71	0.020	0.25	81.29	0.88	86	Relación L/D	2			
0.91	93	0.030	0.38	81.38	1.14	112	Área	81.39	cm <sup>2</sup>		
1.09	111	0.039	0.49	81.47	1.37	134	Volumen	1041.69	cm <sup>3</sup>		
1.32	135	0.049	0.61	81.58	1.65	162	RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA $q_0$				
1.48	151	0.059	0.74	81.68	1.85	181	2.18 kg/cm <sup>2</sup> 213 kPa				
1.64	167	0.069	0.86	81.78	2.05	201	Deformación en el instante de la falla %      1.10				
1.73	177	0.079	0.99	81.88	2.16	211	CONSISTENCIA SEGUN $q_0$ MUY FIRME				
1.75	179	0.088	1.10	81.98	2.18	213					
1.69	172	0.098	1.23	82.07	2.10	206					
Observaciones:											



*[Signature]*  
Mario S. Cisneros  
TÉCNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
Ing. Leivis Vilma Alar  
CIP. 78639

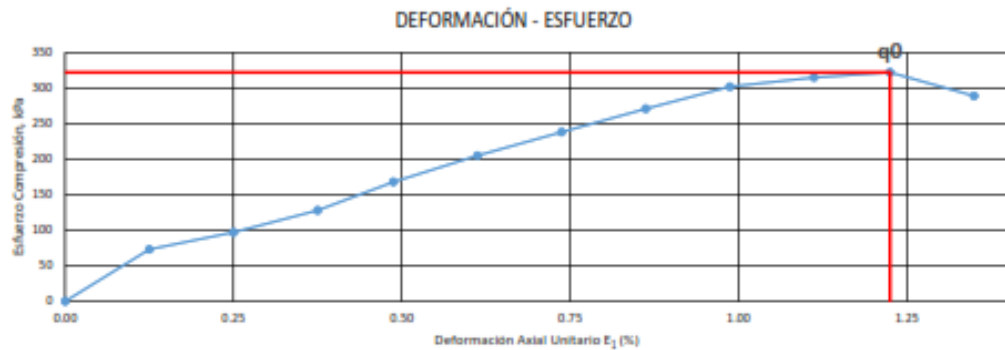
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)





<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"									
<b>UBICACIÓN:</b>		REGIÓN HUÁNUCO									
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS									
<b>ENSAYO:</b>		ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA									
<b>DETALLE:</b>		SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y YESO RELACIÓN 0.5)									
<b>MUESTRA:</b>		M-2	EDAD:		28		DÍAS				
<b>FECHA:</b>		SETIEMBRE DEL 2025									
CARGA APLICADA	DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN					
				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado					
kN	kgf					DIMENSIÓN PROMEDIO					
0.00	0.00	0.000	81.07	0.00	0	Diámetro, D	102.1	mm			
0.59	60	0.010	81.18	0.74	73	Longitud inicial del espécimen, L	203.9	mm			
0.79	81	0.020	81.29	0.99	97	Relación L/D	2				
1.04	106	0.030	81.38	1.30	128	Area	81.87	cm <sup>2</sup>			
1.37	140	0.039	81.47	1.72	168	Volumen	1609.39	cm <sup>3</sup>			
1.67	170	0.049	81.58	2.09	205	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q <sub>0</sub>					
1.94	198	0.059	81.68	2.42	238	3.28 kg/cm <sup>2</sup>		322 kPa			
2.22	227	0.069	81.78	2.77	271	Deformación en el instante de la falla % 1.23					
2.47	252	0.079	81.88	3.08	302	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> MUY FIRME					
2.58	263	0.089	81.99	3.21	315						
2.64	269	0.098	82.04	3.28	322						
2.37	242	0.108	82.09	2.95	289	Observaciones:					



*[Signature]*  
MARIO CISNEROS  
TÉCNICO LABORATORISTA

*[Signature]*  
Ing. Leivida Villanueva Abad  
CIP. 78639

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD -  
INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y YESO RELACIÓN 0.5)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	28 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	DIMENSION PROMEDIO		
0.50	57	0.010	0.13	81.18	0.70	69	Diámetro, D	101.6	mm
0.79	81	0.020	0.25	81.29	0.99	97	Longitud inicial del espécimen, L	204.05	mm
1.07	109	0.030	0.38	81.38	1.34	131	Relación L/D	2	
1.39	142	0.039	0.49	81.47	1.74	171	Área	81.07	cm <sup>2</sup>
1.73	177	0.049	0.61	81.58	2.16	212	Volumen	1654.30	cm <sup>3</sup>
2.01	205	0.059	0.74	81.68	2.51	240	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q <sub>0</sub>		
2.24	229	0.069	0.86	81.78	2.79	274	3.25 kg/cm <sup>2</sup> 318 kPa		
2.47	252	0.079	0.99	81.89	3.08	302	Deformación en el instante de la falla %	1.23	
2.50	261	0.089	1.11	81.99	3.19	312	CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub> MUY FIRME		
2.61	266	0.098	1.23	82.04	3.25	318	Observaciones:		
2.48	253	0.108	1.35	82.14	3.08	302			



Mario S. Cisterna  
TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Leónidas Villaverde Abad  
CIP. 78839

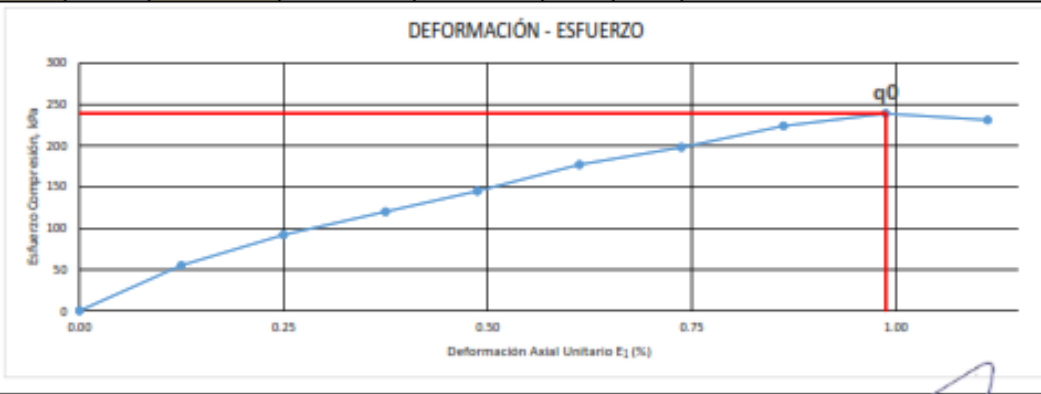
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
PILCO MARCA - HUANUCO  
CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com





<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"								
<b>UBICACIÓN:</b>		REGIÓN HUÁNUCO								
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS								
<b>ENSAYO:</b>		ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA								
<b>DETALLE:</b>		SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y YESO RELACIÓN 0.5)								
<b>MUESTRA:</b>		M-1	<b>EDAD:</b>	14 DÍAS						
<b>FECHA:</b>		SETIEMBRE DEL 2025								
CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $E_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN			
					kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado			
kN	kgf						DIMENSIÓN PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.6	mm	
0.45	46	0.010	0.13	81.18	0.57	55	Longitud inicial del espécimen, L	201.8	mm	
0.75	77	0.020	0.25	81.29	0.94	92	Relación L/D	2		
0.98	100	0.030	0.38	81.38	1.23	120	Área	81.07	cm <sup>2</sup>	
1.18	120	0.039	0.49	81.47	1.48	145	Volumen	1636.06	cm <sup>3</sup>	
1.44	147	0.049	0.61	81.58	1.80	177	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA <math>q_0</math></b>			
1.62	165	0.059	0.74	81.68	2.02	198	2.44 kg/cm <sup>2</sup> 239 kPa			
1.83	187	0.069	0.86	81.78	2.28	224	Deformación en el instante de la falla %      0.99			
1.96	200	0.079	0.99	81.88	2.44	239	CONSISTENCIA SEGÚN $q_0$ MUY FIRME			
1.89	193	0.089	1.11	81.97	2.35	231				
							Observaciones:			



Jerisson Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Ing. Jerisson Cisneros Alar  
 CP. 79828

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

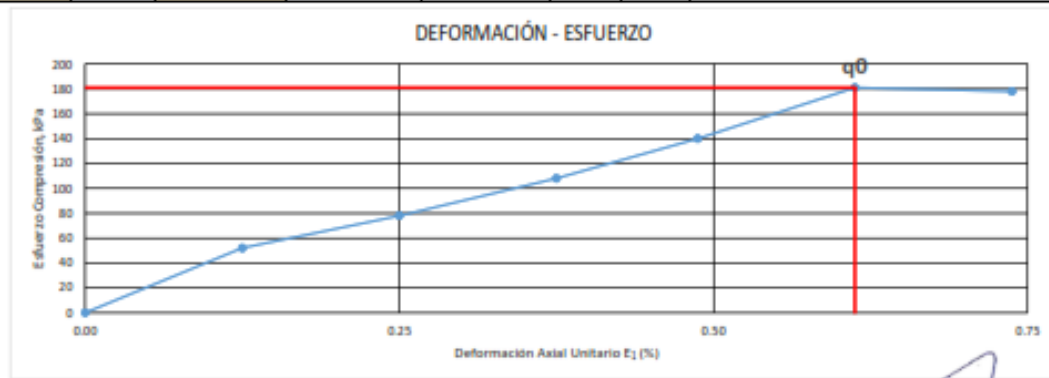
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE  
 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
<b>UBICACIÓN:</b>	REGIÓN HUÁNUCO		
<b>TESISTA:</b>	BACH. JERSSON CISNEROS		
<b>ENSAYO:</b>	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA		
<b>DETALLE:</b>	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y YESO RELACIÓN 0.5)		
<b>MUESTRA:</b>	M-2	<b>EDAD:</b>	7 DÍAS
<b>FECHA:</b>	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSION PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.6	mm
0.42	43	0.010	0.13	81.17	0.53	52	Longitud inicial del espécimen, L	203.2	mm
0.63	64	0.020	0.25	81.28	0.79	78	Relación L/D	2	
0.88	90	0.030	0.38	81.35	1.10	108	Área	81.07	cm <sup>2</sup>
1.14	116	0.039	0.49	81.46	1.43	140	Volumen	1647.41	cm <sup>3</sup>
1.48	151	0.049	0.61	81.55	1.85	181	RESISTENCIA A LA COMPRESION INCONFINADA q <sub>0</sub>		
1.45	148	0.059	0.74	81.67	1.81	178	1.85 kg/cm <sup>2</sup> 181 kPa		
							Deformación en el instante de la falla %      0.01		
							CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub> FIRME		
Observaciones:									



  
 Mario S. Cisneros  
 TECNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leónidas Villanueva Albal  
 CIP. 78238

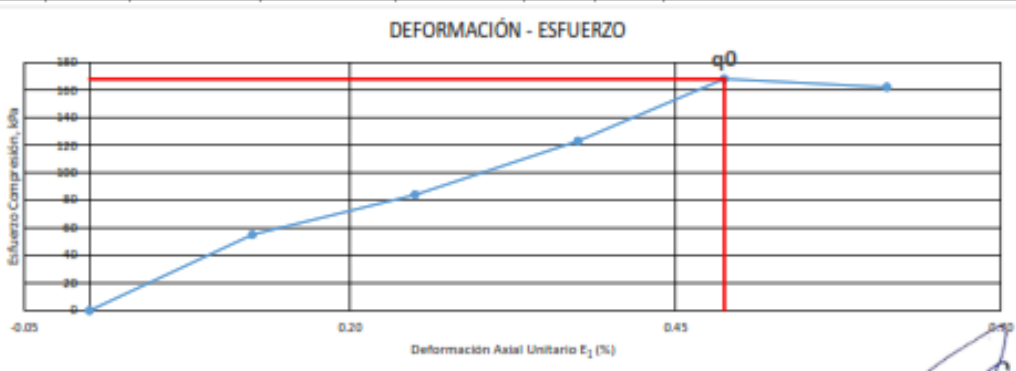
URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

<b>PROYECTO:</b>		TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"									
<b>UBICACIÓN:</b>		REGIÓN HUÁNUCO									
<b>TESISTA:</b>		BACH. JERSSON CISNEROS									
<b>ENSAYO:</b>		ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA									
<b>DETALLE:</b>		SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (ACEITE Y YESO RELACIÓN 0.5)									
<b>MUESTRA:</b>		M-1		<b>EDAD:</b>		7 DÍAS					
<b>FECHA:</b>		SETIEMBRE DEL 2025									
CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN				
					kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado				
kN	kgf						DIMENSION PROMEDIO				
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.6	mm		
0.45	46	0.010	0.13	81.17	0.57	55	Longitud inicial del espécimen, L	203.2	mm		
0.68	69	0.020	0.25	81.20	0.85	84	Relación L/D	2			
1.00	102	0.030	0.38	81.36	1.25	123	Área	81.07	cm <sup>2</sup>		
1.37	140	0.039	0.49	81.47	1.72	168	Volumen	1647.41	cm <sup>3</sup>		
1.32	135	0.049	0.61	81.50	1.65	162	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>				
							1.72 kg/cm <sup>2</sup>		168 kPa		
							Deformación en el instante de la falla %		0.49		
							CONSISTENCIA SEGUN q <sub>0</sub>		FIRME		
Observaciones:											



  
 Mario Cisneros  
 TÉCNICO LABORATORISTA

  
 Ing. Leidy Villegas  
 CIP. 75838

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6" PILLCO MARCA - HUÁNUCO CELULAR: 920093390	RUC: 20529060832 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI <a href="mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com">INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com</a>
---	---



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACIÓN 0.0)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	28 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
						DIMENSION PROMEDIO			
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.54	mm
0.88	90	0.020	0.25	81.11	1.11	108	Longitud Inicial del espécimen, L	200.4	mm
4.79	489	0.030	0.38	81.14	6.02	390	Relación L/D	2	
8.18	835	0.059	0.74	81.30	10.27	1006	Área	80.98	cm <sup>2</sup>
10.03	1030	0.079	0.99	81.41	20.09	1969	Volumen	1022.79	cm <sup>3</sup>
23.71	2419	0.099	1.24	81.44	29.71	2911	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
31.24	3188	0.118	1.48	81.70	39.02	3824	91.39 kg/cm <sup>2</sup>	8956 kPa	
35.10	3582	0.128	1.60	81.82	43.77	4290	Deformación en el instante de la falla % 3.08		
38.84	3963	0.138	1.73	81.93	48.37	4741	CONSISTENCIA SEGÚN q <sub>0</sub> DURA		
42.77	4364	0.148	1.85	82.02	53.21	5215	Observaciones:		
46.54	4749	0.157	1.96	82.12	57.83	5667			
50.38	5141	0.167	2.09	82.23	62.52	6127			
53.75	5483	0.177	2.21	82.33	66.62	6529			
57.39	5856	0.187	2.34	82.44	71.03	6961			
60.54	6178	0.197	2.46	82.54	74.84	7335			
64.06	6537	0.207	2.59	82.64	79.10	7752			
67.33	6870	0.217	2.71	82.74	83.04	8138			
70.27	7170	0.226	2.83	82.75	86.65	8492			
73.18	7467	0.236	2.95	82.85	90.13	8833			
74.29	7581	0.246	3.08	82.95	91.39	8956			
73.47	7497	0.255	3.19	83.06	90.26	8845			
70.48	7192	0.265	3.31	83.12	86.52	8479			



*Mario S. Cisneros N. Torres*  
 Mario S. Cisneros N. Torres  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*Ing. Leivider Villanueva A. Del*  
 Ing. Leivider Villanueva A. Del  
 CIP. 78638

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

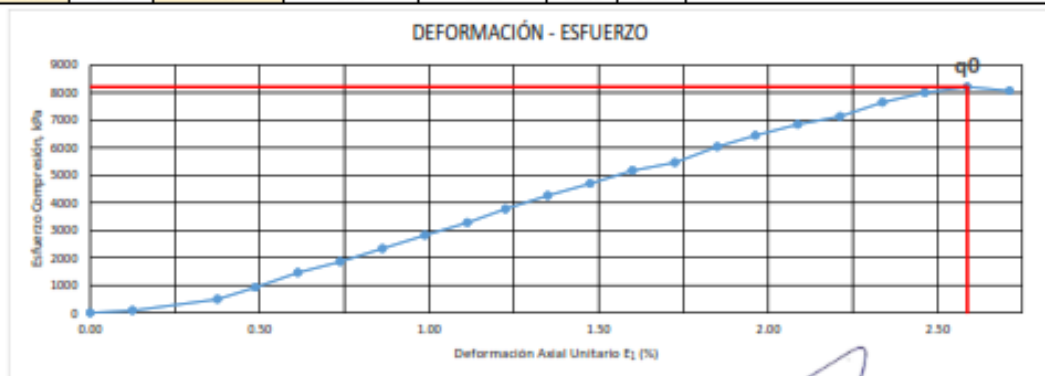
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
 INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACIÓN 0.6)		
MUESTRA:	M-1	EDAD:	28 DÍAS
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA $\epsilon_1$ (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECÍMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
							DIMENSIÓN PROMEDIO		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.07	0.00	0	Diámetro, D	101.405	mm
0.68	69	0.010	0.13	81.11	0.86	84	Longitud inicial del espécimen, L	200.18	mm
4.01	409	0.030	0.38	81.14	5.04	494	Relación L/D	2	
7.52	767	0.039	0.49	81.30	9.44	925	Área	80.86	cm <sup>2</sup>
11.89	1213	0.049	0.61	81.41	14.90	1461	Volumen	1618.61	cm <sup>3</sup>
15.13	1544	0.059	0.74	81.44	18.96	1858	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA <math>q_0</math></b>		
19.08	1947	0.069	0.86	81.70	23.83	2335	83.76 kg/cm <sup>2</sup> 8209 kPa		
23.06	2353	0.079	0.99	81.82	28.76	2818	Deformación en el instante de la falla %      2.59		
26.85	2740	0.089	1.11	81.93	33.44	3277	CONSISTENCIA SEGÚN $q_0$ DURA		
30.91	3134	0.098	1.23	82.02	38.46	3769	Observaciones:		
34.98	3569	0.108	1.35	82.12	43.47	4260			
38.61	3940	0.118	1.48	82.23	47.91	4695			
42.58	4345	0.128	1.60	82.33	52.77	5172			
45.01	4593	0.138	1.73	82.44	55.71	5460			
49.80	5082	0.148	1.85	82.54	61.57	6033			
53.25	5434	0.157	1.96	82.64	65.75	6444			
56.05	5781	0.167	2.09	82.74	69.86	6847			
59.03	6023	0.177	2.21	82.75	72.79	7134			
63.38	6467	0.187	2.34	82.85	78.06	7650			
66.37	6772	0.197	2.46	82.95	81.64	8001			
68.18	6957	0.207	2.59	83.06	83.76	8209			
67.06	6843	0.217	2.71	83.12	83.33	8068			



JERSSON CISNEROS  
 TÉCNICO LABORATORISTA

Lic. Leidy Villavieja Abad  
 CIP. 78839

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

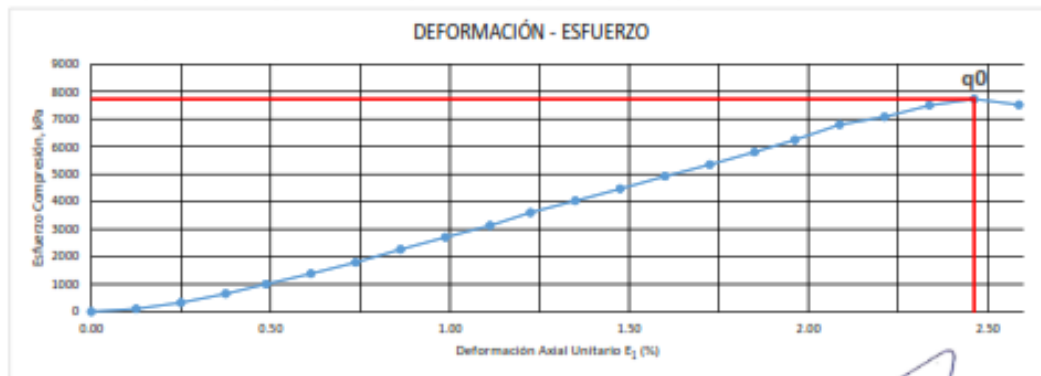
RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)



**INVERSIONES**  
**EHEC S.C.R.L. PERÚ**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DE SUELOS BLANDOS EN VIAS NO PAVIMENTADAS CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN POR VÍA HÚMEDA PARA LA REGIÓN HUÁNUCO - 2025"		
UBICACIÓN:	REGIÓN HUÁNUCO		
TESISTA:	BACH. JERSSON CISNEROS		
ENSAYO:	ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NO CONFINADA		
DETALLE:	SUELO MAS ADICIÓN DE LECHA (AGUA Y CEMENTO RELACIÓN 0.6)		
MUESTRA:	M-2	EDAD:	14 DÍAS
FECHA:	SETIEMBRE DEL 2025		

CARGA APLICADA		DEFORMACIÓN (Plg)	DEFORMACIÓN AXIAL UNITARIA E <sub>1</sub> (%)	ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL MEDIA, A (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO COMPRESIVO		CONDICIÓN DEL ESPECIMEN		
kN	kgf				kg/cm <sup>2</sup>	kPa	Compactado		
0.00	0.00	0.000	0.00	81.00	0.00	0	DIMENSIÓN PROMEDIO		
0.80	88	0.010	0.13	81.10	1.08	100	Diámetro, D	102.1	mm
2.68	273	0.020	0.23	81.19	3.37	330	Longitud inicial del espécimen, L	201.2	mm
5.34	545	0.030	0.38	81.35	6.70	656	Relación L/D	2	
8.19	836	0.039	0.49	81.40	10.20	1005	Área	81.87	cm <sup>2</sup>
11.29	1152	0.049	0.61	81.49	14.14	1385	Volumen	1647.29	cm <sup>3</sup>
14.05	1495	0.059	0.74	81.75	18.29	1792	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA q<sub>0</sub></b>		
18.50	1894	0.069	0.86	81.87	23.13	2267	78.83 kg/cm <sup>2</sup>	7726 kPa	
22.18	2263	0.079	0.99	81.98	27.61	2705	Deformación en el instante de la falla %	2.40	
25.72	2624	0.089	1.11	82.07	31.98	3134	<b>CONSISTENCIA SEGUN q<sub>0</sub></b> DURA		
29.61	3021	0.098	1.23	82.17	36.77	3603	Observaciones:		
33.20	3388	0.108	1.35	82.28	41.17	4035			
36.80	3755	0.118	1.48	82.38	45.58	4467			
40.59	4142	0.128	1.60	82.49	50.21	4920			
44.17	4507	0.138	1.73	82.59	54.57	5348			
47.98	4896	0.148	1.85	82.69	59.21	5802			
51.68	5273	0.157	1.96	82.79	63.70	6242			
56.27	5742	0.167	2.09	82.80	69.34	6796			
58.67	5987	0.177	2.21	82.90	72.21	7077			
62.25	6352	0.187	2.34	83.00	76.53	7500			
64.21	6552	0.197	2.46	83.11	78.83	7726			
62.56	6384	0.207	2.59	83.21	76.72	7518			



*[Firma]*  
 Mario S. Cisneros N. P.  
 TÉCNICO LABORATORISTA

*[Firma]*  
 Ing. Leónidas Villanueva Abad  
 CIP 78108

URB. SAN ANDRES MZ "C" LT "6"  
 PILLCO MARCA - HUANUCO  
 CELULAR: 920093390

RUC: 20529060832  
 RESOLUCION: N° 021482-2024/DSD - INDECOPI  
[INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com](mailto:INVERSIONES-EHEC-SRL@hotmail.com)