

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

ESCUELA DE POSGRADO

Maestría en Gerencia de Obras y Construcción



Tesis

Correlación entre ensayos de corte directo y triaxial mediante sustitución de fracción gruesa para la estimación de la capacidad admisible, aplicado a suelo del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, periodo 2025.

Para obtener el grado académico de:

Maestro en Gerencia de Obras y Construcción

Autor: Ing. Adrian Brian Mendoza Frias

<https://orcid.org/0009-0006-3764-8590>

ASESOR: DR. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

<https://orcid.org/0000-0002-9763-5672>

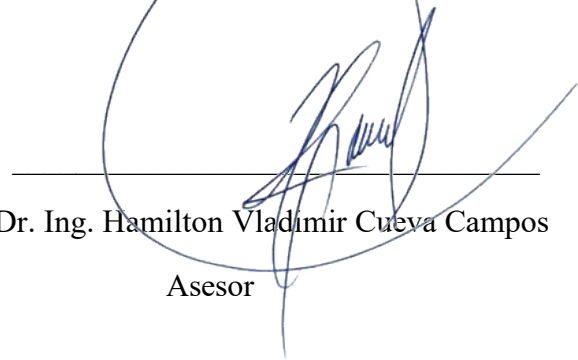
Lambayeque, Perú 2026

Correlación entre ensayos de corte directo y triaxial mediante sustitución de fracción gruesa para la estimación de la capacidad admisible, aplicado a suelo del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, periodo 2025.



Ing. Adrian Brian Mendoza Frias

Autor



Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

Asesor

Tesis presentada para optar el grado académico de:
Maestro en gerencia de obras y construcción

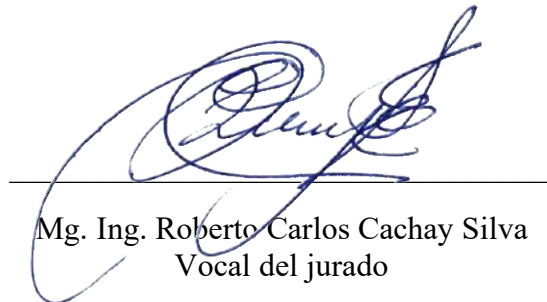
Aprobado por:



Dra. Ing. Yrma del Carmen Capuñay Capuñay
Presidenta del jurado



Mg. Ing. Domingo Jorge Luis Davila Vidarte
Secretario del jurado



Mg. Ing. Roberto Carlos Cachay Silva
Vocal del jurado

Lambayeque, Perú 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN
N° 003-2026-UI-FICSA

Siendo las 12:00 pm horas del día 04 de junio del 2026 en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil de Sistemas y de Arquitectura se reunieron los miembros de jurado de la Tesis de **MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GERENCIA DE OBRAS Y CONSTRUCCIÓN**; Titulada: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE", designados mediante Resolución Decanal N° 877-2025-UNPRG-FICSA de fecha 19 de noviembre del 2025 con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis de Maestría en Gerencia de Obras y Construcción antes mencionado, conformado por los siguientes docentes:

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE
MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

Asesorado por DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS.

El acto de sustentación fue autorizado por Oficio Virtual N° 119-2026-UIFICSA La Tesis de **Maestría en Ciencias con Mención en Gerencia de Obras y Construcción** fue presentada y sustentada por el Tesista **ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS**, tuvo una duración de 30.00 minutos. Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS	<u>10</u>	<u>DIECIEN</u>	<u>BUENO</u>

Por lo que queda APTO para obtener el Grado Académico de: **MAESTRO EN GERENCIA DE OBRAS Y CONSTRUCCIÓN**; de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12.30pm horas del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DRA. ING. YRMA DEL CARMEN CAPUÑAY CAPUÑAY
PRESIDENTE

MSC. ING. DOMINGO JORGE LUIS DAVILA VIDARTE
SECRETARIO

MSC. ING. ROBERTO CARLOS CACHAY SILVA
VOCAL

DR. ING. HAMILTON VLADIMIR CUEVA CAMPOS
ASESOR



CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos**, usuario revisor de tesis

☒

Trabajo de suficiencia profesional ☐ y/o Trabajo académico

☐

Titulado **Correlación entre ensayos de corte directo y triaxial mediante sustitución de fracción gruesa para la estimación de la capacidad admisible, aplicado a suelo del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, Periodo 2025.**

Cuyo autor(es) es: **Ing. Adrian Brian Mendoza Frias**; con DNI N°**46620715**; declaro que la evaluación por el programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud **14%** verificables en el resumen del reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó el reporte y concluyo que cada una de las coincidencias dentro del porcentaje de similitud no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos,

Se cumple con adjuntar el recibo digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 15 de Mayo de 2026



Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
DNI: 41564701
Asesor

Defina modalidad con (X)

Adjunta:

Resumen de Reporte automatizado de similitudes

Recibo digital

CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCIÓN DE FRACCIÓN GRUESA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL,

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

6

idoc.pub

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unsaac.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos

DNI: 41564701

Asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Adrian Brian Mendoza Frias
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIA...
Nombre del archivo: 26-05-04_INFORME_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 22.94M
Total páginas: 115
Total de palabras: 28,006
Total de caracteres: 135,638
Fecha de entrega: 13-may-2026 11:36a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2960382671



Derechos de autor 2026 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dr. Ing. Hamilton Vladimir Cueva Campos
DNI: 41564701
Asesor

Dedicatoria

*“A Dios por ser el dador de vida y la salud
y
A mi Familia por sus consejos, por su
tiempo, por las palabras de aliento en los
momentos difíciles y por su apoyo
incondicional, en todos los retos que me
propongo”*

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.4. Justificación e importancia del estudio	2
1.5. Objetivos	3
1.5.1. Objetivo general.....	3
1.5.2. Objetivos específicos.	3
1.6. Alcances y limitaciones.....	3
CAPÍTULO 2 DISEÑO TEÓRICO.....	5
2.1. Estado del Arte	5
2.2. Bases epistemológicas.....	7
2.3. Antecedentes.....	8
2.4. Bases teóricas	10
2.4.1. Resistencia al corte del suelo.....	10
2.4.2. Cohesión.....	11
2.4.3. Ángulo de fricción interna.....	11
2.4.4. Clasificación de suelos mediante el sistema SUCS	11
2.4.4.1. Suelos granulares	12
2.4.4.2. Suelos finos	12
2.4.5. Ensayo de corte directo	12
2.4.6. Esfuerzos efectivos y esfuerzos totales	13
2.4.7. Ensayo triaxial	14
2.4.7.1. Ensayo triaxial no consolidado y no drenado (UU)	15
2.4.7.2. Ensayo triaxial consolidado y no drenado (CU)	16
2.4.7.3. Ensayo triaxial consolidado y drenado (CD).....	16
2.4.8. Sustitución de fracción gruesa	16
2.4.9. Capacidad admisible del suelo.....	17
2.4.10. Parámetros de resistencia y capacidad admisible en gravas	18

2.5.	Bases conceptuales.....	20
2.6.	Hipótesis.....	22
2.7.	Variables	22
CAPÍTULO 3 DISEÑO METODOLÓGICO.....		23
3.1.	Diseño de contrastación de hipótesis/procedimiento a seguir en la investigación. 23	
3.1.1.	Tipo de investigación.....	23
3.1.2.	Procedimiento general.....	23
3.2.	Población y muestra.....	28
3.3.	Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	29
3.3.1.	Técnicas empleadas	29
3.3.2.	Instrumentos	29
3.3.3.	Equipos.....	29
3.3.4.	Materiales	30
CAPÍTULO 4 RESULTADO Y ANÁLISIS.....		31
4.1.	Resultados de caracterización del suelo	31
4.2.	Ensayo de corte directo	32
4.3.	Ensayo triaxial consolidado drenado (CD).....	39
4.4.	Correlación entre los resultados de corte directo y triaxial	43
4.5.	Estimación de la capacidad admisible.....	44
CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS		48
CAPÍTULO 6 PROPUESTA DE INTERVENCIÓN		50
6.1.	Fundamentación de la propuesta.....	50
6.2.	Objetivos de la propuesta	50
6.2.1.	General	50
6.2.2.	Específicos.....	50
6.3.	Descripción de la propuesta.....	51
6.4.	Recursos necesarios	52
6.5.	Impacto esperado	52
6.6.	Evaluación y seguimiento	53
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		54
7.1.	Conclusiones.....	54
7.2.	Recomendaciones	56
CAPÍTULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS O BIBLIOGRAFÍA EN GENERAL.....		58
CAPÍTULO 9 ANEXOS		60

10.1	Panel fotográfico.....	60
10.2	Ensayos de laboratorio	71
10.2.1	Ensayo de Humedad natural de muestra sin alteración de granulometría.	72
10.2.2	Ensayo de Densidad natural de muestra inalterada.....	73
10.2.3	Ensayo de Granulometría de muestra sin alteración de granulometría.	74
10.2.4	Ensayo de Límites de consistencia de muestra sin alteración de granulometría....	75
10.2.5	Ensayo de Peso específico de muestra sin alteración de granulometría.	76
10.2.6	Ensayo de Humedad de material pasante la malla N°4.....	77
10.2.7	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 0% de sustitución de grava por arena.....	78
10.2.8	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 20% de sustitución de grava por arena.....	80
10.2.9	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 40% de sustitución de grava por arena.....	82
10.2.10	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 60% de sustitución de grava por arena.....	84
10.2.11	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 80% de sustitución de grava por arena.....	86
10.2.12	Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 100% de sustitución de grava por arena.	88
10.2.13	Ensayo Triaxial Consolidado Drenado	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Valores típicos del ángulo de fricción drenado para arenas y limos.	19
Tabla 2	Relación entre la densidad relativa y el ángulo de fricción de suelos granulares. .	20
Tabla 3	Operacionalización de variables.	22
Tabla 4	Ensayos de características físicas de la muestra sin alteración de granulometría. .	32
Tabla 5	Obtención de material para posterior preparación de especímenes de ensayo de corte directo.	33
Tabla 6	Esfuerzo de corte obtenido para cada porcentaje de sustitución de fracción gruesa.	34
Tabla 7	Preparación de especímenes y ejecución de ensayo de corte directo.	36
Tabla 8	Parámetros de esfuerzos totales obtenidos del ensayo de Corte Directo.	40
Tabla 9	Parámetros de resistencia efectivos para dos círculos de mohr.	42
Tabla 10	Porcentaje de aporte de material granular que genera parámetros cercanos entre ensayos de corte directo y triaxial.	44
Tabla 11	Estimación de la capacidad admisible para los parámetros obtenidos del ensayo de corte directo y triaxial.	45
Tabla 12	Recursos empleados en la propuesta de intervención.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Esquema del espécimen en caja de corte para ejecución de ensayo de corte directo.....	13
<i>Figura 2:</i> Esquema del equipo triaxial	15
<i>Figura 3:</i> Gráfico σ vs. T para diferentes porcentajes de aporte granular.	35
<i>Figura 4:</i> Gráfico ϕ vs. % sustitución granular.....	38
<i>Figura 5 :</i> Gráfico c vs. % sustitución granular.	39
<i>Figura 6 :</i> Gráfico Esfuerzo Desviador ($\Delta\sigma$) vs. Deformación unitaria (%).	41
<i>Figura 7 :</i> Círculo de Mohr y envolvente de falla.....	43

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo establecer una correlación entre los resultados obtenidos mediante los ensayos de corte directo y triaxial consolidado-drenado (CD), aplicando el método de sustitución de fracción gruesa, con el propósito de estimar la capacidad admisible de un suelo granular del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

La investigación es de tipo aplicada y experimental, y se desarrolló con una muestra clasificada como Grava pobremente gradada (GP). Se realizaron ensayos de caracterización, corte directo con sustituciones progresivas de grava por arena en intervalos del 20 % hasta el 100 %, y un ensayo triaxial CD en la muestra general.

Los resultados mostraron que el incremento de la fracción gruesa eleva el ángulo de fricción interna y modifica muy ligeramente la cohesión. Se determinó que los parámetros de resistencia obtenidos por corte directo con un 100 % de sustitución se aproximan a los del ensayo triaxial; validando la utilidad del método de sustitución de fracción gruesa para estimaciones de la capacidad portante con un factor de seguridad alto.

Se concluye que la sustitución controlada de fracción gruesa permite optimizar el tiempo y costo de ensayos en suelos gravosos, constituyéndose en una alternativa técnica viable en la práctica geotécnica.

Palabras clave: Ensayo de corte directo, Ensayo triaxial, Sustitución granular, Capacidad admisible, Suelos gravosos.

ABSTRACT

The present study aims to establish a correlation between the results obtained from direct shear and consolidated-drained triaxial (CD) tests by applying the coarse fraction substitution method, in order to estimate the allowable bearing capacity of a granular soil from the district of Pimentel, Chiclayo Province, Lambayeque Department.

This research is applied and experimental, conducted on a soil classified as Poorly Graded Gravel (GP). Characterization tests, direct shear tests with progressive gravel-to-sand substitution from 20% to 100%, and a consolidated-drained triaxial test on the general sample were performed.

The results showed that increasing the coarse fraction raises the internal friction angle and only slightly modifies the cohesion. It was determined that the strength parameters obtained from the direct shear test with 100% substitution are close to those obtained from the triaxial test, which validates the usefulness of the coarse fraction substitution method for bearing capacity estimations with a high factor of safety.

It is concluded that the controlled substitution of the coarse fraction allows the optimization of time and cost in testing gravelly soils, constituting a technically viable alternative in geotechnical practice.

Keywords: Direct shear test, Triaxial test, Coarse fraction substitution, Allowable bearing capacity, Gravelly soils.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El conocimiento de la resistencia al corte de los suelos constituye un aspecto fundamental en el diseño geotécnico, ya que permite determinar la capacidad admisible de cimentaciones y el comportamiento de las estructuras apoyadas sobre ellos. En el ámbito de la ingeniería civil, y en específico en el ámbito local, los ensayos de laboratorio más empleados para la evaluación de esta propiedad son el ensayo de corte directo y el ensayo triaxial, ambos orientados a obtener los parámetros de resistencia al corte como son la cohesión y el ángulo de fricción interna según el criterio de Mohr-Coulomb.

Sin embargo, el ensayo triaxial requiere de equipos sofisticados, personal especializado y tiempos de ejecución prolongados, lo que eleva considerablemente su costo. En contraste, el ensayo de corte directo es más económico y rápido, pero presenta limitaciones al aplicarse en suelos con alto contenido de fracción gruesa (material retenido en la malla N.º 4). Para superar esta restricción, se han propuesto metodologías basadas en la sustitución parcial o total de la fracción gruesa por material fino (arena), con el fin de adaptar la muestra a las dimensiones de la caja de corte y posibilitar la obtención de resultados representativos.

El presente trabajo aborda este enfoque experimental para establecer una correlación entre los resultados del ensayo de corte directo y del ensayo triaxial, empleando el método de sustitución de fracción gruesa, aplicado a un suelo granular del distrito de Pimentel, perteneciente a la provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque, zona con significativa actividad constructiva y suelos predominantemente arenosos y gravosos.

1.2. Planteamiento del problema

En la práctica geotécnica, la estimación de la capacidad admisible de los suelos granulares suele requerir ensayos triaxiales consolidados drenados (CD), cuyo costo y complejidad limitan su aplicación frecuente. Por otro lado, el ensayo de corte directo, si bien

más accesible, no permite ensayar materiales con abundante fracción gruesa debido al tamaño reducido de la caja.

Esta limitación genera incertidumbre sobre la representatividad de los resultados obtenidos cuando se realizan sustituciones del material grueso por arena, ya que no se dispone de una correlación confiable con los resultados del ensayo triaxial. De esta manera, surge la necesidad de verificar si los resultados del ensayo de corte directo con sustitución de fracción gruesa pueden correlacionarse adecuadamente con los obtenidos mediante el ensayo triaxial, permitiendo una estimación más práctica de la capacidad admisible del suelo.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo se correlacionan los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial cuando se aplica la sustitución de fracción gruesa, para la estimación de la capacidad admisible de un suelo del distrito de Pimentel, Chiclayo – Lambayeque?

1.4. Justificación e importancia del estudio

El presente estudio busca generar una herramienta práctica para estimar la capacidad admisible de suelos granulares mediante un procedimiento experimental más económico y accesible. La comparación entre los resultados del ensayo triaxial y los obtenidos mediante corte directo con sustitución de fracción gruesa permitirá determinar si existe una relación consistente entre ambos métodos.

Los beneficios esperados incluyen la optimización de recursos en estudios geotécnicos, especialmente en proyectos de edificación o infraestructura donde el costo de ensayos avanzados puede ser una limitante. Asimismo, la investigación contribuirá a mejorar la confiabilidad de los resultados del ensayo de corte directo aplicado a suelos gravosos, fortaleciendo el conocimiento técnico disponible sobre su comportamiento.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general.

Establecer una correlación entre los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial mediante la sustitución de fracción gruesa, para la estimación de la capacidad admisible de un suelo del distrito de Pimentel, Chiclayo – Lambayeque.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades físicas y la clasificación del suelo en estudio, extraído del distrito de Pimentel – Chiclayo para establecer las condiciones de densidad, humedad y granulometría de la muestra patrón.
- Evaluar la incidencia en los parámetros de resistencia cohesión y ángulo de fricción interna conforme al incremento progresivo de sustitución de fracción gruesa por arena del 0% al 100%.
- Evaluar la incidencia en los parámetros de resistencia y en la capacidad admisible del no considerar la fracción gruesa $>N^{\circ}04$ al efectuar el ensayo de corte directo, en comparación con el ensayo triaxial.
- Comparar los resultados del ensayo triaxial con los resultados teóricos de bibliografía para el tipo de suelo evaluado.

1.6. Alcances y limitaciones

La investigación se centra en un suelo granular clasificado como GP (grava pobremente gradada), representativo del distrito de Pimentel con un contenido de grava de 56.8%, una densidad natural de 1.62 g/cm³, humedad natural de 3.67%, y peso específico de 2.32 g/cm³.

Los ensayos se realizaron en laboratorio con muestras remoldeadas, ante la necesidad de compatibilizar los diámetros máximos de las partículas del suelo a ensayar con los equipos de corte y triaxial disponibles. Requiriéndose retirar las partículas de sobre tamaño y ajustar las condiciones de densidad.

No se abordó la influencia de la estructura natural del suelo al no efectuarse ensayos de resistencia in situ. Asimismo, los ensayos se efectúan bajo condiciones drenadas y bajo esfuerzos controlados.

Los resultados estarán restringidos al tipo de suelo estudiado y bajo las condiciones remoldeadas y de idealización mediante el método de sustitución de fracción gruesa tratando de reflejar las condiciones de densidad del suelo natural.

Se aplicará el método de sustitución de fracción gruesa o de aporte granular, por lo que la idealización de la muestra permitirá obtener resultados propios de este método.

Los resultados de las muestras ensayadas bajo estas condiciones, no corresponden a resultados globales de parámetros de resistencia de suelos que corresponden a esta tipología de suelo (GP) ante las idealizaciones efectuadas, aunque servirán como referencia para investigaciones similares en suelos granulares de características comparables.

El presente estudio se ve limitado por los equipos disponibles en el área norte del Perú tanto de corte directo como triaxiales, así mismo se ve limitado por los recursos propios del autor, ya que el financiamiento es directo.

CAPÍTULO 2

DISEÑO TEÓRICO

2.1. Estado del Arte

Tendencias en la correlación de Parámetros de resistencia

Investigaciones recientes han enfatizado la necesidad de establecer relaciones matemáticas entre el ensayo de corte directo y el triaxial, dado que el primero es más económico, accesible y rápido en su proceso de ejecución; pero el segundo ofrece una representación más fiel de la presión de poros y el comportamiento real del suelo. En estudios como el de Mata y Esparza (2021), han determinado correlaciones significativas en suelos arcillo-limo de baja plasticidad (CL-ML), demostrando que, aunque ambos ensayos miden la cohesión y el ángulo de fricción, el ensayo triaxial para el caso evaluado en la mencionada TESIS consolidado no drenado (CU) tiende a arrojar valores de resistencia más precisos bajo condiciones controladas de drenaje debido a que considera la influencia de la presión de poros, además se obtuvieron valores mayores de cohesión efectiva y total y ángulo de fricción efectiva y total menores para el ensayo triaxial en correlación con el ensayo de corte directo.

Cabe mencionar que la presente Tesis pretende estudiar la correlación de parámetros de resistencia entre el ensayo de corte directo y triaxial para suelos con predominancia de partículas de grava, por lo que el ensayo que representa más el comportamiento de un suelo de clasificación GP corresponde a un ensayo triaxial consolidado drenado (CD) donde la presión de poros tiende a tender a 0; además este ensayo es limitado por el mercado local de laboratorios de ensayos de materiales que cuenten con el equipo de las dimensiones de cámara triaxial requeridas en función al tamaño máximo de la grava a ensayar, ya que con equipos cámaras de dimensiones menores a las requeridas los resultados obtenidos podrían tomarse como representativos, pero no como globales.

Uso de la sustitución de la fracción gruesa

Un punto crítico en la geotecnia moderna para suelos con partículas de gran tamaño es la imposibilidad de usar equipos estándar. El estado del arte indica que el uso de muestras

equivalentes mediante el método de curvas homotéticas o el reemplazo de la fracción gruesa permite caracterizar suelos granulares gruesos sin necesidad de equipos triaxiales de gran escala. Investigaciones actuales exploran cómo esta sustitución afecta los parámetros de resistencia cortante, buscando factores de corrección que aseguren que la muestra escalada represente la capacidad admisible del terreno original.

Lo mencionado puede evidenciarse en el estudio desarrollado por Curi y Rojas (2021), donde se ensaya un suelo extraído del Distrito de Ventanilla-Lima, al que se le aplica el método de curvas homotéticas, definido como el ensayo de un suelo equivalente más fino construido a través de una curva granulométrica paralela a la original (homotética) con un Coeficiente de Uniformidad C_u y Coeficiente de Curvatura C_c equivalente al original, obteniendo resultados con dilatancia (dispersión) máxima de 2.39° de ángulo de fricción interna.

En el presente estudio se empleará el Método de aporte granular o sustitución de la fracción gruesa, reemplazando la fracción de grava por arena en porcentajes de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% verificando la variación en el comportamiento de los parámetros de resistencia cohesión y ángulo de fricción interna y comparándolos con los parámetros obtenidos en al ensayar la muestra en el equipo Triaxial.

Comportamiento mecánico en suelos gravosos y efecto de escala

Las investigaciones recientes, como la desarrollada por Wang et al. (2022), coinciden en que la resistencia al corte en suelos gravosos es altamente sensible al tamaño máximo de la partícula y al factor de escala, por lo que las pruebas en suelos con granulometría gruesa no reflejan con precisión los parámetros de resistencia y el comportamiento real del suelo; ahondando en el estudio mencionado se obtuvo una relación logarítmica directamente proporcional entre el ángulo de fricción interna y el aumento en el tamaño máximo de la partículas del suelo, así como la existencia de una relación inversamente proporcional entre el ángulo de fricción interna y la cohesión conforme se incrementa el diámetro de las partículas de suelo.

De lo mencionado, el estado del arte advierte sobre el efecto de escala, señalando que, al ensayar muestras con tamaños de partícula reducidos eliminando las partículas de

mayor tamaño al intentar hacer compatible la muestra con equipos estándar, se pueden obtener parámetros que subestiman o distorsionan la resistencia real del terreno.

Además, investigaciones experimentales indican que tanto en materiales granulares pequeños como grandes, el esfuerzo cortante pico y el ángulo de fricción interna aumentan proporcionalmente con el incremento del tamaño de la partícula, siendo la resistencia de los materiales de gran tamaño significativamente mayor que la de los especímenes reducidos.

Al ensayarse en la presente investigación un suelo con granulometría con presencia predominante de grava (GP) se podrá evidenciar la desviación obtenida con respecto al ensayo de corte directo sin ningún aporte de material mayor al Tamiz N°04, además se podrá verificar que los parámetros de resistencia obtenidos en el equipo triaxial ensayado en un equipo estándar ante las limitaciones de acceso a un equipo con las dimensiones normadas en función del tamaño máximo del grano subestiman en gran medida los valores referenciales investigados para suelos con esta clasificación.

2.2. Bases epistemológicas

La presente investigación se fundamenta en el paradigma positivista, y se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo. Esta postura epistemológica es la más adecuada para la ingeniería geotécnica, ya que sostiene que la realidad para el presente caso el comportamiento de un suelo del Distrito de Pimentel Chiclayo en cuanto a sus parámetros de resistencia cohesión y ángulo de fricción interna y la capacidad de soporte, es objetiva, medible y puede ser explicada mediante leyes generales o modelos matemáticos.

Desde esta perspectiva, el conocimiento científico se construye a partir de la evidencia objetiva. En este estudio, dicha evidencia proviene de la experimentación controlada mediante los ensayos de corte directo y triaxial. Al aplicar este paradigma, se asegura que los parámetros de resistencia obtenidos, no dependan del criterio subjetivo del investigador, sino de la respuesta física del suelo ante cargas inducidas, cumpliendo así con el principio de objetividad.

Asimismo, se emplea el método hipotético-deductivo. Este proceso inicia con la teoría general de la mecánica de suelos (deducción), plantea la hipótesis de que existe una correlación significativa entre los ensayos realizados tras la sustitución de la fracción gruesa,

y finalmente busca validar dicha relación mediante la recolección y análisis estadístico de datos (inducción).

En conclusión, la base epistemológica adoptada garantiza que la estimación de los parámetros de resistencia la capacidad admisible resultante no sea una mera observación, sino un conocimiento científico validado, replicable y aplicable a la solución de problemas de cimentación en el distrito de Pimentel.

2.3. Antecedentes

Diversos estudios han abordado la estimación de la capacidad admisible de suelos mediante ensayos de laboratorio, siendo los ensayos triaxiales y de corte directo los más representativos. Sin embargo, el uso del ensayo triaxial presenta limitaciones prácticas debido a su mayor complejidad, costo y requerimiento técnico, en comparación con el ensayo de corte directo, más sencillo y comúnmente utilizado en estudios geotécnicos convencionales.

Antecedentes internacionales

En el estudio realizado por Li et al. (2022) se evaluó el efecto de la escala al ensayar un suelo de grano grueso extraído de la provincia de Sichuan, China. Se ensayo un total de 24 grupos de muestras de diámetro máximo de 10mm, 20mm y 40mm bajo condiciones de densidad relativa constante y en condiciones de granulometría similar reduciendo el tamaño de las partículas de suelo, manteniendo proporciones constantes para mantener la forma de la curva granulométrica, emplearon una caja de corte a gran escala de 305x305x200mm, ensayando los especímenes mediante el ensayo de corte directo. Los ensayos mostraron una tendencia creciente para la cohesión y el ángulo de fricción interna conforme se incrementa el tamaño de las partículas. La conclusión más relevante del estudio es que el uso de especímenes escalados subestima las propiedades del suelo.

Si bien en la investigación de Li et al. (2022), no se efectúa un ensayo triaxial o in situ que permita realizar las comparaciones con valores patrón, se verifica la influencia de la escala de la muestra, aún empleando un equipo de corte directo de gran escala con dimensiones compatibles al diámetro máximo de las partículas ensayadas.

En el estudio efectuado por De La Hoz (2007), se ensayaron muestras con alto contenido de grava extraído del Río Maipo, Chile, en un equipo Triaxial a gran escala de propiedad del IDIEM – Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales, que permite ensayar suelos con partículas de hasta de 17cm de diámetro; donde se ensayó el suelo original con un tamaño máximo de grava de 4”, tamizando las partículas inferiores a 3” para compatibilidad con el equipo de ensayo y se remoldearon y ensayaron muestras mediante el método de curvas paralelas o curvas homotéticas con diámetros de 1”, 1/2”, 3/8” y N°4 con un contenido de finos máximo del 10%, tratando de mantener la densidad del suelo original. Se obtuvieron valores similares del ángulo de fricción interna para los ensayos de muestras de curvas homotéticas. Sin embargo, los valores obtenidos son inferiores al valor real del ángulo de fricción interna de la muestra sin alteración.

Asimismo, la Norma ASTM D3080 reconoce las limitaciones del ensayo de corte directo en suelos granulares, recomendando alternativas como la modificación de la muestra o el uso de ensayos complementarios. Esto evidencia la necesidad de establecer correlaciones válidas para ampliar el uso del corte directo en situaciones donde el triaxial no es viable.

Antecedentes nacionales

En investigaciones como la de Curi y Rojas (2021), se ensaya un suelo extraído del Distrito de Ventanilla-Lima, al que se le aplica el método de curvas homotéticas, definido como el ensayo de un suelo equivalente más fino construido a través de una curva granulométrica paralela a la original (homotética) con un Coeficiente de Uniformidad C_u y Coeficiente de Curvatura C_c equivalente al original, obteniendo resultados con dilatancia (dispersión) máxima de 2.39° de ángulo de fricción interna.

Otro estudio similar fue realizado por Villanueva y Chipana (2023), ensayando 60 muestras de suelo areno limoso (SM) por medio de los ensayos de Corte Directo y Triaxial CU (Confinado sin drenaje), obteniendo resultados prácticamente equivalentes del promedio del ángulo de fricción interna con una dispersión de 0.85° , siendo el valor superior del ensayo de corte directo y una dispersión para la cohesión de 0.05kg/cm^2 . En las muestras ensayadas se puede verificar que algunas de ellas cuentan con contenido de grava considerable, entre el 30% a 40%, obteniéndose para estos casos una dispersión del orden del 6% siendo superior el valor obtenido del ensayo triaxial CU y siendo proporcional el ángulo de fricción a la

capacidad admisible del suelo se obtendrían valores superiores de capacidad admisible para el ensayo triaxial CU, para suelos con contenido de grava. Sin embargo, para suelos arenos limosos, de granulometría comprendida entre la malla N°4 y malla N°200, los resultados obtenidos son similares.

Antecedentes locales

En el Departamento de Lambayeque se cuentan con pocas empresas o instituciones a la fecha que brinden el ensayo Triaxial, y debido a la demanda, distancia y costo se complica el acceso a este ensayo, sin embargo, cada vez es más exigible este ensayo por las Instituciones Públicas sobre todo en las infraestructuras de categoría A, como son las Instituciones Educativas y de Salud Pública.

Si bien se cuentan con indicios de investigación buscando la correlación del ensayo de corte directo con triaxial, en el contexto local y nacional, se observa una escasa documentación o investigaciones sobre la aplicación de la comparación de estas técnicas de ensayo en suelos gravosos típicos del norte del Perú, lo que refuerza la pertinencia de este estudio para la región de Lambayeque, donde se cuentan con suelos gravosos en proyectos de infraestructura.

2.4. Bases teóricas

2.4.1. Resistencia al corte del suelo

La resistencia al corte es la capacidad del suelo para soportar esfuerzos tangenciales sin fallar. De acuerdo con el criterio de Mohr-Coulomb, está compuesta por los parámetros de resistencia al corte representados por la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ) y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = c + \sigma \tan(\phi)$$

Donde τ es el esfuerzo cortante y σ el esfuerzo normal actuante. Esta relación es la base para la evaluación de la capacidad portante y la estabilidad de taludes (Terzaghi et al., 1996).

2.4.2. Cohesión

La cohesión (c), se define como las fuerzas de atracción entre las partículas conformantes del suelo pudiendo ser de atracción química y física. Este parámetro es gobernante de suelos de granulometría fina como en arcillas y limos.

De acuerdo al El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018), la Norma E 050 considera que los suelos friccionantes como gravas, arenas y gravas arenosas teóricamente cuentan con una cohesión inexistente ($c=0$), sin embargo, en los ensayos de laboratorio se obtienen valores de cohesión denominada cohesión aparente, debido a factores como la tensión superficial del agua alojada en los poros, o el encaje mecánico producto del confinamiento forzado.

Como podrá verse más adelante el suelo materia de ensayo de tipología GP, no es completamente limpio libre de partículas finas, sino que cuenta con partículas aportantes de cohesión.

2.4.3. Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción interna (Φ), dominante en suelos granulares como arenas o gravas se define como la resistencia generada por el deslizamiento y contacto directo entre granos conformantes del suelo granular, potenciado a su vez por la angularidad de la partícula denominada también interlocking, incrementándose con el aumento del diámetro y angularidad de la partícula.

A diferencia de lo manifestado para suelos friccionantes la misma Norma E050 (MVCS, 2018), considera que en suelos cohesivos como arcillosos, arcilla limosos y limos arcillosos el ángulo de fricción interna es inexistente ($\Phi = 0$), sin embargo, se debe tomar en cuenta que en la naturaleza se encuentran suelos de composición mixta conteniendo aporte tanto de la cohesión como de la fricción.

2.4.4. Clasificación de suelos mediante el sistema SUCS

La clasificación del suelo mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, ha sido estandarizado mediante la ASTM D2487 (ASTM International, 2017) basándose en la distribución granulométrica de sus partículas y sus condiciones de plasticidad (Casagrande, 1948).

2.4.4.1. Suelos granulares

Corresponde a aquellos suelos con un porcentaje retenido en la malla N°200 (0.075mm) superior al 50%. La resistencia al corte de este tipo de suelos se encuentra gobernada por la densidad relativa, la fricción entre partículas granulares y el nivel de empaquetamiento.

De acuerdo a la secuencia granulométrica de sus partículas pueden ser bien gradadas (W) o pobremente gradadas (P).

2.4.4.2. Suelos finos

Corresponde a aquellos suelos con un porcentaje pasante la malla N°200 (0.075mm) mayor al 50%. La resistencia al corte de este tipo de suelos está gobernada por la cohesión generada por la interacción química entre las partículas del suelo y agua.

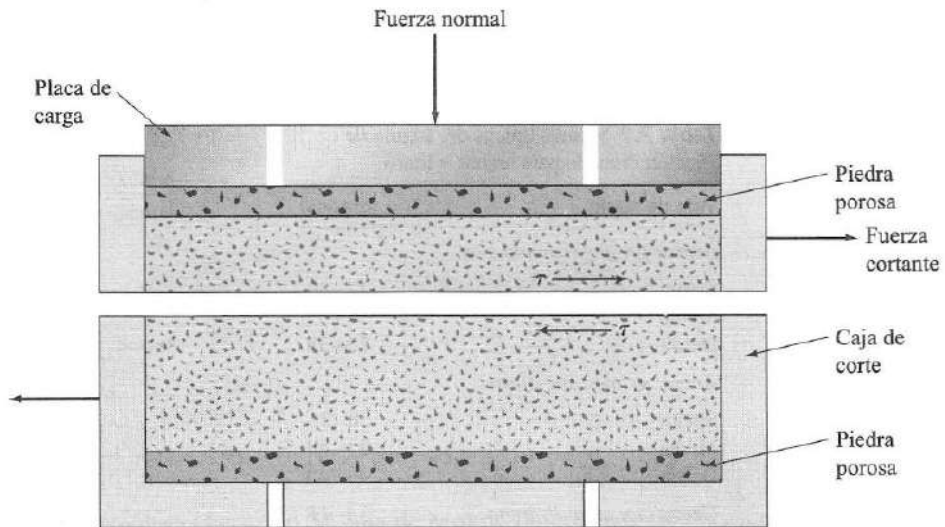
Dentro de este tipo de suelos finos podemos ubicar a los limos (M) y a las arcillas (C) y de acuerdo a su plasticidad que es el efecto generado por la interacción química suelo-agua pueden ser de plasticidad baja (L) o alta (H). Los limos tienen una permeabilidad intermedia, mientras que las arcillas tienen una baja permeabilidad.

2.4.5. Ensayo de corte directo

El ensayo de corte directo consiste en aplicar una carga normal y un desplazamiento horizontal controlado sobre una muestra confinada en una caja dividida. La resistencia máxima alcanzada durante el esfuerzo se interpreta como la resistencia al corte del suelo (Das, 2012).

Es un método rápido y sencillo, pero su principal limitación radica en la imposibilidad de controlar el estado de esfuerzos dentro de la muestra y en el tamaño reducido de la caja, lo que impide ensayar suelos con partículas grandes (Head & Epps, 2014).

Figura 1:
Esquema del espécimen en caja de corte para ejecución de ensayo de corte directo



Nota. Adaptado de Fundamentos de ingeniería geotécnica (p. 212), por B. M. Das, 2001, Thomson Learning.

Se puede visualizar el espécimen tallado o remoldeado en estado saturado dentro de la caja de corte partida con presencia de piedras porosas tanto superior e inferior y orificios en la caja de corte y la placa de carga que permiten el drenaje del agua contenida en el espécimen conforme se vaya efectuando la aplicación de las cargas. Se visualiza además la aplicación de un esfuerzo normal definido y un esfuerzo transversal o de cizallamiento (T) que define la falla en el plano ubicado en la partición de la caja de corte.

2.4.6. Esfuerzos efectivos y esfuerzos totales

La resistencia y deformación del suelo está gobernado por el esfuerzo efectivo, postulado por (Terzagui, 1943), el que establece que los cambios volumétricos y de resistencia del suelo dependen exclusivamente del esfuerzo efectivo (σ') y no del esfuerzo total (σ), siendo el esfuerzo efectivo el transmitido por el esqueleto sólido del suelo sin considerar el aporte de la presión de poros (μ). La ecuación que define el esfuerzo efectivo es la siguiente:

$$\sigma' = \sigma - \mu$$

Para estratos de suelos con presencia nivel freático, algunos típicos del suelo de Pimentel, ante una carga externa el agua ocupada en los vacíos o intersticios no puede drenar,

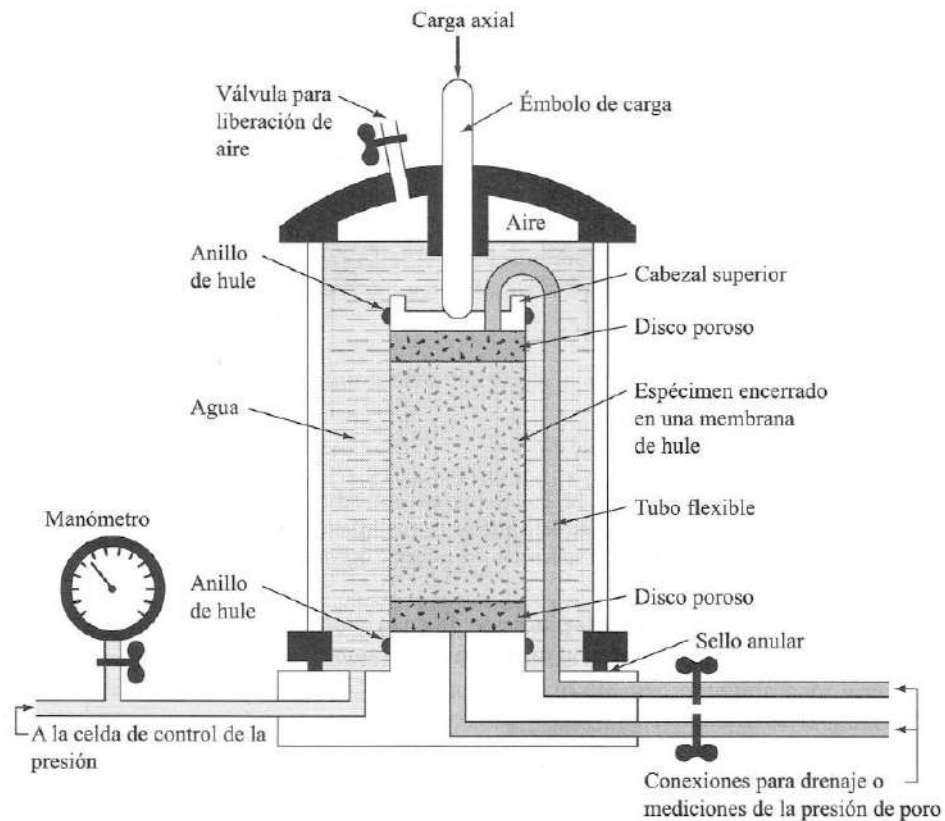
generando un incremento en la presión de poros y por ende una reducción en el esfuerzo efectivo y a su vez una disminución en el esfuerzo de corte.

En suelo con predominancia de grava como la del presente estudio, con alto grado de permeabilidad, el modelo ideal es asumir una condición drenada donde el esfuerzo efectivo se aproxima al esfuerzo total ($\sigma' \approx \sigma$). En referencia al Ensayo triaxial el ensayo ideal que resulta ser más representativo es el Consolidado Drenado o CD, donde se controla la velocidad de deformación para garantizar que la presión de poros (u) se mantenga cercana a cero durante toda la etapa de aplicación de carga hasta la falla por lo que los parámetros obtenidos de cohesión y ángulo de fricción interna son efectivos.

2.4.7. Ensayo triaxial

El ensayo triaxial permite aplicar esfuerzos axiales y de confinamiento de forma controlada, reproduciendo condiciones más representativas del campo. Según el tipo de drenaje y consolidación, puede realizarse en las modalidades no consolidado y no drenado (UU), consolidado y no drenado (CU) y consolidado y drenado (CD). El triaxial consolidado-drenado (CD) es el más apropiado para suelos granulares, ya que permite el drenaje total del agua y la medición precisa de la resistencia efectiva (Lambe & Whitman, 1979).

Figura 2:
Esquema del equipo triaxial



Nota. Adaptado de Fundamentos de ingeniería geotécnica (p. 219), por B. M. Das, 2001, Thomson Learning.

Puede visualizarse en el esquema precedente la cámara triaxial que contiene el espécimen dentro de un anillo de hule donde se coloca la muestra ya sea remoldeada o tallada, se visualizan además las piedras porosas tanto superior e inferior al espécimen que permiten el drenaje del agua, las conexiones para drenaje que permiten medir la presión de poros (μ), la celda de control de presión de confinamiento (σ_3) y el embolo superior que ejerce carga axial que introduce el esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$).

2.4.7.1. Ensayo triaxial no consolidado y no drenado (UU)

Es un ensayo de ejecución rápida donde no se permite el drenaje, por lo que las válvulas de drenaje permanecen cerradas durante todo el proceso. Asimismo, no se efectúa la consolidación mediante la presión de cámara.

Empleado en suelos finos saturados como son las arcillas, donde la aplicación de la carga es rápida no permitiendo que el suelo tenga el tiempo suficiente de drenar. Ante la no disipación de la presión de poros, los parámetros obtenidos de resistencia son totales (C_u ,

$\Phi = 0$). Se obtiene la resistencia al corte no drenado $S_u = C_u$. Se emplea en condiciones iniciales de construcción.

2.4.7.2. Ensayo triaxial consolidado y no drenado (CU)

En este ensayo es permitida la consolidación del suelo mediante la presión de cámara, pero las válvulas de drenaje se mantienen cerradas durante la aplicación de la carga (esfuerzo desviador).

Este ensayo permite la generación de la presión de poros durante la aplicación del esfuerzo desviador, la que es determinada mediante sensores.

La obtención de los parámetros efectivos (Φ' , c') se efectúa de una forma más rápida que en el ensayo consolidado drenado (CD).

Este ensayo es aplicable a situaciones de carga rápida en suelos previamente consolidados. Se emplea para la simulación de situaciones donde la carga es aplicada de manera rápida en suelos previamente consolidados. Es empleado para suelos arcillos, suelos limosos, o la combinación de estos.

2.4.7.3. Ensayo triaxial consolidado y drenado (CD)

En este ensayo se permite la consolidación del suelo mediante la presión de cámara (σ_3) y asimismo se permite el drenaje del agua durante la consolidación y la aplicación del esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$). La aplicación de la carga es lenta, de tal manera que se permita el drenaje del agua y la disipación continua de la presión de poros (u). Al darse esta anulación de la presión de poros los parámetros efectivos (Φ' , c') son equivalentes a los parámetros locales (Φ , c).

Esta idealización que representa el ensayo Consolidado Drenado, es coherente con suelos granulares, altamente permeables y determina la resistencia efectiva del suelo a largo plazo.

2.4.8. Sustitución de fracción gruesa

La sustitución de fracción gruesa consiste en reemplazar parcial o totalmente las partículas retenidas en la malla N.º 4 por material fino (arena), de forma que la muestra pueda

adaptarse a las dimensiones del equipo de corte directo. Este método busca mantener la distribución granulométrica global representativa del suelo original. Diversos autores (Dołżyk-Szypcio, 2019) señalan que, si el reemplazo se realiza de forma controlada y se conserva la densidad relativa, los resultados pueden correlacionarse razonablemente con los del suelo original.

2.4.9. Capacidad admisible del suelo

La capacidad admisible (q_{adm}) representa la carga máxima que puede transmitirse al suelo sin provocar fallas ni asentamientos excesivos. Terzaghi (1943) formuló expresiones basadas en la resistencia al corte, que incluyen la cohesión, el ángulo de fricción y el peso específico del suelo. La expresión específica para cimentación continua ante falla general es la siguiente:

$$q_{ult} = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$$

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

Donde N_c, N_q, N_γ son los factores de capacidad portante y FS el factor de seguridad.

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \Phi/2\right)\tan\Phi}}{2\cos^2(45 + \Phi/2)}$$

$$N_c = \cot\Phi(N_q - 1)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left(\frac{Kpy}{\cos^2\Phi} - 1 \right) \tan\Phi$$

Donde Kpy es el coeficiente de empuje pasivo lateral

$$Kpy = b \left(\tan \left(45 + \frac{\Phi}{2} \right) \right)^2$$

Donde b coeficiente para el cálculo de empuje pasivo, tabulado de acuerdo a las tablas de factores de capacidad portante.

$$b = -250.50\Phi^6 + 663.90\Phi^5 - 715.30\Phi^4 + 389.60\Phi^3 - 108.30\Phi^2 + 18.115\Phi + 0.003063$$

Para falla local la capacidad admisible (q_{adm}) se castiga con un factor de seguridad adicional reduciendo la cohesión y el ángulo de fricción interna por 2/3, quedando la ecuación expresada de la siguiente manera:

$$q_{ult} = 2/3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$$

$$\Phi' = \arctan\left(\frac{2}{3}\tan\Phi\right)$$

Por tanto, cualquier mejora en la precisión de los parámetros c y ϕ obtenidos mediante ensayos de laboratorio influye directamente en la estimación de la capacidad admisible.

2.4.10. Parámetros de resistencia y capacidad admisible en gravas

Los suelos gravosos, clasificados dentro del grupo de suelos de grano grueso, son aquellos donde más del 50% de la fracción gruesa es retenida en el tamiz N.º 4 (4.75 mm). En la geotecnia, estos materiales son altamente valorados debido a sus excelentes propiedades de ingeniería, como su alta capacidad portante y baja compresibilidad.

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), las gravas se dividen principalmente en gravas bien graduadas (GW) y gravas mal graduadas (GP). En el caso específico de las gravas GP, que corresponden al suelo de estudio en Pimentel, se caracterizan por una distribución uniforme de tamaños o la ausencia de ciertos diámetros intermedios. Esta configuración influye directamente en el índice de vacíos y en la forma en que las partículas se acomodan bajo cargas externas.

En las gravas mal graduadas (GP), la capacidad de carga no depende en gran medida de la cohesión, ante la ausencia o poco porcentaje de finos que favorecen la cohesión, sino en su mayoría de la resistencia friccional. Según Das (2012), esta resistencia es el resultado de dos componentes: la fricción superficial entre granos y el interlocking o intertrabazón mecánica.

El interlocking ocurre cuando las partículas de grava, debido a su tamaño y forma, se traban entre sí, obligando a la muestra a expandirse (dilatancia) para poder deslizarse. En el cálculo de la capacidad portante, un ángulo de fricción elevado es reflejo de este fenómeno, el cual es más pronunciado en gravas que en arenas debido a la mayor masa y energía requerida para desplazar partículas de gran tamaño.

Como se visualiza en la Tabla 1, propuesta por Das (2001), los valores típicos del ángulo de fricción interna en condiciones drenadas de una grava con contenido de arena

como en el caso de la presente investigación están en el rango de 34° a 48° lo que repercute directamente en valores altos de la capacidad admisibles del suelo.

Tabla 1

Valores típicos del ángulo de fricción drenado para arenas y limos.

Tipo de suelo	ϕ (grados)
<i>Arena granos redondeados</i>	
Suelta	27 - 30
Media	30 - 35
Densa	35 - 38
<i>Arena granos angulares</i>	
Suelta	30 - 35
Media	35 - 40
Densa	40 - 45
Grava con algo de arena	34 - 48
Limos	26 - 35

Fuente: Adaptado de Fundamentos de ingeniería geotécnica (p. 232), por B. M. Das, 2001, Thomson Learning.

El incremento en el ángulo de fricción interna en suelos granulares, como se evidencia en la Tabla 2, propuesta por Das (2012), está directamente relacionado con la densidad relativa del suelo, incrementándose conforme va incrementando el estado de empaquetamiento del suelo.

Tabla 2***Relación entre la densidad relativa y el ángulo de fricción de suelos granulares.***

Estado de empaquetamiento	Densidad relativa (%)	Ángulo de fricción ϕ' (grados)
Muy suelto	< 20	< 30
Suelto	20 - 40	30 - 35
Compacto	40 - 60	35 - 40
Denso	60 - 80	40 - 45
Muy Denso	> 80	> 45

Fuente: Adaptado de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones (7.^a ed., p. 43), por B. M. Das, 2012, Cengage Learning.

2.5. Bases conceptuales

Resistencia al corte

Se define como la capacidad que presenta el suelo para resistir esfuerzos tangenciales antes de que se produzca un plano de falla o de deslizamiento. Puede definirse también como la respuesta antes cargas externas que evita que la estructura del suelo colapse (Das,2012).

Cohesión (c)

Es un parámetro predominante de suelos finos, y se define como el componente de la resistencia del suelo generada por la atracción entre partículas, actuando incluso ante la ausencia de las cargas externas (Terzaghi,1943).

Ángulo de fricción interna (ϕ)

Es el parámetro de resistencia que mida la resistencia que presentan las partículas del suelo para deslizarse. Depende de la forma, rugosidad y trabazón de las partículas unas con otras, fenómeno conocido como interlocking. Es un parámetro predominante en suelos granulares (Das,2001).

Ensayo de corte directo

Es un ensayo que permite determinar la resistencia al corte del suelo mediante la aplicación de un esfuerzo tangencial en un plano horizontal predeterminado bajo una carga normal constante que simula el confinamiento (ASTM International,2020).

Ensayo triaxial

Es un ensayo que permite determinar la resistencia al corte del suelo mediante esfuerzos controlados como son la presión de cámara (σ_3), esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$), presión de poros (μ) y condiciones drenadas. Es un ensayo completo que determina la resistencia permitiendo que la muestra se consolide y drene durante la aplicación de la carga, permitiendo la determinación de parámetros efectivos (Das,2012).

Sustitución de fracción gruesa

Es un método experimental que permite reemplazar las partículas de mayor tamaño no compatibles en tamaño con equipos estándar, reemplazándolas por partículas de arena de forma controlada, permitiendo de esta manera la ejecución del ensayo (Dołżyk-Szypcio, 2019).

Capacidad admisible

Es la presión máxima que puede soportar el suelo incluyendo el factor de seguridad sin fallar ni producir asentamientos excesivos (MVCS,2018).

Densidad natural (γ)

Corresponde al peso unitario del suelo tal como se encuentra en campo, obtenido mediante la relación entre la masa del suelo comprendida por sólidos, agua y aire y el volumen que estos estados ocupan en su estado natural sin alteración en el terreno (Das,2001).

Humedad natural (w)

Es la cantidad de agua que presenta el suelo en su estado natural. Se expresa como el peso del agua contenido en un volumen de suelo, entre su respectivo peso del suelo seco (ASTM International,2019).

Grava pobremente gradada (GP)

Es un suelo de granulometría gruesa, sin una adecuada gradación es decir que los diámetros de las partículas son parecidos entre sí, careciendo de diámetros intermedios. Son suelos altamente permeables y presentan una alta fricción por lo que cuentan con una capacidad alta (ASTM International,2017).

Parámetros efectivos (c' , ϕ')

Son parámetros de resistencia obtenidos sin considerar la presión ejercida por el agua en contacto con los granos de suelo denominada presión de poros (μ) (Terzaghi, 1943).

Parámetros totales (c , ϕ)

Son parámetros de resistencia obtenidos cuando el análisis no diferencia la presión de poros (μ). Se emplea para casos de suelos finos y cuando la aplicación de carga es muy rápida (Das, 2012).

Presión de poros (μ)

Es la presión que genera el agua incluida en los vacíos del suelo, reduce la fricción del suelo al empujar las partículas hacia afuera (Terzaghi, 1943).

2.6. Hipótesis

La sustitución de la fracción gruesa en el ensayo de corte directo permitirá establecer una correlación válida con los resultados del ensayo triaxial, lo que facilitará la estimación de la capacidad admisible de los suelos con precisión aceptable y menor costo.

2.7. Variables

Las variables independientes y dependientes a emplear, así como sus indicadores, se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3
Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Variables	Indicador
Variable independiente	Porcentaje de aporte granular	% de sustitución de fracción gruesa (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%)
	Densidad natural	gr/cm ³
	Humedad natural	%
Variable dependiente	Cohesión (c)	kg/cm ²
	Ángulo de fricción interna (ϕ)	°
	Capacidad admisible	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de contrastación de hipótesis/procedimiento a seguir en la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo aplicada, dado que busca resolver un problema práctico de la ingeniería geotécnica: obtener parámetros de resistencia al corte representativos en suelos con alto contenido de grava, reduciendo la dependencia de ensayos triaxiales de alto costo.

El nivel de investigación es correlacional y explicativo, ya que se pretende establecer la relación entre los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial, y explicar cómo el porcentaje de sustitución de fracción gruesa por arena influye en la resistencia al corte y la capacidad admisible del suelo.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se basa en la medición numérica de variables físicas (esfuerzos, cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y humedad) y en el análisis de las correlaciones.

El diseño adoptado es experimental de laboratorio, ya que se manipulan las variables de estudio; principalmente el porcentaje de sustitución de fracción gruesa por arena, bajo condiciones controladas de humedad y densidad, observando su efecto sobre la resistencia al corte.

3.1.2. Procedimiento general

Se busca realizar comparación entre los resultados de los ensayos de corte directo y triaxial CD para determinar la validez del método de sustitución de fracción gruesa. El procedimiento seguido para la contrastación de la hipótesis comprende las siguientes etapas:

1. Muestreo y clasificación del suelo:

Se recolectó una muestra representativa de suelo con características visuales de granulometría gruesa con presencia significativa de grava, compacidad media, partículas

angulosas, color beige y tamaño máximo de partículas de 2 1/2", en un total aproximado de 80 kg.

La muestra se extrajo del predio Centro de Acogida Residencial (CAR) Rosa María Checa, ubicado en la Urb. Fermín Avila Morón del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. La exploración se realizó en las coordenadas E:620472.37; N:9245567.78.

Se realizó el cuarteo respectivo de la muestra extraída y se determinó sus propiedades físicas como son granulometría, límites de consistencia, humedad natural, densidad natural, clasificación SUCS (identificada como Grava pobremente gradada – GP) y peso específico.

En el caso del análisis granulométrico se determinó además el porcentaje de material retenido en la malla N.º4, pasante la malla N.º4 y retenido en la malla N.º200 y pasante la malla N.º200. Lo mencionado como base para la aplicación del método de sustitución granular o de aporte granular.

Los ensayos para determinar las características físicas del suelo y posterior preparación de las muestras para los ensayos fueron desarrollados en el laboratorio de la empresa CYCGMI E.I.R.L, ubicada en el Distrito de La Victoria, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

2. Preparación de muestras para los ensayos:

Se separó las fracciones retenida y pasante por la malla N.º 4 con el fin de contar con material para preparación de especímenes para la aplicación del ensayo de corte directo.

Se obtuvo material de aporte granular en cantidad necesaria para el reemplazo de grava por arena. El material indicado corresponde a material comprendido entre la malla N.º4 y malla N.º200.

Se igualó el contenido de humedad del material pasante por la malla N.º4 con la humedad del material inalterado. De igual manera se iguala la humedad del material de aporte granular. Para el presente estudio la humedad natural es de 3.67%. El aporte de agua se realizó por peso.

Se elaboró mezclas de material pasante por la malla N.º4 con sustituciones progresivas de grava por arena en incrementos de 20 %, desde el 0 % (muestra sin aporte granular) hasta el 100 %. El aporte granular se realizó en peso.

Todas las muestras fueron homogenizadas y compactadas buscando alcanzar la misma densidad del suelo original, ello se efectuó compactándolas en un molde de 10cm de diámetro x 10 cm de altura, en tres capas, incrementando o disminuyendo el número de golpes hasta aproximarse a la densidad del suelo original.

3. Ensayos de corte directo:

Se ejecutó los ensayos de corte directo (ASTM D3080 o NTP 339.171), aplicados a cada mezcla preparada, con 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de aporte granular bajo tres niveles de carga normal 0.5 kg/cm², 1.0 kg/cm² y 1.5 kg/cm², en un equipo de dimensiones de caja de corte circular de diámetro promedio de 7.00 cm y altura de 3.4 cm, en condiciones saturadas drenadas, obteniendo los parámetros de cohesión en kg/cm² y ángulo de fricción interna en grados (°).

El ensayo especial de Corte directo fue desarrollado en el Laboratorio de la empresa J&J ESTUDIOS PROFESIONALES SUELOS, PAVIMENTOS Y MATERIALES, ubicado en el Distrito de Jayanca, Provincia y Departamento de Lambayeque.

La duración en la ejecución de los ensayos de corte directo para los 18 especímenes que representan 03 especímenes por cada porcentaje de sustitución de fracción de grava fue de 3 días.

Para cada uno de los porcentajes de sustitución de fracción gruesa deben prepararse 03 especímenes para los cuales se sigue el siguiente procedimiento general.

- Se coloca el suelo en la caja de corte y mediante compactación en capas, para el presente caso 3 capas, se busca obtener la densidad natural del suelo aumentando o reduciendo el número de golpes aplicados con un pisón, buscando mantener el contenido de humedad natural.
- Se satura el espécimen en agua eliminando el aire contenido en la muestra
- Se coloca las piedras pómez superior e inferior a la caja de corte, se adiciona la placa de carga y se monta el espécimen en el equipo de corte directo.

- Se procede a la fase de consolidación ejerciendo el esfuerzo normal (σ), esperando a que la muestra se consolide, en suelos del tipo granular suele ser inmediato.
- Se aplica la carga horizontal de corte en condición drenada, ya que es permitido el filtrado del agua por el encaje de la placa de carga, hasta que el espécimen falle por cizalladura.
- Se registran los datos de la fuerza de corte, el desplazamiento horizontal y el cambio de altura durante toda la aplicación del ensayo.
- Con los pares, esfuerzo normal (σ) y esfuerzo de corte (T) se efectúa la gráfica (σ , ϕ), obteniendo los parámetros de resistencia (c , ϕ), empleando la ecuación de Mohr-Coulomb, mediante la ecuación $\tau = c + \sigma \tan(\phi)$.

4. Ensayo triaxial consolidado – drenado (CD):

El Ensayo especial triaxial consolidado – drenado fue ejecutado en el laboratorio de la empresa GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC, ubicado en el Distrito y Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca.

La duración de la ejecución del ensayo triaxial consolidado-drenado (CD) para los 03 especímenes ensayados durante la fase de preparación de muestra, saturación, consolidación y aplicación de la carga de falla fue de 20 días.

Se preparó la muestra para la ejecución del ensayo triaxial consolidado-drenado (CD) (ASTM D7181 o NTP 339.164) retirando las partículas de dimensiones superiores a la malla de 3/4", a fin de que sea compatible con el equipo triaxial con dimensiones de cámara de 100mm de diámetro y 200mm de altura.

Se remoldeó la muestra compactándola en 5 capas empleando un pisón y variando el número de golpes hasta acercarse a la densidad natural preparando un total de 3 especímenes.

Se procede a colocar el espécimen en la membrana de hule, se colocan las piedras pómez superior e inferior y se procede a colocar el espécimen en la cámara triaxial, saturando la muestra en un primer momento eliminando el aire contenido en los vacíos del suelo.

Posteriormente se procede a la fase de consolidación lo que se logra permitiendo el ingreso de agua a presión en el interior de la cámara y posteriormente permitiendo la liberación mediante la válvula de drenaje.

Una vez consolidada la muestra se ejerce las presiones de confinamiento de 100 kPa, 200 kPa y 400 kPa, para el espécimen 1, espécimen 2 y espécimen 3 respectivamente realizando en paralelo el control de la presión de poros verificando que se obtengan valores aproximados a 0, este control se efectúa durante toda la fase de aplicación de la carga.

La carga axial se aplica lentamente mediante el embolo de carga y corresponde al esfuerzo desviador, aplicando la carga mencionada hasta que se produzca la falla. Asimismo, durante todo el proceso de aplicación de la carga debe mantenerse la válvula de drenaje aperturada, lo que permite la disipación de la presión de poros.

Con los valores del esfuerzo de confinamiento (σ_3), el valor obtenido del ensayo del esfuerzo desviador con el que se produce la falla ($\Delta\sigma$), se obtiene el esfuerzo principal (σ_1), donde $\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma$.

Se procede a realizar el gráfico de los círculos de Mohr-Coulomb para los tres especímenes donde el centro del círculo y el radio del mismo se define por.

$$centro = \sigma_3 + \frac{\Delta\sigma}{2}$$

$$r = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Se procede al gráfico de los círculos envolventes de Mohr-Coulomb y al trazo de la recta tangente a los tres círculos y de acuerdo a la ecuación de Mohr-Coulomb $\tau = c + \sigma \tan(\phi)$, se obtienen los parámetros de resistencia cohesión efectiva (c') y ángulo de fricción efectiva (ϕ'). Nótese que los valores de los parámetros de resistencia son efectivos, al haber considerado la influencia de la presión de poros (u), la misma que se considera que se disipa durante la ejecución del ensayo Consolidado Drenado (CD).

5. Análisis y correlación de resultados:

Se determinaron los valores de cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) en cada ensayo de corte directo sin y con aporte granular y triaxial consolidado – drenado (CD),

realizando el comparativo entre los parámetros de resistencia obtenidos por ambos métodos, identificando el rango de sustitución con mayor concordancia.

6. Estimación de la capacidad admisible:

Con los parámetros de resistencia obtenidos, se calculó la capacidad admisible utilizando la ecuación de Terzaghi (1943), comparando los valores derivados de ambos ensayos. Se asumen los parámetros de ancho de cimentación y profundidad de cimentación.

3.2. Población y muestra

La población está conformada por los estratos de suelos granulares del distrito de Pimentel, en la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, caracterizados por su composición predominantemente gravosa de origen aluvial y eólico.

La muestra seleccionada corresponde a un material clasificado como Grava pobremente gradada (GP), representativa de los depósitos aluviales y eólicos característicos de la zona costera norte del Perú.

La muestra fue obtenida de una excavación superficial (entre 0.80 m y 3.00 m de profundidad), asegurando su representatividad para estudios de cimentaciones superficiales.

De la muestra total se separó la fracción menor a la malla N.º 4, y a su vez se separó la fracción comprendida entre la malla N.º 4 y N.º 200 (material de aporte granular) utilizados en la elaboración de los especímenes a ser ensayados en el equipo de corte directo.

En total se obtuvieron siete (07) submuestras bajo los siguientes criterios:

- Ensayo Triaxial CD: Una (01) submuestra con la granulometría original, únicamente eliminando la fracción superior a la malla de 3/4" para el desarrollo del Ensayo Triaxial Consolidado – Drenado (C.D). Cabe indicar que el tamaño máximo de grava de la muestra original es de 2 1/2".
- Ensayo de Corte Directo: Seis (06) submuestras compuestas por;
 - Una (01) submuestra con material de diámetro menor a la malla N.º 4 sin aporte granular.

- Cinco (05) submuestras con material de diámetro menor a la malla N.º4 con aporte granular o sustitución de fracción gruesa (material entre la malla N.º200 y N.º4) de 20%, 40%, 60%, 80% y 100% respectivamente, con adición en peso.

3.3. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

3.3.1. Técnicas empleadas

- Ensayo de granulometría para clasificación del suelo (ASTM D6913 o NTP 339.128).
- Determinación de límites de consistencia (ASTM D4318 o NTP 339.129).
- Determinación de humedad natural (ASTM D2216 o NTP 339.137).
- Determinación de la densidad natural (ASTM D7263 o NTP 339.257)
- Ensayo de corte directo (ASTM D3080 o NTP 339.171).
- Ensayo triaxial consolidado–drenado (ASTM D7181 o NTP 339.164).
- Aplicación del método de sustitución de fracción gruesa por arena.
- Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128 o NTP 400.02).
- Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso grueso (ASTM C127 o NTP 400.021).
- Análisis estadístico de correlación.
- Elaboración de cuadros por parte del investigador.
-

3.3.2. Instrumentos

- Balanza electrónica de capacidad de 600 g con precisión (± 0.01 g), utilizada para el control de densidad y humedad.
- Balanza electrónica de capacidad de 30 kg con precisión (± 1 g), empleada para determinar el peso específico del agregado grueso y pesos mayores a 600 g.
- Horno eléctrico para secado de muestras con capacidad de mantener una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Regla metálica y calibrador Vernier para determinar dimensiones de especímenes.
- Fiola de 500 ml para desarrollo de ensayo de peso específico de agregado fino.

3.3.3. Equipos

- Juego de tamices ASTM para tamizado manual de diámetro de malla 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N.º4, N.º10, N.º20, N.º40, N.º60, N.º100, N.º200 y fondo para determinación de granulometría del suelo y separación de grava, arena y finos.

- Copa Casagrande, vidrio de 10mm, ranurador y depósitos de humedad para determinación de límites de consistencia.
- Pisón de 1.62 g para remoldeo de muestras en ensayo de corte directo y ensayo triaxial consolidado-drenado.
- Cono de absorción para determinación de absorción de agregado fino.
- Canastilla metálica para determinación de peso específico del agregado grueso.
- Equipo de corte directo estándar con sistema de carga vertical, carga transversal y medición de desplazamientos, con cajas de corte circular con dimensión de diámetro de 7 cm y altura de 3.4 cm en promedio.
- Equipo triaxial con celda de presión, control de carga axial y medidores de deformación con capacidad de ensayar especímenes de dimensiones de 10cm de diámetro y 20cm de altura.

3.3.4. Materiales

- Suelo natural (Grava GP) proveniente de exploración ejecutada en coordenadas E:620472.37; N:9245567.78 en Centro de Acogida Residencial (CAR) Rosa María Checa, ubicado en la Urb. Fermín Avila Morón del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.
- Fracción fina (arena, arcillas y limos pasante malla N.º 4).
- Material de aporte granular (arena comprendida entre la malla N.º 4 y N.º 200).
- Agua destilada para ajuste de humedad.
- Bolsas plásticas para conservación de muestras.
- Herramientas auxiliares de laboratorio (espátulas, cepillos, bandejas).

CAPÍTULO 4

RESULTADO Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados tanto para la muestra general del suelo clasificada como grava pobremente gradada (GP) como para las submuestras modificadas con diferentes porcentajes de sustitución de fracción gruesa por arena, evaluadas mediante el ensayo de corte directo. Asimismo, se incluyen los resultados del ensayo triaxial consolidado-drenado (CD) aplicado a la muestra general.

Los resultados se analizan con el propósito de establecer una correlación entre los parámetros de resistencia obtenidos en ambos métodos, y con ello, estimar la capacidad admisible del suelo materia de estudio proveniente del distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

4.1. Resultados de caracterización del suelo

La muestra fue clasificada como Grava pobremente gradada (GP) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); asimismo de manera visual puede determinarse que presentan partículas de grava de manera angulosa y la muestra presenta un color beige y cuenta con compacidad media.

Los ensayos de caracterización realizados incluyeron la granulometría, límite líquido (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP). Asimismo, se efectuaron ensayos de características físicas del material como humedad natural, densidad natural y peso específico.

Tabla 4***Ensayos de características físicas de la muestra sin alteración de granulometría.***

Ensayo	Norma	Resultado
Humedad natural	ASTM D2216/ NTP 339.137	3.67%
Densidad natural	ASTM D7263 / NTP 339.257	1.62 gr/cm ³
Límite líquido	ASTM D 4318/ NTP 339.129	39.28%
Límite plástico	ASTM D 4318/ NTP 339.129	31.50%
Índice de plasticidad	-	7.78%
Granulometría	ASTM D6913/ NTP 339.128	56.8% grava 41.8% arena 1.4% arcillas y limos
Clasificación de suelo	ASTM D2487	SUCS: (Grava pobremente gradada) AASHTO: A-2-4 (0)
Peso específico del agregado grueso	ASTM C127/ NTP 400.021	2.699 g/cm ³
Peso específico del agregado fino	ASTM C128/ NTP 400.022	1.828 g/cm ³
Peso específico de la muestra	-	2.323 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados, el suelo presenta baja plasticidad y un comportamiento típicamente granular, con predominio de partículas gruesas y poca retención de humedad.

4.2. Ensayo de corte directo

Se tamizó y obtuvo el material pasante la malla N°04, al mismo que se le verificó el contenido de humedad a fin de corroborar que se mantienen las características físicas de la muestra sin alteración de granulometría, obteniendo un valor de **9.22%**. Verificándose así que la fracción pasante la malla N°04 contiene mayor contenido de humedad que la muestra sin alteración de granulometría con contenido de humedad natural de **3.67%**.

A fin de igualar el contenido de humedad de las muestras para ejecución de ensayo de corte directo se secó el material pasante la malla N°4. Una vez seco se procedió al

tamizado y obtención del material de sustitución granular (arena) comprendido entre la malla N°200 y malla N°4.

Tanto para el material pasante la malla N°4, como para el material de sustitución granular comprendido entre la malla N°200 y malla N°4 se procedió a agregar el 3.67% de agua en peso, procediendo a mezclar y obtener muestras con la misma humedad de que la muestra sin alteración de granulometría.

Se elaboraron muestras con porcentajes crecientes de sustitución de fracción gruesa por arena en intervalos de 20%, desde el 0 % (material original tamizado por la malla N.°4) hasta el 100 %; teniendo en cuenta que el porcentaje de grava de la muestra inalterada es de **56.8%** Se trabajo con un peso total de muestra de 800 gr suficiente para la preparación de 3 especímenes para ensayo de corte directo por cada porcentaje de sustitución de fracción gruesa. Los pesos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5
Obtención de material para posterior preparación de especímenes de ensayo de corte directo.

% de sustitución de fracción gruesa por arena	Humedad (%)	Peso de material pasante la malla N°4 (g)	Peso de arena comprendida entre malla N°200 y N°4 (g)	Peso total de la muestra (g)
0%	3.67	800.00	0.00	800.00
20%	3.67	709.33	90.67	800.00
40%	3.67	618.66	181.34	800.00
60%	3.67	527.98	272.02	800.00
80%	3.67	437.31	362.69	800.00
100%	3.67	346.64	453.36	800.00

Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras fueron compactadas hasta alcanzar una densidad equivalente a la densidad natural y ensayadas en condición drenada bajo tres niveles de esfuerzo normal de 0.5kg/cm², 1.0kg/cm² y 1.5kg/cm².

Para el ensayo de corte directo se emplearon anillos para fabricación de especímenes con diámetros promedio de 70 mm y alturas promedio de 34 mm.

Los resultados obtenidos del equipo de corte directo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6

Esfuerzo de corte obtenido para cada porcentaje de sustitución de fracción gruesa.

Esfuerzo normal (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 0% de Sustitución (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 20% de Sustitución (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 40% de Sustitución (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 60% de Sustitución (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 80% de Sustitución (kg/cm ²)	Esfuerzo de corte al 100% de Sustitución (kg/cm ²)
0.5	0.389	0.403	0.412	0.366	0.370	0.391
1.0	0.487	0.501	0.505	0.665	0.660	0.731
1.5	0.593	0.604	0.614	0.610	0.652	0.693

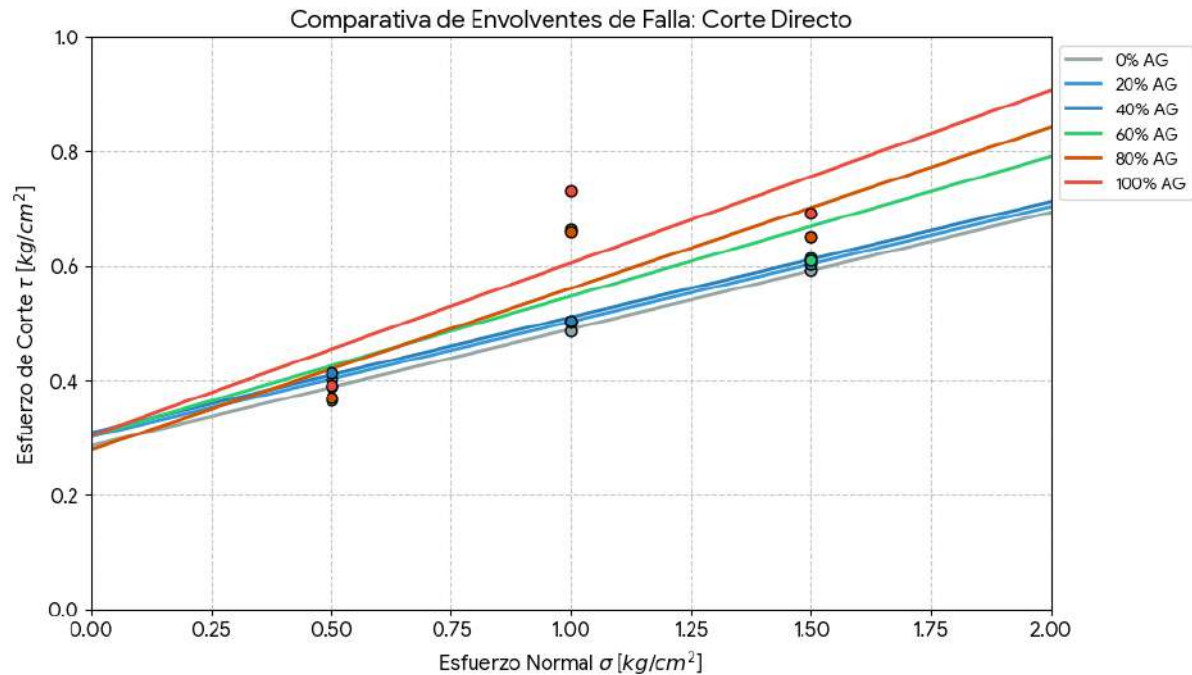
Fuente: Elaboración propia

Puede verificarse que los esfuerzos de corte incrementan conforme se incrementa el porcentaje de sustitución de fracción gruesa.

Asimismo, puede visualizarse que a partir del porcentaje de sustitución de fracción gruesa del 60% los esfuerzos de corte a 1.5 kg/cm² de esfuerzo normal son inferiores que los obtenidos para un esfuerzo normal de 1.0 kg/cm², mostrando una pérdida de capacidad para resistir el corte con el incremento del esfuerzo normal.

A partir de los datos de esfuerzo normal (σ) y el esfuerzo tangencial (T) obtenidos de los ensayos de corte directo con diferente porcentaje de aporte granular se procedió a efectuar la siguiente gráfica comparativa de resultados.

Figura 3:
Gráfico σ vs. T para diferentes porcentajes de aporte granular.



Fuente: Elaboración propia

Se visualiza que para los porcentajes de aporte granular de 20% y 40% la pendiente de la recta disminuye y constituyendo el ángulo de fricción interna (ϕ) la pendiente de la recta, el ángulo de fricción interna se ve disminuido para estos porcentajes. Sin embargo, para estos mismos porcentajes de aporte granular el esfuerzo al corte (T) incrementa, debido al aporte de la cohesión que como puede visualizarse en el eje coordenado ($T=0$), la cohesión es superior a la obtenida para el porcentaje de aporte granular de 0%.

Asimismo, a partir del 60% al 100% se visualiza un incremento significativo del ángulo de fricción interna (ϕ) y del esfuerzo al corte (T), verificándose que gobierna en el aporte de la resistencia del suelo, la fricción generada por la trabazón de las partículas de arena incluidas en el espécimen en representación de la grava.

A partir de las gráficas de línea de tendencia mostradas en la gráfica previa y con la aplicación de la fórmula de Mohr-Coulomb, $\tau = c + \sigma \tan(\phi)$, se obtuvieron los valores de cohesión y ángulo de fricción interna que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7***Preparación de especímenes y ejecución de ensayo de corte directo.***

% de aporte granular	Humedad promedio (%)	Densidad promedio (g/cm ³)	Cohesión (c,kg/cm ²)	Ángulo de fricción (ϕ , °)
0%	1.75	1.558	0.29	11.55
20%	1.58	1.555	0.30	11.40
40%	1.54	1.546	0.31	11.45
60%	1.41	1.547	0.30	13.72
80%	1.54	1.544	0.28	15.74
100%	1.51	1.532	0.30	16.78

Fuente: Elaboración propia

Se observó que durante el remoldeo y montaje de especímenes se ha perdido en promedio 2.10 % de humedad, lo que puede influir en la densidad húmeda obtenida de los especímenes, visualizándose que en todos los casos es inferior a la densidad natural de la muestra inalterada de **1.62 g/cm³**, lo cual puede deberse a diferentes factores, entre ellos el peso específico de la grava de **2.70 g/cm³** vs el peso específico de la fracción inferior a la malla N° 4 de **1.83 g/cm³**; sin embargo en el ensayo se procedió a aumentar progresivamente el número de golpes hasta obtener la densidad máxima posible aproximándonos a la densidad de la muestra inalterada.

Otros factores que intervienen en la variación de la densidad natural es la variación mínima del porcentaje de humedad, relacionada directamente al grado de compactación obtenido. Asimismo, el ordenamiento de partículas influye en el porcentaje de vacíos y la cantidad de volumen sólido de la masa de suelo que puede ocupar un volumen determinado.

En promedio se trabajó con un porcentaje de humedad de **1.56%** y una densidad humedad de **1.547 g/cm³**.

Cabe mencionar que en la tabla precedente se muestran valores totales de los parámetros de resistencia cohesión y ángulo de fricción interna (c, ϕ), debido a que si bien en el ensayo de corte directo la muestra es consolidada bajo la carga normal (σ) y se permite el drenaje a partir de la división en la caja de corte del equipo, no se efectúa un control total

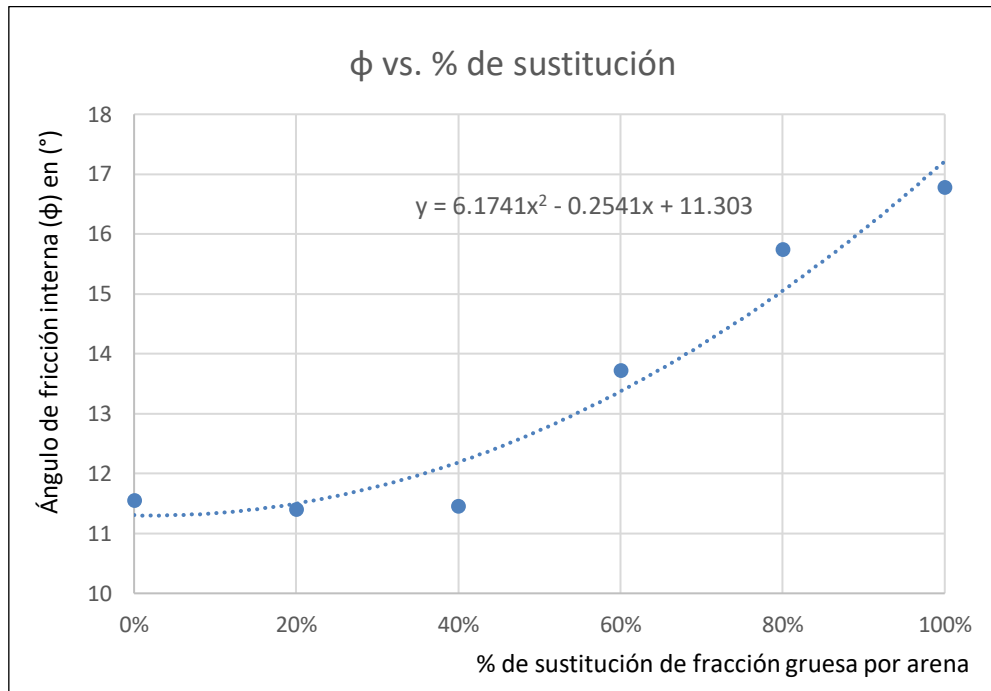
de la presión de poros como si se realiza en el ensayo triaxial consolidado-drenado. Por lo que puede deducirse que las partículas de suelo fino incluidas en la caja de corte contienen partículas de agua en sus intersticios residuales que generan presión de poros aportantes a la resistencia al corte del suelo captadas en el ensayo de corte directo.

Se observó una pequeña disminución del ángulo de fricción interna (ϕ) con el 20% al 40% de sustitución de fracción gruesa; sin embargo, a partir del 60% de sustitución de fracción gruesa se observa el incremento progresivo hasta el 100% de porcentaje de sustitución. Se verifica que sustituyendo el 100% de fracción gruesa por arena el ángulo de fricción interna se incrementó en **5.23°**, que representa el **45.28%** adicional del valor del ángulo de fricción interna obtenido sin sustitución granular. El incremento en el ángulo de fricción interna progresivo indica que las partículas con mayor diámetro contribuyen a un mayor entrelazamiento y resistencia al desplazamiento, siendo la fricción una propiedad de las partículas de arena comprendidas entre la malla N°200 y malla N°4, colocadas en los especímenes en reemplazo a las partículas de grava.

En cambio, la cohesión (c) mostró una tendencia a mantener su valor conforme se incrementa el porcentaje de sustitución por arena, manteniendo un valor promedio de 0.30 kg/cm² igual al obtenido para los especímenes donde no se realizó la sustitución por arena.

Se muestran a continuación los gráficos ϕ vs. % de sustitución y c vs. % de aporte granular, con una línea de tendencia de regresión polinómica cuadrática y lineal.

Figura 4:
Gráfico ϕ vs. % sustitución granular.

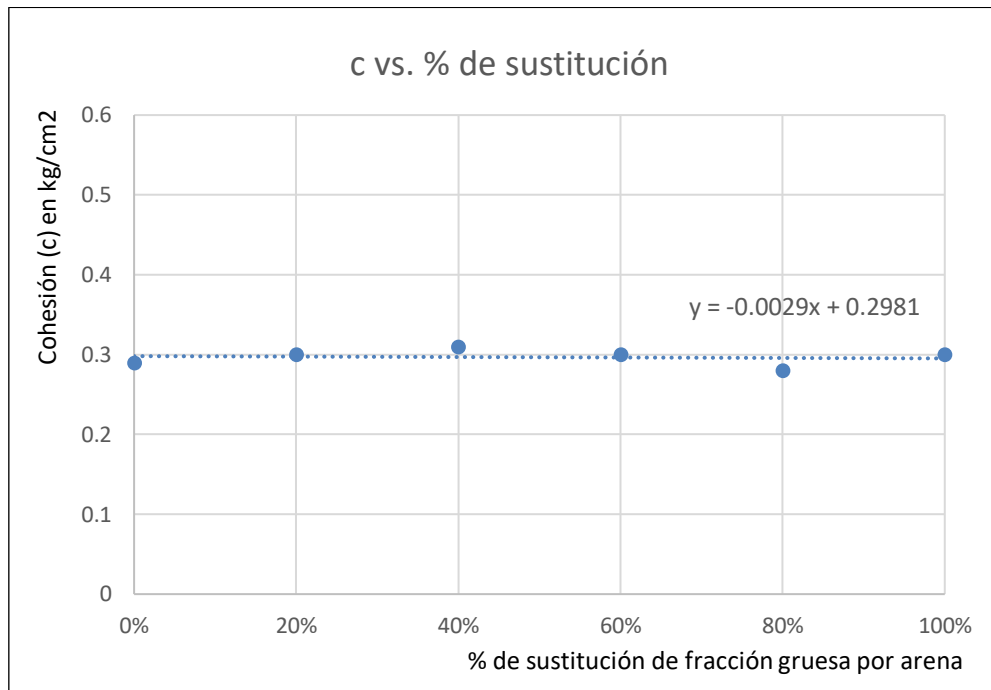


Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó se muestra un incremento progresivo en el ángulo de fricción interna a partir del 60%, porcentaje a partir del cual toma importancia el entrelazamiento entre partículas, gobernando la fricción como aportante en la resistencia del suelo.

Asimismo, se verifica una tendencia polinómica cuadrática positiva en el caso del gráfico ϕ vs. %.

Figura 5 :
Gráfico c vs. % sustitución granular.



Fuente: Elaboración propia

Se verifica una tendencia lineal en el caso del gráfico c vs. % de sustitución.

4.3. Ensayo triaxial consolidado drenado (CD)

La muestra fue remoldeada, con una humedad de 6.00% y con una densidad húmeda de 1.62 kg/cm³, buscando aproximarse a los datos de campo de la muestra inalterada.

La muestra inalterada presenta una humedad natural de 3.17 % y una densidad natural de 1.62 g/cm³. No obstante, para reproducir en laboratorio un estado de densificación equivalente al observado en campo, fue necesario ensayar la muestra remoldeada con una humedad de 6.00 %. Este incremento de la humedad de ensayo responde a la necesidad de facilitar el proceso de compactación, permitiendo alcanzar una densidad comparable a la del estrato natural, el cual ha experimentado un proceso gradual de consolidación y reacomodo de partículas a lo largo del tiempo.

El ensayo triaxial se realizó sobre la muestra general sin sustitución, bajo tres niveles de presión de confinamiento de 100 Kpa, 200 Kpa y 400Kpa, utilizando un molde cilíndrico

de 100mm de diámetro y 200 mm de altura. Se determinaron los valores de cohesión efectiva (c') y ángulo de fricción efectiva (ϕ') a partir de la envolvente de Mohr-Coulomb.

De acuerdo con la norma ASTM D7181-20 (ASTM International, 2010), el tamaño máximo de las partículas del suelo a ensayar no debe exceder $1/6$ del diámetro del espécimen de ensayo. En el presente estudio, ante la ausencia de laboratorios especializados en el norte del Perú que cuenten con cámaras de ensayo de dimensiones normadas para evaluar muestras con partículas de tamaño máximo de $2\frac{1}{2}$ ", se procedió a retirar las partículas con diámetro mayor a $3/4$ ", a fin de cumplir con los requisitos geométricos del ensayo.

Los resultados obtenidos de ensayar los 3 especímenes se muestran en la tabla siguiente:

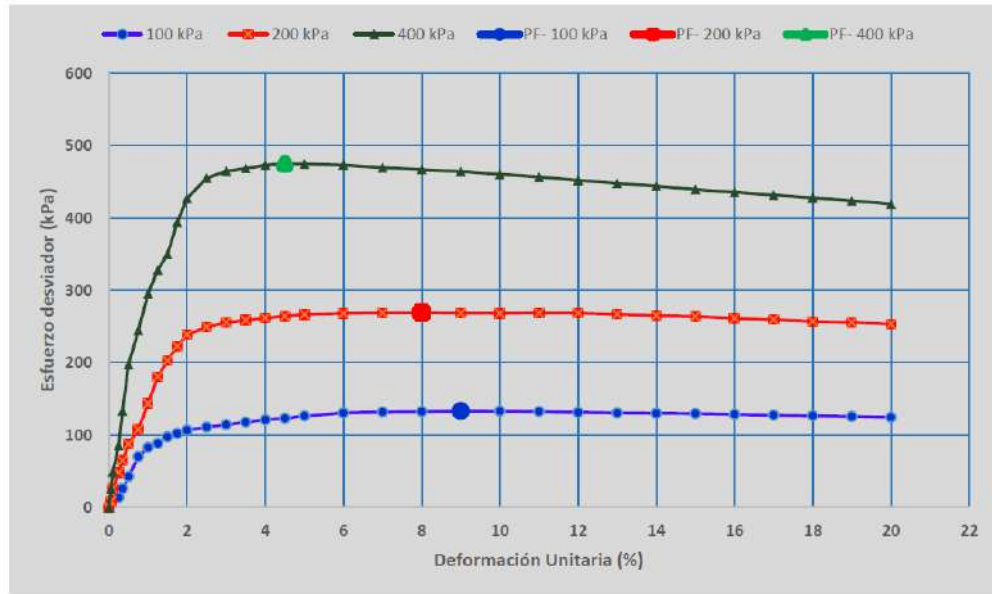
Tabla 8
Parámetros de esfuerzos totales obtenidos del ensayo de Corte Directo.

Especimen	Esfuerzo de confinamiento (σ_3') (kPa)	Esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$) (kPa)	Esfuerzo principal (σ_1) (kPa)
1	100	133.18	233.18
2	200	269.07	469.07
3	400	474.84	874.84

Fuente: Elaboración propia

El esfuerzo desviador se obtuvo de las gráficas Esfuerzo Desviador vs Deformación unitaria de cada uno de los especímenes ensayados, obteniendo para cada uno de ellos los valores pico.

Figura 6 :
Gráfico Esfuerzo Desviador ($\Delta\sigma$) vs. Deformación unitaria (%).



Fuente: Elaboración propia

En base a los parámetros de esfuerzos totales obtenidos se procedió a calcular el ángulo de fricción interna, la cohesión y a graficar el círculo de envolvente de Mohr.

La fórmula para calcular el ángulo de fricción interna se basa en la envolvente de falla (Envolvente de Mohr) definida por la ecuación:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2(45 + \phi/2) + 2c \tan(45 + \phi/2)$$

Deduciéndose a partir de ella las expresiones que permiten determinar el ángulo de fricción interna y cohesión efectivos para dos círculos de Mohr.

$$\sigma_1 = \sigma_3 N_\phi + 2c' \sqrt{N_\phi}$$

$$N_\phi = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi'}{2})$$

Para el círculo de Mohr determinado para los especímenes 1 y 2:

$$233.18 = 100 \cdot N_\phi + 2c \sqrt{N_\phi} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$469.07 = 200 \cdot N_\phi + 2c \sqrt{N_\phi} \quad (\text{Ec. 2})$$

Restando la Ec.2 con Ec.1:

$$469.07 - 233.18 = (200 - 100) \cdot N_\phi$$

$$N_\phi = 2.3589$$

Calculando:

$$\tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) = 2.3589$$

$$\phi = 23.86^\circ$$

$$233.18 = 100 \cdot 2.3589 + 2c\sqrt{2.3589}$$

$$c = -0.882 \text{ Kpa}$$

Seguimos el mismo procedimiento para los círculos de Mohr de especímenes 2 y 3 y 1 y 3, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9

Parámetros de resistencia efectivos para dos círculos de mohr.

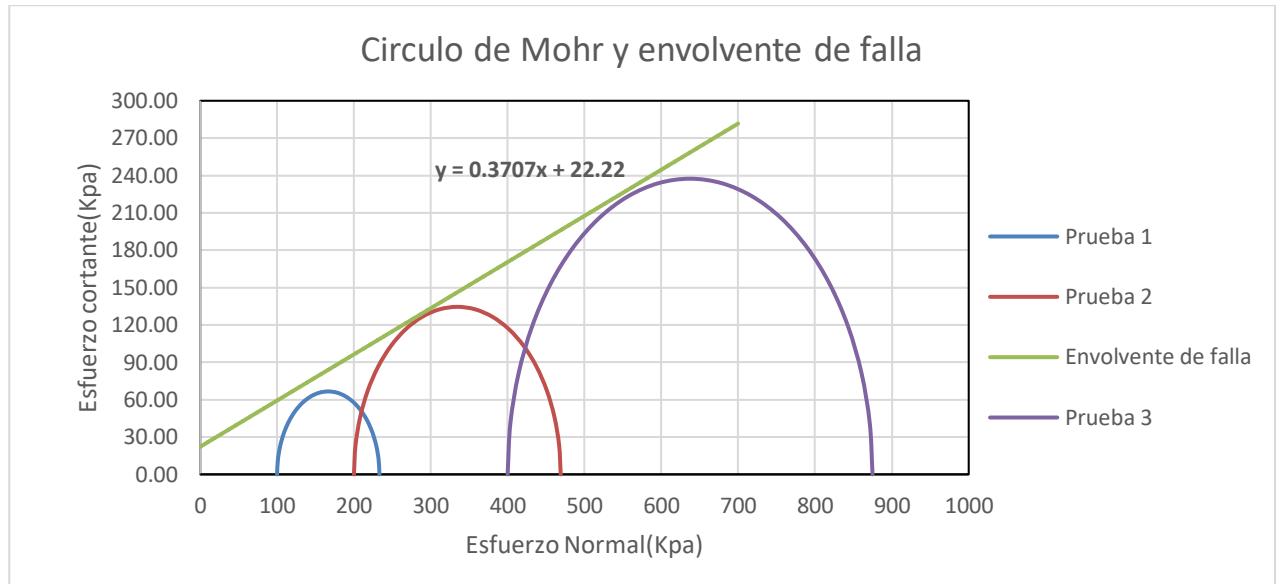
Espécimen	Ángulo de fricción interna efectivo (ϕ')	Cohesión efectiva (c')	Ecuación de la curva (Kpa)
1 y 2	23.86	-0.882 Kpa	-
2 y 3	20.24	22.22 Kpa	$T=22.22 + \sigma \tan(20.24^\circ)$
1 y 3	21.18	6.60 Kpa	$T=6.60 + \sigma \tan(21.18^\circ)$

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que, al considerar los especímenes 1 y 2, la cohesión obtenida resulta negativa, lo cual no es coherente, dado que la cohesión es un valor intrínsecamente mayor que cero. Por ello, se descarta esta curva. Asimismo, al comparar las curvas de los especímenes 1 y 3 y de los especímenes 2 y 3, se selecciona la de los círculos 2 y 3 como más representativa, ya que la línea de falla asociada es tangente o superior a los tres círculos de Mohr, mientras que la curva basada en los especímenes 1 y 3 intercepta el círculo del espécimen 2.

Se procede a graficar la línea de falla y los círculos de Mohr de los tres especímenes ensayados.

Figura 7 :
Círculo de Mohr y envolvente de falla



Fuente: Elaboración propia

Los resultados indican que el suelo gravoso clasificado como GP, de acuerdo con el ensayo triaxial considerado más representativo de su comportamiento mecánico, presenta valores más altos de ángulo de fricción interna y valores más bajos de cohesión. Este comportamiento es característico de suelos con granulometría gruesa, en los cuales predomina la resistencia por fricción, debido al reducido de contenido de material fino, responsable principal del aporte cohesivo.

4.4. Correlación entre los resultados de corte directo y triaxial

Con los valores totales de (c, φ) obtenidos del ensayo de corte directo y efectivos de (c', φ') obtenidos del ensayo triaxial consolidado drenado, se estableció una correlación empírica.

El análisis se centró en determinar qué porcentaje de sustitución del ensayo de corte directo produce parámetros más cercanos a los obtenidos en el triaxial CD.

Tabla 10

Porcentaje de aporte de material granular que genera parámetros cercanos entre ensayos de corte directo y triaxial.

Ensayo	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción interna (°)	Diferencia relativa (%) Ángulo de fricción interna	Diferencia relativa (%) Cohesión
Triaxial CD	0.23	20.24	-	-
Corte directo (100 % de aporte granular)	0.30	16.78	-3.46° (17.09%)	0.07kg/cm ² (30.43%)

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que la correlación más cercana con respecto al parámetro ángulo de fricción interna se alcanza al 100% de porcentaje sustitución de fracción gruesa por arena, lo que sugiere que, en este rango, la arena sustituida reproduce de manera adecuada el comportamiento de la grava original en el ensayo triaxial consolidado-drenado.

Respecto a la cohesión se observa que para un suelo GP, el comportamiento del suelo respecto a su resistencia, está gobernado por su comportamiento friccional, obteniendo un valor de cohesión más bajo que el obtenido por el ensayo de corte directo.

Se puede verificar además que al ensayar un suelo mediante el ensayo de corte directo para la obtención del parámetro cohesión, este valor obtenido resulta ser para el presente caso un 30.43% superior al obtenido mediante el método de ensayo triaxial, resultando ser no muy representativo del comportamiento resistente de un suelo con tipología GP.

4.5. Estimación de la capacidad admisible

Con los valores de resistencia obtenidos, se calculó la capacidad admisible (q_{adm}) mediante la ecuación clásica de Terzaghi (1943):

$$q_{adm} = \frac{1}{FS} (cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma)$$

donde:

- c y ϕ provienen de los ensayos.
- γ : peso unitario del suelo.

- D_f : profundidad de cimentación.
- B : ancho de zapata.
- FS : factor de seguridad adoptado (generalmente 3).
- N_c, N_q y N_γ : Factores de capacidad de carga.

La fórmula de Terzagui mostrada es aplicable a cimentaciones corridas, siendo una cimentación típica empleada para edificaciones en el distrito de Pimentel - Chiclayo. Para fines comparativos y de aplicación de los parámetros de resistencia en el cálculo de la capacidad admisible del suelo se asume la misma profundidad de cimentación de 1.80m y anchos variables de 1.00m, 1.20m, 1.50m, 1.80m y 2.00m. Los resultados obtenidos son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 11

Estimación de la capacidad admisible para los parámetros obtenidos del ensayo de corte directo y triaxial.

% de aporte granular	Df (m)	B (m)	γ (g/cm ³)	c o c' (kg/cm ²)	ϕ o ϕ' (°)	N_c	N_q	N_γ	q_{adm}
0	1.80	1.00	1.62	0.29	11.55	8.49	2.16	0.34	0.77
		1.20	1.62	0.29	11.55	8.49	2.16	0.34	0.77
		1.50	1.62	0.29	11.55	8.49	2.16	0.34	0.77
		1.80	1.62	0.29	11.55	8.49	2.16	0.34	0.77
		2.00	1.62	0.29	11.55	8.49	2.16	0.34	0.77
20	1.80	1.00	1.62	0.30	11.40	8.44	2.14	0.33	0.78
		1.20	1.62	0.30	11.40	8.44	2.14	0.33	0.78
		1.50	1.62	0.30	11.40	8.44	2.14	0.33	0.78
		1.80	1.62	0.30	11.40	8.44	2.14	0.33	0.79
		2.00	1.62	0.30	11.40	8.44	2.14	0.33	0.79
40	1.80	1.00	1.62	0.31	11.45	8.46	2.14	0.33	0.80
		1.20	1.62	0.31	11.45	8.46	2.14	0.33	0.80
		1.50	1.62	0.31	11.45	8.46	2.14	0.33	0.80
		1.80	1.62	0.31	11.45	8.46	2.14	0.33	0.81
		2.00	1.62	0.31	11.45	8.46	2.14	0.33	0.81

% de aporte granular	Df (m)	B (m)	γ (g/cm ³)	c o c' (kg/cm ²)	ϕ o ϕ' (°)	Nc	Nq	Ny	qadm
60	1.80	1.00	1.62	0.30	13.72	9.21	2.50	0.48	0.87
		1.20	1.62	0.30	13.72	9.21	2.50	0.48	0.87
		1.50	1.62	0.30	13.72	9.21	2.50	0.48	0.88
		1.80	1.62	0.30	13.72	9.21	2.50	0.48	0.88
		2.00	1.62	0.30	13.72	9.21	2.50	0.48	0.88
80	1.80	1.00	1.62	0.28	15.74	9.96	2.87	0.66	0.92
		1.20	1.62	0.28	15.74	9.96	2.87	0.66	0.92
		1.50	1.62	0.28	15.74	9.96	2.87	0.66	0.93
		1.80	1.62	0.28	15.74	9.96	2.87	0.66	0.93
		2.00	1.62	0.28	15.74	9.96	2.87	0.66	0.93
100	1.80	1.00	1.62	0.30	16.78	10.38	3.09	0.76	1.01
		1.20	1.62	0.30	16.78	10.38	3.09	0.76	1.02
		1.50	1.62	0.30	16.78	10.38	3.09	0.76	1.02
		1.80	1.62	0.30	16.78	10.38	3.09	0.76	1.03
		2.00	1.62	0.30	16.78	10.38	3.09	0.76	1.03
Triaxial	1.80	1.00	1.62	0.23	20.34	12.02	3.97	1.23	1.02
		1.20	1.62	0.23	20.34	12.02	3.97	1.23	1.03
		1.50	1.62	0.23	20.34	12.02	3.97	1.23	1.04
		1.80	1.62	0.23	20.34	12.02	3.97	1.23	1.05
		2.00	1.62	0.23	20.34	12.02	3.97	1.23	1.06

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que existe una diferencia considerable entre el valor obtenido de la capacidad admisible del suelo para la condición sin aporte granular y para la condición al 100% de aporte granular; teniendo como ejemplo para una Df=1.80m y B=1.50m, una variación del 32.47%.

Se identificó que existe una diferencia considerable entre el valor obtenido de la capacidad admisible del suelo para la condición sin aporte granular y para el ensayo triaxial,

siendo una diferencia del 35.06% para los valores asumido de $D_f=1.80\text{m}$ y $B=1.50\text{m}$ a manera práctica.

De igual manera se verifica que se obtiene valores cercanos de la capacidad admisible para los porcentajes de sustitución de fracción gruesa del 100% comparados con la capacidad admisible obtenida con los parámetros del ensayo triaxial, siendo una diferencia únicamente del 1.92% para los valores asumido de $D_f=1.80\text{m}$ y $B=1.50\text{m}$.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian que la sustitución controlada de fracción gruesa superior a la malla N°4 por arena, permiten realizar ensayos de corte directo representativos de suelos con contenido elevado de grava, manteniendo una buena concordancia con los parámetros de resistencia como son la cohesión y el ángulo de fricción interna derivados del ensayo triaxial. Para el presente estudio se obtiene que la sustitución o aporte granular controlado en el ensayo de corte directo que brindó resultados concordantes de parámetros de resistencia con el ensayo triaxial es del **100%**.

Al efectuar el ensayo de corte directo con el **100%** de sustitución de fracción gruesa superior a la malla N°4 por arena, permite obtener parámetros con los que al determinar la capacidad admisible por la fórmula de Terzagui, arroja valores similares con respecto a la capacidad admisible obtenida con los parámetros de resistencia del ensayo triaxial consolidado-drenado; demostrando la seguridad de aplicar este método obteniendo valores más cercanos a los reales, considerando que el ensayo triaxial consolidado-drenado resulta ser el ensayo que más se aproxima a la realidad del suelo.

Se verifica que conforme incrementamos el porcentaje de sustitución de fracción gruesa superior a la malla N°4 por arena, el ángulo de fricción interna se va incrementando a partir del **60%** de porcentaje de sustitución con una tendencia polinómica de segundo grado positiva; mientras que la cohesión se mantiene en un valor casi constante representado por una ecuación de tendencia lineal.

Se comprobó que la densidad y el control de la humedad son factores determinantes en la reproducibilidad de los resultados, buscando mantener las condiciones de la muestra inalterada en la muestra remoldeada para ejecución de ensayo de corte directo. Se verificó además que producto del remoldeado se ve afectado el contenido de humedad, viéndose reducido en el presente caso en un promedio de **2.11%**, lo que afecta directamente a la densidad obtenida por compactado en los moldes cilíndricos de ensayo de corte directo.

Se verifica que al ejecutar el ensayo de corte directo para suelos gravosos, con el material remodelado pasante la malla N°4, se desprecia en gran medida la fricción proporcionada por el material granular que representa la grava, y teniendo en cuenta que el ángulo de fricción es proporcional a la capacidad admisible del suelo vemos reducida en gran medida la capacidad admisible del suelo que para el presente caso abordado para una $D_f=1.80\text{m}$ y $B=1.50\text{m}$, y un porcentaje de sustitución de fracción gruesa del 100% se tiene una **32.47%** de resistencia del suelo que se ve despreciada, comparándola con los resultados de capacidad admisible con los parámetros de resistencia efectivos del ensayo triaxial.

Asimismo, se verifica que el método de sustitución granular aplicado al ensayo de corte directo, se presenta como una alternativa económica y viable para estudios preliminares y definitivos de capacidad admisible, reduciendo significativamente la necesidad de recurrir a ensayos especializados y costosos y aún con muy poca oferta en el Departamento de Lambayeque y departamentos colindantes como Piura, Trujillo y Cajamarca.

Se puede verificar que el ángulo de fricción interna efectivo (ϕ') obtenidos por el ensayo consolidado-drenado, para el suelo de tipología grava pobremente gradada (GP) con un tamaño máximo de agregado de 3/4" a fin de hacerlo compatible con el equipo triaxial con tamaño de cámara de 100mm de diámetro x 200 mm de altura es de **22.4°**. Sin embargo, comparando el valor obtenido con los valores típicos de ángulo de fricción interna que muestra la bibliografía relacionada al tema como la de Das (2001), indica que para Gravas con contenido de arena el ángulo de fricción interna oscila entre 34° a 48°, por lo que puede deducirse que el retiro del **31.10%** que representan las partículas de diámetro superior a 3/4" retiradas para compatibilizar con el equipo Triaxial disponible influye directamente en el aporte de la resistencia al corte mediante fricción de las partículas.

Como se indica en el párrafo previo al retirar las partículas superiores a 3/4" para efectuar el ensayo en el equipo triaxial disponible, se subestima el ángulo de fricción interna del suelo y la resistencia al corte del suelo, brindando un factor de seguridad adicional a los resultados obtenidos de los parámetros de resistencia del suelo y por ende a la capacidad admisible del suelo, lo que repercute directamente en la validez del método de sustitución de fracción gruesa a un porcentaje del 100% para suelos con contenido de grava superior a 56.8%, representando un metodología que arroja valores de capacidad admisible del suelo conservadores.

CAPÍTULO 6

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

6.1. Fundamentación de la propuesta

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se identificó que el método de sustitución de fracción gruesa o aporte granular constituye una alternativa técnica y económica viable para reproducir el comportamiento de suelos con alto contenido de grava en ensayos de laboratorio.

En la práctica profesional, la caracterización geotécnica de suelos con contenido importante de grava se ve limitada por el costo elevado de los ensayos triaxiales, y la poca oferta de laboratorios que cuenten con equipos triaxiales en la zona norte del Perú, lo que restringe la precisión de los parámetros empleados para el diseño de cimentaciones. Por ello, se plantea una propuesta de intervención orientada a implementar un protocolo de ensayo estandarizado basado en el método de sustitución granular, con el fin de mejorar la representatividad y accesibilidad de los resultados en estudios de suelos similares al abordado perteneciente al distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo.

6.2. Objetivos de la propuesta

6.2.1. General

Proponer la implementación del método de sustitución de fracción gruesa en los laboratorios de mecánica de suelos universitarios y profesionales, como herramienta complementaria al ensayo triaxial para la estimación de la capacidad admisible en suelos granulares.

6.2.2. Específicos

- Establecer un procedimiento técnico estandarizado para la preparación y ejecución de ensayos de corte directo mediante sustitución de fracción gruesa con aporte granular.
- Incorporar la correlación obtenida en esta investigación como guía de calibración frente al ensayo triaxial.
- Facilitar la estimación rápida y económica de parámetros de resistencia al corte en suelos con elevado contenido de grava.

6.3. Descripción de la propuesta

La propuesta consiste en la implementación de un procedimiento experimental validado que permita caracterizar suelos granulares a través de ensayos de corte directo, utilizando una sustitución controlada de la fracción gruesa con aporte granular de arena.

Debido a que con el estudio realizado se cuenta con un porcentaje referencial de aporte de material granular para la sustitución de grava que brinda resultados coherentes con el ensayo triaxial para el caso específico del suelo ensayado de Pimentel con un porcentaje de grava determinado, con una densidad y humedad determinada, entre otras características físicas específicas. Replicando el procedimiento abordado a dos muestras más con diferente contenido de grava, densidad y otras características físicas particulares, es posible establecer una correlación entre el porcentaje de aporte granular que representa coherentemente el ensayo de triaxial al aplicar el ensayo de corte directo, para diferentes condiciones específicas.

Etapas principales:

1. Preparación de muestras:

- Separación de fracciones retenida y pasante por la malla N.º 4.
- Obtención de material de aporte granular (Pasante la malla N.º 4 y retenido en la malla N.º 200).
- Elaboración de mezclas con sustituciones progresivas de grava por arena (20 % al 100 %).

2. Compactación controlada:

- Ajuste de la humedad inicial a la del material natural.
- Compactación hasta alcanzar una densidad equivalente a la del suelo original.

3. Ejecución del ensayo de corte directo:

- Aplicación de tres esfuerzos normales.
- Registro de la resistencia máxima al corte.
- Determinación de la cohesión y ángulo de fricción.

4. Calibración con ensayo triaxial:

- Comparar los resultados con un ensayo triaxial consolidado-drenado (CD) representativo.

- Definir el rango de sustitución en porcentaje como valor de referencia para correlaciones futuras.

5. Elaboración de ficha técnica y formato estándar:

- Diseñar un formato de registro de resultados que incluya datos de la mezcla, densidad, parámetros de resistencia, y otras características relevantes.
- Proponer su uso en laboratorios para validación continua.

6.4. Recursos necesarios

Tabla 12

Recursos empleados en la propuesta de intervención.

Recurso	Descripción	Disponibilidad/costo estimado
Equipos de laboratorio	Equipo de corte directo, tamices, balanzas, horno, moldes de compactación, cono de absorción, fiolas, canastilla de peso específico.	Existente en laboratorio universitario
Materiales de ensayo	Grava natural, material pasante la malla 4, material comprendido entre la malla 4 y 200.	Bajo costo
Ensayo triaxial CD de referencia	1 muestra representativa	S/ 2400 aproximadamente.
Software de procesamiento	Excel, Word	Libre o institucional
Personal de apoyo	Tesista, Técnico de laboratorio de Mecánica de Suelos	—

Fuente: Elaboración propia

6.5. Impacto esperado

La implementación de esta propuesta permitirá:

- Reducir los costos de ensayos para obtención de parámetros de resistencia del suelo en suelos granulares con alto contenido de grava, al sustituir parcialmente los ensayos triaxiales por correlaciones obtenidas del ensayo de corte directo.
- Optimizar el tiempo de obtención de parámetros de diseño, mejorando la eficiencia de los estudios de suelos en proyectos de infraestructura.

- Fortalecer las capacidades técnicas de los laboratorios universitarios, al incluir métodos adaptativos que reflejen el comportamiento real de suelos locales.

6.6. Evaluación y seguimiento

Para garantizar la sostenibilidad de la propuesta, se recomienda:

1. Aplicar el método de sustitución granular en al menos dos a tres proyectos geotécnicos piloto.
2. Registrar los parámetros obtenidos y compararlos con resultados triaxiales posteriores para verificar la precisión de la correlación.
3. Capacitar a estudiantes y profesionales en la ejecución y análisis del método de sustitución de fracción gruesa o de aporte granular, incorporándolo en la enseñanza práctica de mecánica de suelos.
4. Revisar progresivamente los valores de correlación conforme se amplíe la base de datos experimentales, a fin de proponer tablas y/o gráficos estadísticos.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se estableció la correlación entre el ensayo de corte directo y triaxial mediante la sustitución de fracción gruesa, para el suelo estudiado del Distrito de Pimentel – Chiclayo, clasificado de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) como grava pobremente gradada, con una densidad natural de 1.62 g/cm³, humedad natural de 3.67%, contenido de grava de 56.8%, estableciéndose que al 100% de aporte granular para el ensayo de corte directo se obtuvieron los parámetros $c' = 0.30$ kg/cm² y $\Phi' = 16.78^\circ$ y para el ensayo triaxial Consolidado drenado (CD) los parámetros $c' = 0.23$ kg/cm² y $\Phi' = 20.24^\circ$, representando desviaciones de -0.07 kg/cm² (30.43%) para la cohesión y -3.46° (-17.09%) para el ángulo de fricción interna.

La capacidad admisible obtenida para dichos parámetros de resistencia y empleando la fórmula de Terzaghi para los valores de ancho de cimentación comprendidos entre 1.00m a 2.00 m y profundidad de cimentación de 1.80m, permiten obtener valores de capacidad admisible del suelo de 1.01 kg/cm² a 1.03 kg/cm² para el ensayo de corte directo con 100% de aporte granular y 1.02 kg/cm² a 1.06 kg/cm² para el ensayo triaxial; verificándose una diferencia relativa promedio de solo 1.44%.

Por lo que se concluye que el ensayo de corte directo al 100% de aporte granular es una alternativa equivalente al ensayo triaxial para la estimación de la capacidad admisible del suelo.

- Las características físicas obtenidas para la muestra patrón extraída del distrito del Distrito de Pimentel – Chiclayo, determinan un suelo de predominancia granular, clasificado de acuerdo al sistema SUCS como grava pobremente gradada (GP). Asimismo, los ensayos de laboratorio determinaron una humedad natural de 3.67% y una densidad natural de 1.62 g/cm³, con predominio de fracción gruesa, compuesta por 56.8% de grava de características angulosas, 41.8% de arena y se identificó una

fracción mínima de finos de 1.4%, con un límite líquido de 39.28%, límite plástico de 31.50% e índice de plasticidad de 7.78% y un peso específico de 2.32 g/cm³. Las condiciones mencionadas establecen la línea base para la preparación de las muestras ensayadas por los ensayos de corte directo y triaxial.

- Se evaluó que el incremento progresivo de la sustitución de la fracción gruesa por arena en un rango del 20% desde el 0% al 100%, generó en la cohesión (c) una tendencia lineal con un valor promedio de 0.30 kg/cm², similar al valor obtenido para el corte directo sin aporte granular de 0.29 kg/cm². Sin embargo, en el ángulo de fricción interna Φ se genera una reducción mínima en las sustituciones iniciales del 20% (11.40°) al 40% (11.45°) y posteriormente un incremento progresivo hasta llegar a un valor de 16.78° para el porcentaje de sustitución del 100%, siendo un porcentaje de incremento del ángulo de fricción interna de 45.28% con respecto al valor obtenido sin aporte granular de 11.55°.

La línea de tendencia que expresa la variación del ángulo de fricción interna con respecto al porcentaje de sustitución por arena está representada por la ecuación $Y = 6.1741X^2 - 0.2541X + 11.303$, donde X representa el porcentaje de aporte granular y Y representa el ángulo de fricción interna.

Se verifica que el incremento del componente fricción a partir del 60%, se debe a la predominancia de partículas de arena, generando una estructura de suelo más estable, que, a pesar de retirar la fracción de grava, el ángulo de fricción interna tiende a recuperarse al alcanzar el 100% de aporte granular, acercándose al valor del ángulo de fricción Φ' del ensayo triaxial.

- Se evaluó los resultados del ensayo de corte directo sin aporte granular, obteniendo los parámetros de resistencia de $c=0.29$ kg/cm² y $\Phi=11.55^\circ$, los mismos que al aplicar la fórmula de Terzaghi para obtener la capacidad admisible del suelo para una profundidad de cimentación de 1.80m y un ancho de cimiento comprendido entre 1.00m a 2.00m se obtuvo una capacidad admisible de 0.77 kg/cm²; sin embargo al aplicar el ensayo triaxial se obtuvo un $c'=0.23$ kg/cm² y $\Phi'=20.24^\circ$ y al aplicar la fórmula de Terzaghi para las mismas condiciones de profundidad y ancho de cimentación se obtienen valores de capacidad admisible de 1.02 kg/cm² a 1.06

kg/cm²; por lo que se verifica que se deprecia en un 32.47% la capacidad admisible al no considerar el aporte granular de las partículas superiores a la malla N°04. Este análisis permite corroborar que la idealización del ensayo triaxial representa de manera más precisa el comportamiento real del material, reportando valores menores de la cohesión efectiva y ángulo de fricción efectiva significativamente más alto. Concluyendo que no considerar el aporte de partículas >N°04 penaliza injustificadamente la capacidad admisible del suelo, validando la necesidad técnica de la aplicación del ensayo triaxial, o de sustitución de fracción gruesa u otro método de ensayo que permita obtener valores más reales del suelo de granulometría gruesa evaluado.

- Al comparar los resultados del ensayo triaxial consolidado drenado (CD) con la bibliografía especializada, se determinó que el ángulo de fricción interna efectivo $\Phi' = 20.24^\circ$ se sitúa por debajo de los rangos típicos por Das (2001) para gravas con arena cuyos valores oscilan entre los 34° a 48° dependiendo de otros factores como la densidad de la muestra. Esta discrepancia encontrada se debe principalmente al efecto de escala condicionado por la geometría de la probeta de 100mm de diámetro que al estar condicionado por la norma ASTM D7181, el tamaño máximo de partícula no debe exceder la sexta parte del diámetro del espécimen, lo que obliga a la eliminación de las partículas superiores a $3/4"$.

Esta limitación del tamaño del equipo triaxial disponible en el mercado (norte peruano), sumado a una compacidad media y un bajo peso específico del material de Pimentel, redujo significativamente el fenómeno de trabazón que caracteriza a las gravas, concluyendo que los parámetros obtenidos por el ensayo triaxial al no considerar el tamaño real de la muestra resultan ser conservadores, validando la necesidad de emplear métodos de correlación que consideren la influencia del tamaño de partículas en la capacidad admisible del suelo, incluso en el equipo triaxial.

7.2. Recomendaciones

- Controlar cuidadosamente la densidad relativa y la humedad inicial en las mezclas de sustitución, ya que estos parámetros influyen directamente en la resistencia obtenida y en la precisión de la correlación con el triaxial.

- Ampliar el rango de porcentajes de sustitución y replicar los ensayos en futuros estudios, con el fin de fortalecer la base estadística y establecer modelos de correlación más generalizables para distintos tipos de grava y arenas.
- Estandarizar la preparación de muestras para corte directo en suelos granulares, empleando cápsulas de mayor diámetro o sistemas modulares que permitan representar mejor la estructura del suelo natural.
- Complementar el estudio con análisis numéricos mediante elementos finitos, simulando el comportamiento del suelo bajo cargas controladas, lo que permitiría validar los resultados experimentales y analizar el efecto de la fracción gruesa de manera tridimensional.
- Aplicar el método de sustitución de fracción gruesa en otros tipos de suelos granulares, especialmente en zonas costeras y valles aluviales, donde la presencia de gravas es común, a fin de consolidar su utilidad en la práctica geotécnica local.
- Finalmente, se recomienda que los laboratorios universitarios y profesionales consideren implementar equipos de corte directo de mayor tamaño o desarrollar moldes adaptados, facilitando la evaluación de suelos con mayor proporción de grava sin necesidad de recurrir exclusivamente al triaxial.

CAPÍTULO 8

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS O BIBLIOGRAFÍA EN GENERAL

- ASTM International. (2017). *Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System)* (ASTM D2487-17).
- ASTM International. (2019). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass* (ASTM D2216-19).
- ASTM International. (2020a). *Standard test method for consolidated drained triaxial compression test for soils* (ASTM D7181-20). <https://doi.org/10.1520/D7181-20>
- ASTM International. (2020b). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions* (ASTM D3080/D3080M-20).
- Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113(1), 901-930.
- Curi Avalos, C. A., & Rojas Quispe, S. Y. (2021). *Propuesta de una expresión para la obtención de los parámetros de resistencia en un suelo granular de ventanilla, a partir de una fracción de la granulometría global, empleando el método de curvas homotéticas* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Thomson Learning.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7.^a ed.). Cengage Learning.
- De la Hoz Alvarez, K. H. (2007). *Estimación de los parámetros de resistencia al corte en suelos granulares gruesos* [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.
- Dołżyk-Szypcio, K. (2019). Direct shear test for coarse granular soil. *International Journal of Civil Engineering*, 17, 1871–1878. <https://doi.org/10.1007/s40999-019-00417-2>
- Head, K. H., & Epps, R. (2014). *Manual of Soil Laboratory Testing: Vol. 2. Permeability, Shear Strength and Compressibility Tests* (3rd ed.). CRC Press.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1979). *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.

- Li, S., Wang, T., Wang, H., Jiang, M., & Zhu, J. (2022). Experimental studies of scale effect on the shear strength of coarse-grained soil. *Applied Sciences*, 12(1), Artículo 447. doi.org
- Mata Larreategui, D. F., & Esparza Villalba, C. A. (2021). *Correlación de los resultados obtenidos en los ensayos triaxial y el ensayo de corte directo en suelo arcillolimoarenoso de la formación San Cayetano Campus II de UTPL* [Tesis de maestría, Universidad Técnica Particular de Loja]. Repositorio Institucional UTPL.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.050: Suelos y Cimentaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones*. Diario Oficial El Peruano.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3ª ed.). John Wiley & Sons.
- Villanueva Huaira, K. E., & Chipana De La Cruz, K. (2023). *Influencia de los parámetros geotécnicos obtenidos a través de ensayos corte directo y triaxial en el diseño de estructuras de cimentaciones superficiales en suelos arenoso-limosos* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC.
- Wang, Y., Li, S., Wang, T., Wang, H., Jiang, M., & Zhu, J. (2022). Experimental Studies of Scale Effect on the Shear Strength of Coarse Granular Soils. *Applied Sciences*, 12(1), Artículo 447. doi.org

CAPÍTULO 9

ANEXOS

10.1 Panel fotográfico



Fotografía 01: Vista de material extraído de calicata. Visualizándose el contenido de grava, color de la muestra beige, compactidad medianamente densa y contenido de humedad natural.



Fotografía 02: Vista de interior de calicata. Visualizándose el contenido de grava, color de la muestra beige, compactidad medianamente densa y contenido de humedad natural.



Fotografía 03: Cuarteo de Muestra para ejecución de ensayos de características físicas.



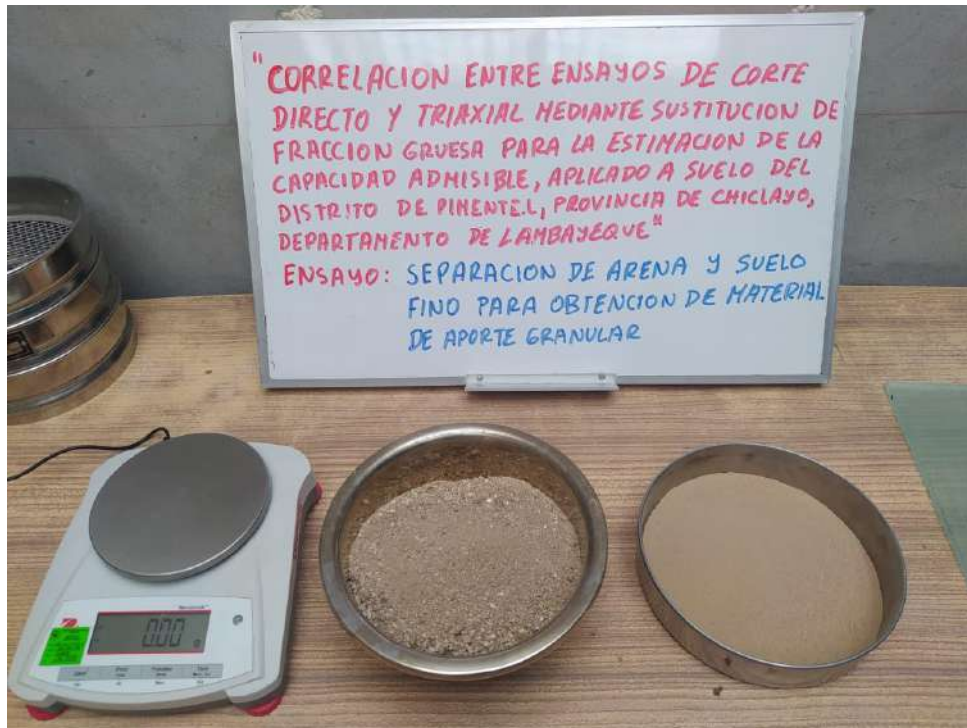
Fotografía 04: Ensayo de contenido de humedad de la muestra sin alteración de la granulometría.



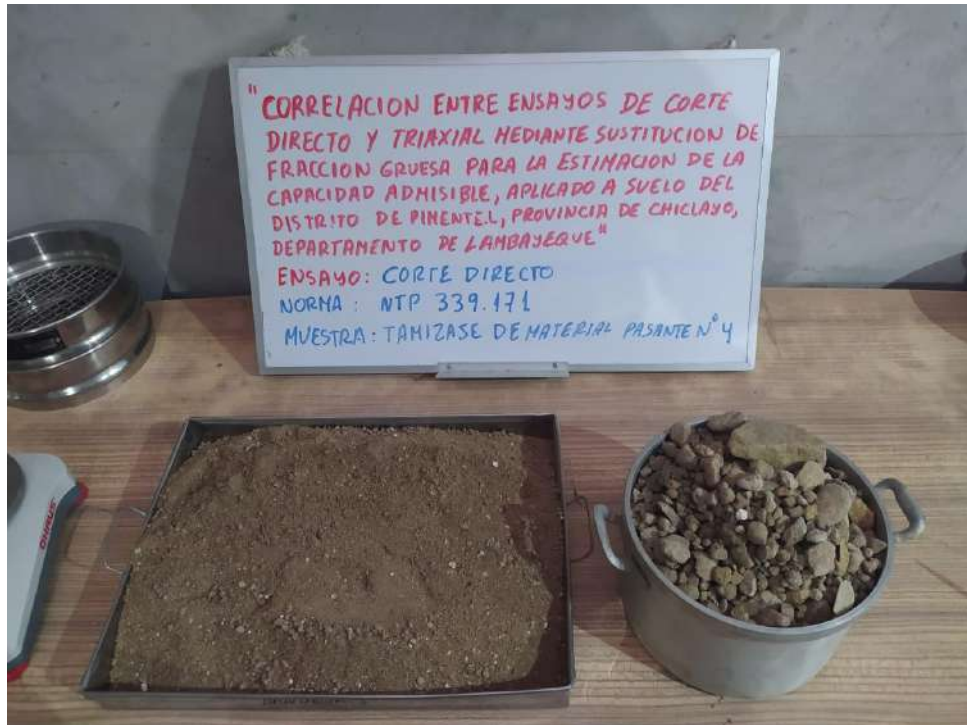
Fotografía 05: Ensayo de granulometría por tamizado de la muestra sin alteración de granulometría. Se visualiza la distribución de partículas, mostrándose visualmente el contenido de grava en la fila superior de tamices.



Fotografía 06: Ensayo de límites de consistencia de la muestra sin alteración de granulometría. Se visualiza la determinación del límite líquido y límite plástico.



Fotografía 07: Tamizado de arena contenida entre la malla 4 y 200. Este material fue utilizado como aporte granular. A la izquierda se muestra el material pasante la malla 200.



Fotografía 08: Tamizado de material pasante la malla 4 en estado húmedo para compactación a la densidad natural sin aporte granular y con aporte granular, para el posterior ensayo de corte directo. A la izquierda se visualiza la grava retenida en la malla 4.



Fotografía 09: Grava seca al horno. Posteriormente se determinó el peso específico y absorción de la grava.



Fotografía 10: Material pasante malla N°4 y material de aporte granular seco al horno.



Fotografía 11: Material pasante malla N°4 y material de aporte granular seco al 3.67% de humedad.



Fotografía 12: Muestras para ejecución de ensayos de corte directo. Material pasante la malla N°4 con porcentajes de aporte granular del 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%



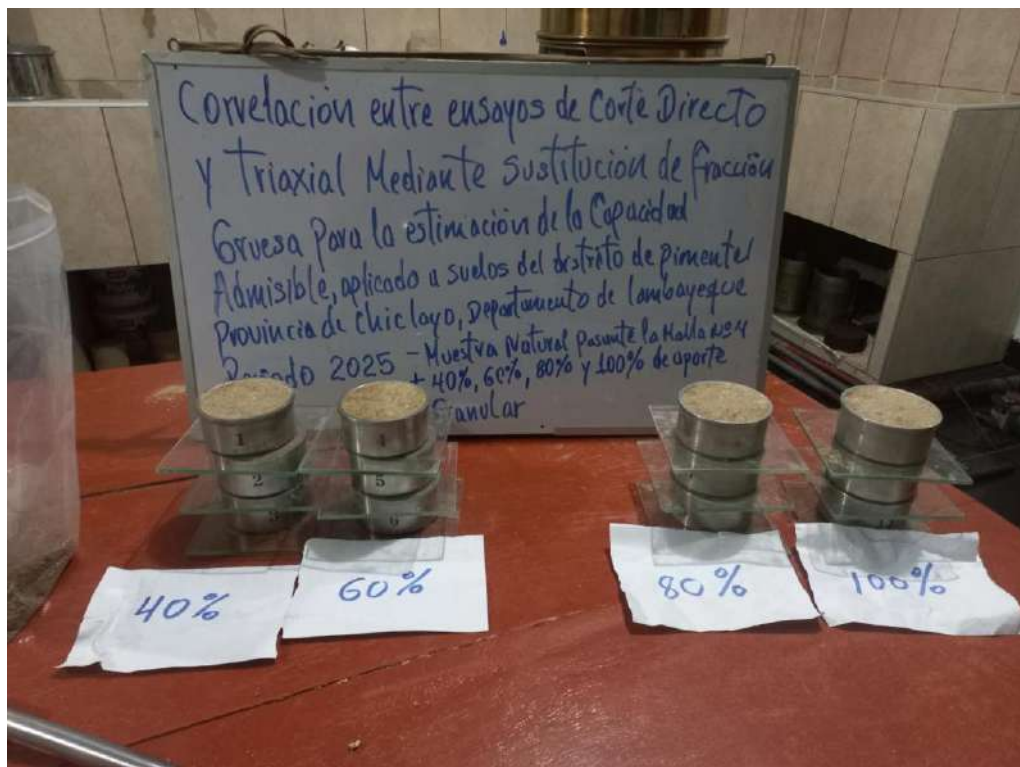
Fotografía 13: Muestras para ejecución de ensayos de corte directo. Material pasante la malla N°4 con porcentajes de aporte granular del 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%



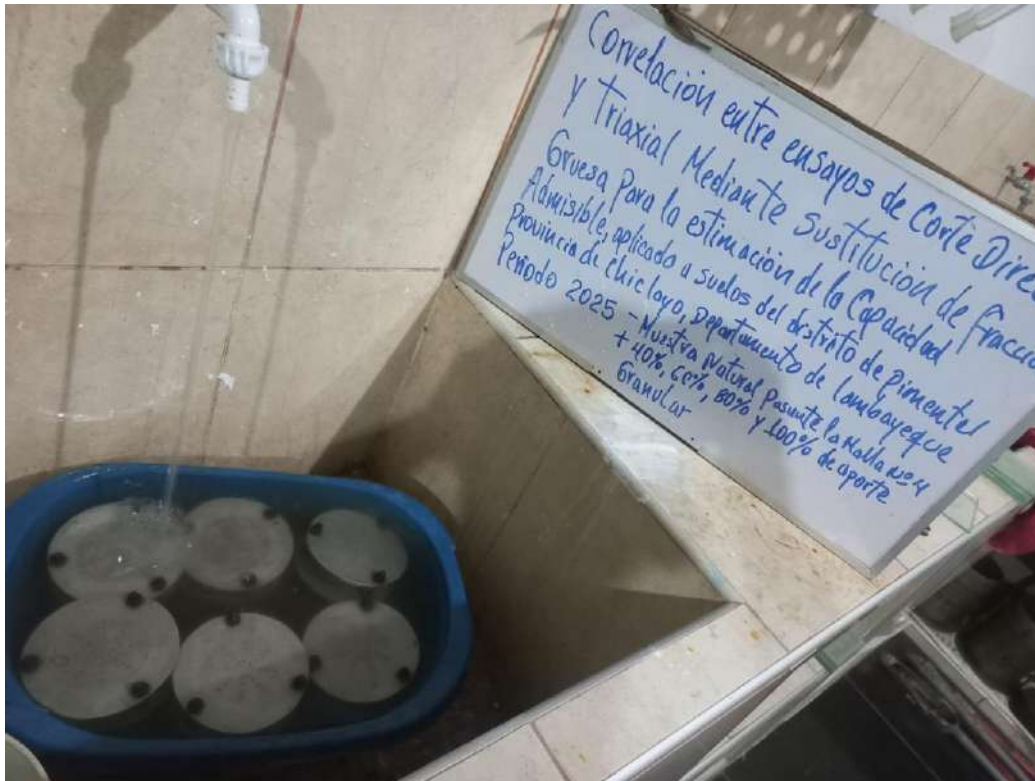
Fotografía 14: Muestra material pasante malla N°4 + 0% de aporte granular. Remoldeado y compactación de muestra para ejecución de ensayo de corte directo.



Fotografía 15: Muestra material pasante malla N°4 + 20% de aporte granular. Remoldeado y compactación de muestra para ejecución de ensayo de corte directo.



Fotografía 16: Preparación de especímenes al 40%, 60%, 80% y 100% de sustitución de fracción gruesa por arena.



Fotografía 17: Saturación de especímenes previo a aplicación de esfuerzo normal y tangencial en el ensayo de corte directo.



Fotografía 18: Especímenes en moldes previo a ejecución de ensayo de corte directo.



Fotografía 19: Muestran ensayadas bajo carga normal y tangencial al 0% y 20% de porcentaje de sustitución de fracción gruesa por arena.



Fotografía 20: Muestran ensayadas bajo carga normal y tangencial al 40%, 60%, 80% y 100% de porcentaje de sustitución de fracción gruesa por arena.

10.2 Ensayos de laboratorio

- Ensayo de Humedad natural de muestra sin alteración de granulometría.
- Ensayo de Densidad natural de muestra inalterada.
- Ensayo de Granulometría de muestra sin alteración de granulometría.
- Ensayo de Límites de consistencia de muestra sin alteración de granulometría.
- Ensayo de Peso específico de muestra sin alteración de granulometría.
- Ensayo de Humedad de material pasante la malla N°4
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 0% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 20% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 40% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 60% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 80% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo de Corte directo de material pasante la malla N°4 al 100% de sustitución de grava por arena.
- Ensayo Triaxial Consolidado Drenado


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L

RUC: 20601653380

Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque.

 Correo: informes.cycgmi@gmail.com

Código: CYC-012-2025

Fecha: 08/11/2025

Versión: 01

HUMEDAD NATURAL

(NORMA NTP 339.127)

SOLICITANTE	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO	: TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"
UBICACIÓN	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)
MUESTRA	: SIN ALTERACION DE GRANULOMETRIA
FECHA	: 24/10/2025

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	UND	MSA			
PROFUNDIDAD	(m)	0.80 - 3.00			
Nº TARRO		3			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	8290.00			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	8020.00			
PESO DE AGUA	(g)	270.00			
PESO DEL TARRO	(g)	670.00			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7350.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	3.67			

Observaciones :

 Consultoría y Construcción	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L RUC: 20601653380 Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque. Correo: informes.cycgmi@gmail.com Celular: 998900958	Código: CYC-012-2025 Fecha: 08/11/2025 Versión: 01
---	---	---

DENSIDAD NATURAL POR EL METODO DEL CILINDRO HINCADO

(NORMA NTP 339.257/ ASTM D 2937)

SOLICITANTE	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO	: TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"
UBICACIÓN	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)
MUESTRA	: SIN ALTERACION DE GRANULOMETRIA
FECHA	: 24/10/2025

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: MSA
UBICACIÓN	: Extraída de pared de calicata con cilindro metálico
PROFUNDIDAD	: 0.80 - 3.00

PESO UNITARIO DEL SUELO

A	Peso del molde (gr)	1020.0				
B	Peso del molde + Muestra húmeda (gr)	2290.0				
C	Peso de la muestra húmeda = A-B (gr)	1270.0				
D	Volumen del cilindro (cm3)	785.4				
E	Peso unitario húmedo = C/D (gr/cm3)	1.62				
F	Contenido de humedad (%)	3.67				
G	Peso unitario seco = E/(1 +- F) (gr/cm3)	1.56				

Observaciones:

 CYC GMI Consultoría y Construcción	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L. RUC: 20601653380 Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque. Correo: informes.cycgmi@gmail.com	Código: CYC-011-2025 Fecha: 08/11/2025 Versión: 01
---	---	---

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS

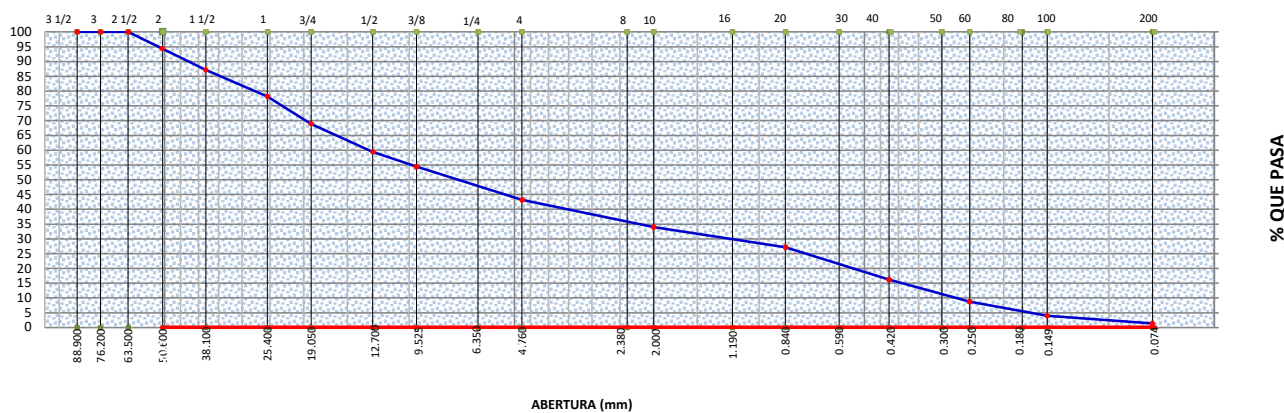
SOLICITANTE :	TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715		
PROYECTO :	TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"		
UBICACIÓN :	CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)		
MUESTRA :	SIN ALTERACION DE GRANULOMETRIA		
FECHA :	25/10/2025		
MUESTRA :	MSA	Tamaño máximo :	2 1/2"
UBICACIÓN :	Extraída de pared de calicata	P. Inicial (g.):	7,352.32
PROFUNDIDAD :	0.80 - 3.00 mts	Fracc. de finos (g.):	3,173.69

Tamices	Abertura	Peso Retenido (gr)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones Técnica Gradación	Datos de la Muestra	
ASTM	en mm.							
3 1/2"	88.900						OBSERVACIONES	
3"	76.200							
2 1/2"	63.500				100.0			
2"	50.800	414.28	5.6	5.6	94.4			
1 1/2"	38.100	526.46	7.2	12.8	87.2			
1"	25.400	665.06	9.0	21.8	78.2		Método de Compact. C	
3/4"	19.050	680.14	9.3	31.1	68.9			
1/2"	12.700	695.08	9.5	40.5	59.5			
3/8"	9.525	365.46	5.0	45.5	54.5		Humedad Natural	
1/4"	6.350						Sh + Tara	8290.00
4	4.750	832.15	11.3	56.8	43.2		Ss + Tara	8020.00
8	2.360						Tara	670.00
10	2.000	677.32	9.2	66.0	34.0		Peso Agua	270.00
16	1.180						Peso Suelo Seco	7350.00
20	0.840	498.84	6.8	72.8	27.2		Humedad(%)	3.67
30	0.600						Descripción (SUCS) :	
40	0.425	801.94	10.9	83.7	16.3			
50	0.300							
60	0.250	552.12	7.5	91.2	8.8			
80	0.177							
100	0.150	351.93	4.8	96.0	4.0		Bolonería > 3" :	-
200	0.075	187.62	2.6	98.6	1.4		Grava 3" - Nº 4 :	56.8
pasa		103.92	1.4	100.0			Arena Nº4 - Nº 200 :	41.8
							Finos < Nº 200 :	1.4

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA

Límite líquido (%)	39.28	Máx. Dens. Seca (gr./cc)		Abrasión (%)	-
Límite Plástico (%)	31.50	Humedad óptima (%)		Durabilidad Grava	-
Índice plástico (%)	7.78	CBR.: al 100%		Durabilidad Arena	-
Clasificación:	SUCS.	GP	CBR.: al 95%	Sales	-
	AASHTO	A-2-4 (0)	Expansión (%)	Peso Específico (g./cc.)	-
Cu	47.7	Cc	0.7	% de Absorción (%)	-

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

 CYC GMI Consultoría y Construcción	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L. RUC: 20601653380 Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque. Correo: informes.cycgmi@gmail.com	Código: CYC-011-2025 Fecha: 08/11/2025 Versión: 01
---	---	---

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40

(NORMA MTC E-110, E111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

SOLICITANTE	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO	: TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"
UBICACIÓN	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)
CALICATA	: SIN ALTERACION DE GRANULOMETRIA
FECHA	: 25/10/2025

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: MSA	TAMAÑO MAXIMO : N° 40
UBICACIÓN	: Extraída de pared de calicata	
PROFUNDIDAD	: 0.80 - 3.00	mts.

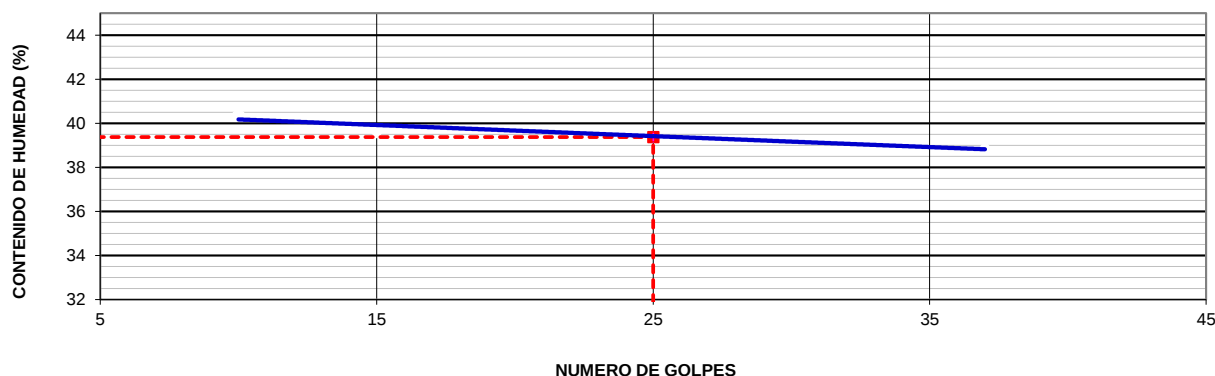
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		14	10	15	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		34.42	32.00	31.27	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		30.29	28.50	28.00	
PESO DE AGUA (g)		4.13	3.50	3.27	
PESO DEL TARRO		20.08	19.66	19.59	
PESO DEL SUELO SECO (g)		10.2	8.8	8.4	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		40.5	39.6	38.9	
NUMERO DE GOLPES		10	15	37	

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		12	9		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		23.38	22.73		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		22.76	22.10		
PESO DE AGUA (g)		0.62	0.63		
PESO DEL TARRO		20.82	20.07		
PESO DEL SUELO SECO (g)		1.94	2.03		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		32.0	31.0		31.50

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	39.28
LIMITE PLASTICO	31.50
INDICE DE PLASTICIDAD	7.78

Observaciones :

 Consultoría y Construcción	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L RUC: 20601653380 Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque. Correo: informes.cycgmi@gmail.com Celular: 998900958	Código: CYC-012-2025 Fecha: 08/11/2025 Versión: 01
---	---	---

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

(NORMA MTC E-205, E-206/ AASHTO T-84, T-85/ ASTM C127, C128/ NTP 400.021, 400.022)

SOLICITANTE	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO	: TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"
UBICACIÓN	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)
MUESTRA	: SIN ALTERACION DE GRANULOMETRIA
FECHA	: 25/10/2025

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: MSA
UBICACIÓN	: Extraída de pared de calicata
PROFUNDIDAD	: 0.80 - 3.00

AGREGADO FINO

A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0			
B	Peso Frasco + agua	695.9			
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1195.9			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	913.8			
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	282.1			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	481.2			
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	263.3			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	1.706			1.706
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	1.773			1.773
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	1.828			1.828
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	3.907			3.91

AGREGADO GRUESO

A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	3800			
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	2345			
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	1455			
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	3725			
E	Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	1380			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.560			2.560
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.612			2.612
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.699			2.699
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	2.013			2.01

Peso específico aparente del Suelo < N°4	1.828	gr/cm3
Peso específico aparente del Suelo > N°4	2.699	gr/cm3
% de Suelo < N°4	43.17	%
% de Suelo > N°4	56.83	%
Peso Especifico del Suelo	2.323	gr/cm3

Observaciones:


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES MENDOZA INGENIEROS E.I.R.L

RUC: 20601653380

Mz. J, Lote 18, Urb. Santa Margarita II Etapa, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque.

 Correo: informes.cycgmi@gmail.com

Código: CYC-012-2025

Fecha: 08/11/2025

Versión: 01

HUMEDAD NATURAL

(NORMA NTP 339.127)

SOLICITANTE	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO	: TESIS: "CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"
UBICACIÓN	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37; N:9245567.78)
MUESTRA	: MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4
FECHA	: 08/12/2025

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA	UND	MAPN°4			
PROFUNDIDAD	(m)	0.80 - 3.00			
Nº TARRO		3			
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	80.41			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	77.83			
PESO DE AGUA	(g)	2.58			
PESO DEL TARRO	(g)	49.86			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	28.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	9.22			

Observaciones :

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

(E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 09/12/2025

MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 0% DE APORTE DE ARENA

Número de anillo	:	8	Número de anillo	:	9	Número de anillo	:	7
Peso de anillo [gr]	:	134.71	Peso de anillo [gr]	:	133.70	Peso de anillo [gr]	:	135.21
Peso anillo+suelo natural [gr]	:	336.29	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	338.19	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	338.20
Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	375.72	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	376.98	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	377.88
Peso suelo seco [gr]	:	198.11	Peso suelo seco [gr]	:	201.01	Peso suelo seco [gr]	:	199.45
Humedad natural [%]	:	1.75	Humedad natural [%]	:	1.73	Humedad natural [%]	:	1.77
Humedad saturada [%]	:	21.65	Humedad saturada [%]	:	21.03	Humedad saturada [%]	:	21.67
Área de anillo [cm²]	:	38.265	Área de anillo [cm²]	:	38.265	Área de anillo [cm²]	:	38.265
Volumen de anillo [cm³]	:	130.265	Volumen de anillo [cm³]	:	130.2650	Volumen de anillo [cm³]	:	130.2650
Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.547	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.570	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.558
Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.850	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.868	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.863
Densidad seca [gr/cm³]	:	1.521	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.543	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.531
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	0.5	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.0	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.5

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.28	0.720	5.20	10.672	0.279	0.558	15"	9.30	0.700	7.60	14.153	0.370	0.370
30"	8.25	1.750	5.80	11.542	0.302	0.603	30"	8.26	1.740	8.40	15.313	0.400	0.400
45"	7.30	2.700	6.70	12.848	0.336	0.672	45"	7.24	2.760	9.30	16.617	0.434	0.434
01'00"	6.28	3.720	7.30	13.718	0.359	0.717	01'00"	6.28	3.720	9.80	17.341	0.453	0.453
15"	5.30	4.700	8.10	14.878	0.389	0.778	15"	5.30	4.700	10.30	18.065	0.472	0.472
30"	4.28	5.720	8.10	14.878	0.389	0.778	30"	4.28	5.720	10.70	18.644	0.487	0.487
45"	3.27	6.730	8.10	14.878	0.389	0.778	45"	3.27	6.730	10.70	18.644	0.487	0.487
02'00"	2.28	7.720	8.00	14.733	0.385	0.770	02'00"	2.30	7.700	10.70	18.644	0.487	0.487
15"	1.50	8.500	8.00	14.733	0.385	0.770	15"	1.50	8.500	10.60	18.500	0.483	0.483
30"	1.00	9.000	8.00	14.733	0.385	0.770	30"	1.00	9.000	10.60	18.500	0.483	0.483
45"	0.50	9.500	8.00	14.733	0.385	0.770	45"	0.50	9.500	10.60	18.500	0.483	0.483
03'00"	0.00	10.00	8.00	14.733	0.385	0.770	03'00"	0.00	10.00	10.60	18.500	0.483	0.483

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

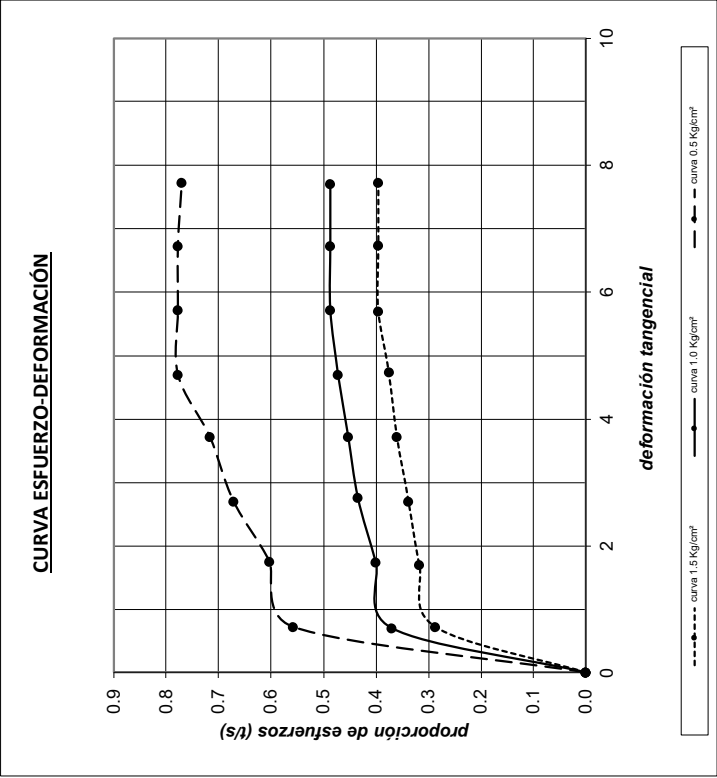
UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 09/12/2025

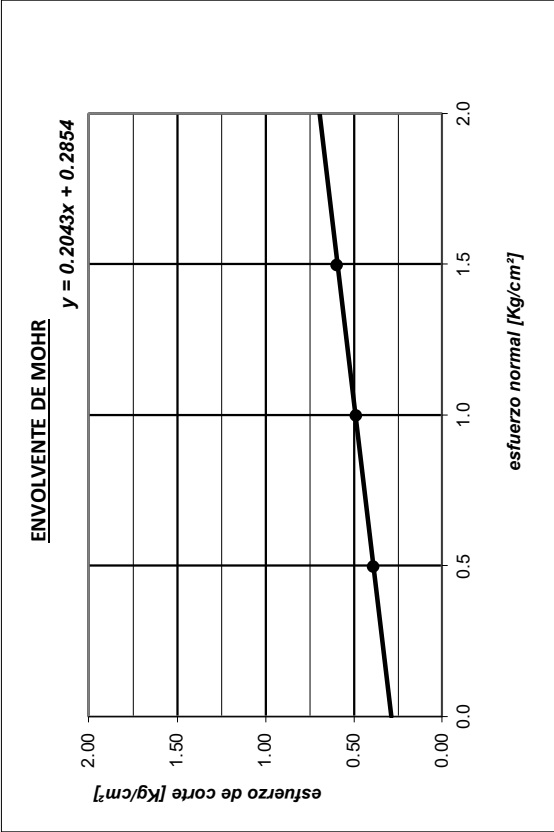
MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 0% DE APORTE DE ARENA

Cohesión del suelo : 0.29 Kg/cm²

Ángulo de fricción interna: 11.55 °



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Humedad saturada [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ	Peso volum. Nat [gr/cm³]	Peso volum. Sat [gr/cm³]
1	1.521	0.5	1.75	21.65	0.389	0.778	1.547	1.850
2	1.543	1.0	1.73	21.03	0.487	0.487	1.570	1.868
3	1.531	1.5	1.77	21.67	0.593	0.395	1.558	1.863



ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

(E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 09/12/2025

MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 20% DE APORTE DE ARENA

		11				10				12
Número de anillo	:		Número de anillo	:						
Peso de anillo [gr]	:	134.43	Peso de anillo [gr]	:		131.31				134.63
Peso anillo+suelo natural [gr]	:	335.47	Peso anillo+suelo natural [gr]	:		335.80				337.87
Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	375.98	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:		374.83				376.91
Peso suelo seco [gr]	:	197.95	Peso suelo seco [gr]	:		201.21				200.11
Humedad natural [%]	:	1.56	Humedad natural [%]	:		1.63				1.56
Humedad saturada [%]	:	22.03	Humedad saturada [%]	:		21.03				21.07
Área de anillo [cm²]	:	38.3747	Área de anillo [cm²]	:		38.3747				38.265
Volumen de anillo [cm³]	:	130.4741	Volumen de anillo [cm³]	:		130.8578				130.1010
Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.541	Densidad húmeda [gr/cm³]	:		1.563				1.562
Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.851	Densidad saturada [gr/cm³]	:		1.861				1.862
Densidad seca [gr/cm³]	:	1.517	Densidad seca [gr/cm³]	:		1.538				1.538
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	0.5	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:		1.0				1.5

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.25	0.750	5.80	11.542	0.301	0.602	15"	9.25	0.750	9.80	17.341	0.453	0.302
30"	8.23	1.770	6.50	12.558	0.327	0.654	30"	8.24	1.760	10.50	18.355	0.480	0.320
45"	7.24	2.760	7.30	13.718	0.357	0.715	45"	7.26	2.740	11.60	19.947	0.521	0.348
01'00"	6.24	3.760	7.80	14.443	0.376	0.753	01'00"	6.24	3.760	12.30	20.960	0.548	0.365
15"	5.23	4.770	8.20	15.023	0.391	0.783	15"	5.23	4.770	12.80	21.683	0.567	0.378
30"	4.24	5.760	8.50	15.458	0.403	0.806	30"	4.25	5.750	13.30	22.406	0.586	0.390
45"	3.25	6.750	8.50	15.458	0.403	0.806	45"	3.26	6.740	13.80	23.129	0.604	0.403
02'00"	2.26	7.740	8.50	15.458	0.403	0.806	02'00"	2.25	7.750	13.80	23.129	0.604	0.403
15"	1.50	8.500	8.50	15.458	0.403	0.806	15"	1.50	8.500	13.80	23.129	0.604	0.403
30"	1.00	9.000	8.40	15.313	0.399	0.798	30"	1.00	9.000	13.80	23.129	0.604	0.403
45"	0.50	9.500	8.40	15.313	0.399	0.798	45"	0.50	9.500	13.70	22.984	0.601	0.400
03'00"	0.00	10.00	8.40	15.313	0.399	0.798	03'00"	0.00	10.00	13.70	22.984	0.601	0.400

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO:
TESISTA:
ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS
DNI: 46620715

PROYECTO :
CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN:
CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA
09/12/2025

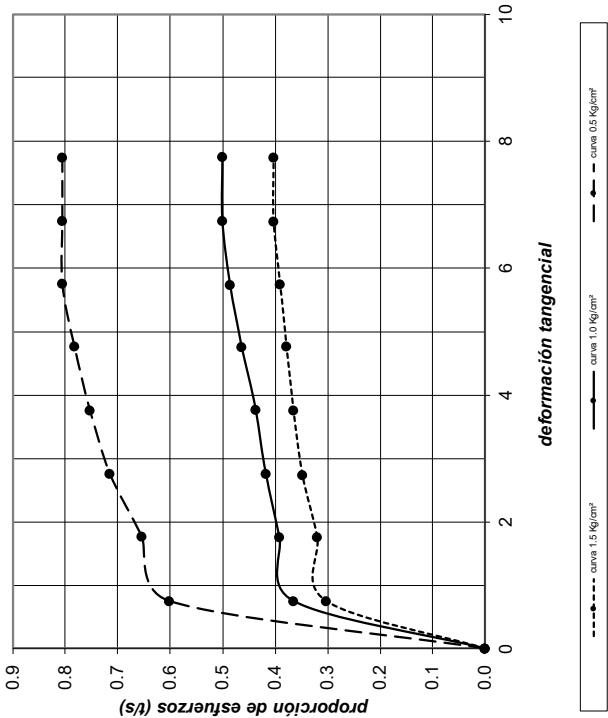
MUESTRA:
MATERIAL < N°4 + 20% DE APORTE DE ARENA

Cohesión del suelo :
0.30
Kg/cm²

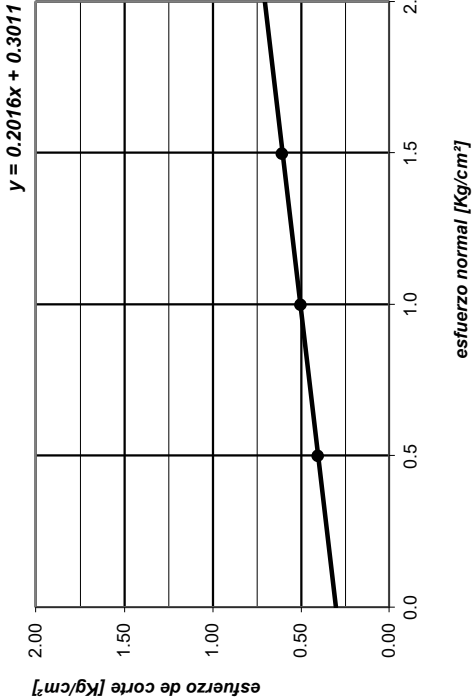
Ángulo de fricción interna:
11.40
°

N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Humedad saturada [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ	Peso volum. Nat [gr/cm³]	Peso volum. Sat [gr/cm³]
1	1.517	0.5	1.56	22.03	0.403	0.806	1.541	1.851
2	1.538	1.0	1.63	21.03	0.501	0.501	1.563	1.861
3	1.538	1.5	1.56	21.07	0.604	0.403	1.562	1.862

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



ENVOLVENTE DE MOHR



ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIDISTRITO PIMENTEL PROVINCIA CHICLAYO REGION LAMBAYEQUE

FECHA 10/12/2025

MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 40% DE APORTE DE ARENA

	1		3		2
Número de anillo	:	Número de anillo	:	Número de anillo	:
Peso de anillo [gr]	132.16	Peso de anillo [gr]	132.12	Peso de anillo [gr]	133.67
Peso anillo+suelo natural [gr]	334.41	Peso anillo+suelo natural [gr]	334.66	Peso anillo+suelo natural [gr]	334.86
Peso anillo+suelo saturado [gr]	375.56	Peso anillo+suelo saturado [gr]	376.1	Peso anillo+suelo saturado [gr]	375.23
Peso suelo seco [gr]	199.23	Peso suelo seco [gr]	199.42	Peso suelo seco [gr]	198.14
Humedad natural [%]	1.52	Humedad natural [%]	1.56	Humedad natural [%]	1.54
Humedad saturada [%]	22.17	Humedad saturada [%]	22.34	Humedad saturada [%]	21.91
Área de anillo [cm²]	38.265	Área de anillo [cm²]	38.3747	Área de anillo [cm²]	38.3747
Volumen de anillo [cm³]	130.265	Volumen de anillo [cm³]	130.8578	Volumen de anillo [cm³]	130.8578
Densidad húmeda [gr/cm³]	1.553	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.548	Densidad húmeda [gr/cm³]	1.537
Densidad saturada [gr/cm³]	1.868	Densidad saturada [gr/cm³]	1.864	Densidad saturada [gr/cm³]	1.846
Densidad seca [gr/cm³]	1.529	Densidad seca [gr/cm³]	1.524	Densidad seca [gr/cm³]	1.514
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	0.5	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.0	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	1.5

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.23	0.770	5.60	11.252	0.294	0.588	15"	9.23	0.770	9.50	16.907	0.441	0.294
30"	8.25	1.750	6.20	12.123	0.317	0.634	30"	8.24	1.760	10.70	18.644	0.486	0.324
45"	7.24	2.760	7.10	13.428	0.351	0.702	45"	7.24	2.760	11.40	19.658	0.512	0.342
01'00"	6.24	3.760	7.70	14.298	0.374	0.747	01'00"	6.24	3.760	12.20	20.815	0.542	0.362
15"	5.23	4.770	8.30	15.168	0.396	0.793	15"	5.24	4.760	13.00	21.972	0.573	0.382
30"	4.23	5.770	8.70	15.748	0.412	0.823	30"	4.25	5.750	13.70	22.984	0.599	0.399
45"	3.25	6.750	8.70	15.748	0.412	0.823	45"	3.23	6.770	14.10	23.563	0.614	0.409
02'00"	2.24	7.760	8.70	15.748	0.412	0.823	02'00"	2.24	7.760	14.10	23.563	0.614	0.409
15"	1.50	8.500	8.60	15.603	0.408	0.816	15"	1.50	8.500	14.10	23.563	0.614	0.409
30"	1.00	9.000	8.60	15.603	0.408	0.816	30"	1.00	9.000	14.10	23.563	0.614	0.409
45"	0.50	9.500	8.60	15.603	0.408	0.816	45"	0.50	9.500	14.00	23.418	0.610	0.407
03'00"	0.00	10.00	8.60	15.603	0.408	0.816	03'00"	0.00	10.00	14.00	23.418	0.610	0.407

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

(E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 10/12/2025

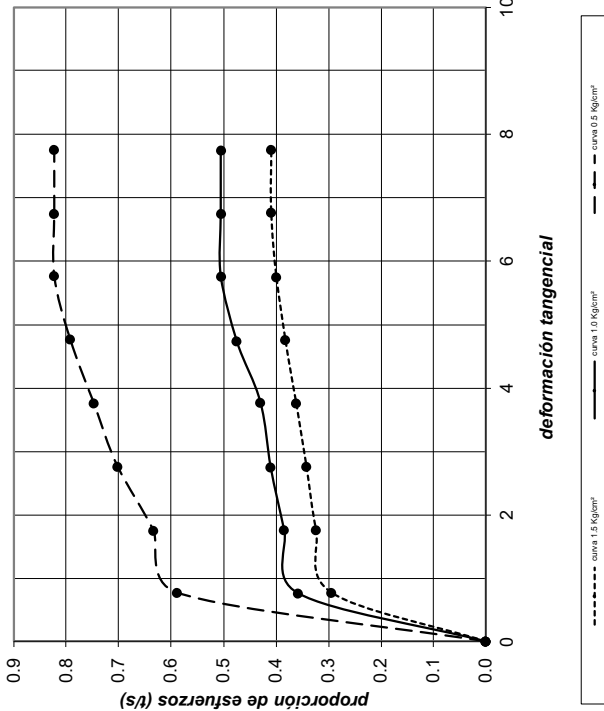
MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 40% DE APORTE DE ARENA

Cohesión del suelo : 0.31 Kg/cm²

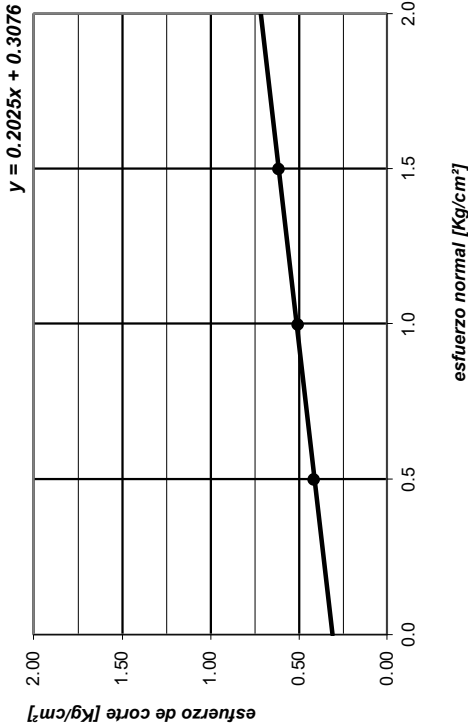
Ángulo de fricción interna: 11.45 °

N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Humedad saturada [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ	Peso volum. Nat [gr/cm³]	Peso volum. Sat [gr/cm³]
1	1.529	0.5	1.52	22.17	0.412	0.823	1.553	1.868
2	1.524	1.0	1.56	22.34	0.505	0.505	1.548	1.864
3	1.514	1.5	1.54	21.91	0.614	0.409	1.537	1.846

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



ENVOLVENTE DE MOHR



ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

(E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 10/12/2025

MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 60% DE APORTE DE ARENA

		6		4		5
Número de anillo	:	Número de anillo	:	Número de anillo	:	Número de anillo
Peso de anillo [gr]	:	133.52	:	Peso de anillo [gr]	:	Peso de anillo [gr]
Peso anillo+suelo natural [gr]	:	334.24	:	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	Peso anillo+suelo natural [gr]
Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	375.13	:	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	Peso anillo+suelo saturado [gr]
Peso suelo seco [gr]	:	197.91	:	Peso suelo seco [gr]	:	Peso suelo seco [gr]
Humedad natural [%]	:	1.42	:	Humedad natural [%]	:	Humedad natural [%]
Humedad saturada [%]	:	22.08	:	Humedad saturada [%]	:	Humedad saturada [%]
Área de anillo [cm²]	:	38.265	:	Área de anillo [cm²]	:	Área de anillo [cm²]
Volumen de anillo [cm³]	:	130.265	:	Volumen de anillo [cm³]	:	Volumen de anillo [cm³]
Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.541	:	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	Densidad húmeda [gr/cm³]
Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.855	:	Densidad saturada [gr/cm³]	:	Densidad saturada [gr/cm³]
Densidad seca [gr/cm³]	:	1.519	:	Densidad seca [gr/cm³]	:	Densidad seca [gr/cm³]
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	0.5	:	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.25	0.750	4.50	9.655	0.252	0.505	15"	9.25	0.750	8.40	15.313	0.399	0.266
30"	8.23	1.770	5.30	10.817	0.283	0.565	30"	8.24	1.760	9.70	17.196	0.448	0.299
45"	7.24	2.760	5.80	11.542	0.302	0.603	45"	7.26	2.740	10.60	18.500	0.482	0.321
01'00"	6.26	3.740	6.30	12.268	0.321	0.641	01'00"	6.24	3.760	11.50	19.802	0.516	0.344
15"	5.23	4.770	7.00	13.283	0.347	0.694	15"	5.23	4.770	12.70	21.538	0.561	0.374
30"	4.23	5.770	7.50	14.008	0.366	0.732	30"	4.25	5.750	13.40	22.551	0.588	0.392
45"	3.23	6.770	7.50	14.008	0.366	0.732	45"	3.25	6.750	14.00	23.418	0.610	0.407
02'00"	2.24	7.760	7.50	14.008	0.366	0.732	02'00"	2.24	7.760	14.00	23.418	0.610	0.407
15"	1.50	8.500	7.50	14.008	0.366	0.732	15"	1.50	8.500	14.00	23.418	0.610	0.407
30"	1.00	9.000	7.50	14.008	0.366	0.732	30"	1.00	9.000	14.00	23.418	0.610	0.407
45"	0.50	9.500	7.40	13.863	0.362	0.725	45"	0.50	9.500	14.00	23.418	0.610	0.407
03'00"	0.00	10.00	7.40	13.863	0.362	0.725	03'00"	0.00	10.00	14.00	23.418	0.610	0.407

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

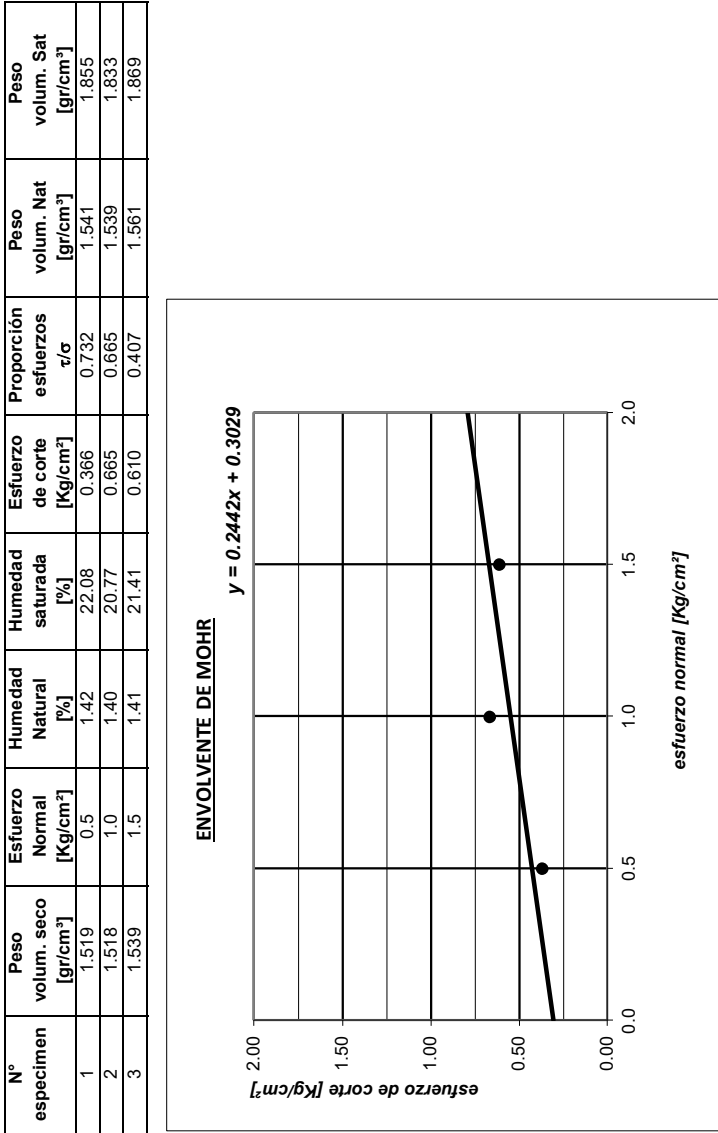
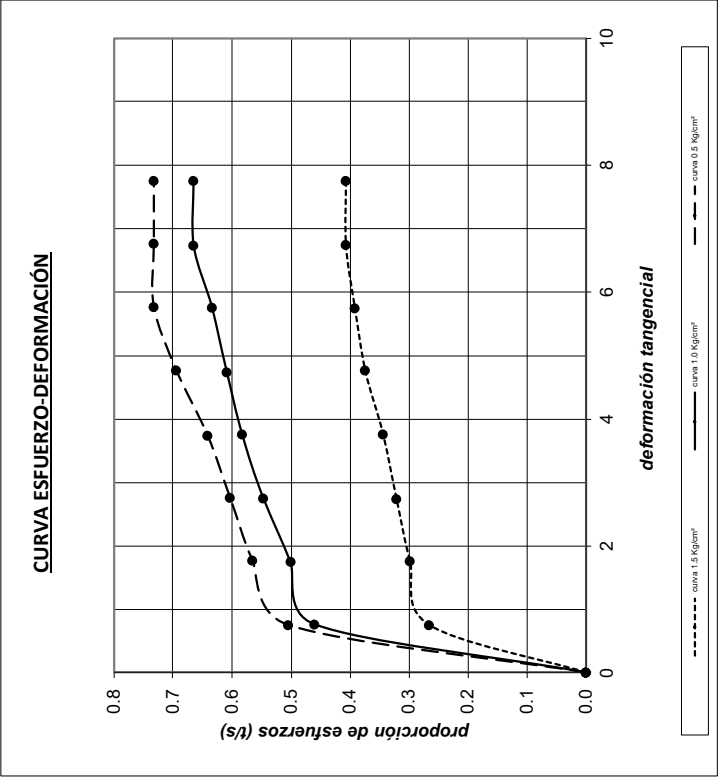
UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

FECHA 10/12/2025

MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 60% DE APORTE DE ARENA

Cohesión del suelo : 0.30 Kg/cm²

Ángulo de fricción interna: 13.72 °



ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 10/12/2025 MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 80% DE APOORTE DE ARENA

Número de anillo	:	9	Número de anillo	:	7	Número de anillo	:	8
Peso de anillo [gr]	:	133.52	Peso de anillo [gr]	:	134.08	Peso de anillo [gr]	:	130.56
Peso anillo+suelo natural [gr]	:	333.95	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	334.18	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	334.47
Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	373.27	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	374.21	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	376.56
Peso suelo seco [gr]	:	197.32	Peso suelo seco [gr]	:	197.11	Peso suelo seco [gr]	:	200.87
Humedad natural [%]	:	1.58	Humedad natural [%]	:	1.52	Humedad natural [%]	:	1.51
Humedad saturada [%]	:	21.50	Humedad saturada [%]	:	21.83	Humedad saturada [%]	:	22.47
Área de anillo [cm²]	:	38.265	Área de anillo [cm²]	:	28.265	Área de anillo [cm²]	:	38.3747
Volumen de anillo [cm³]	:	130.265	Volumen de anillo [cm³]	:	130.2650	Volumen de anillo [cm³]	:	130.8578
Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.539	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.536	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.558
Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.840	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.843	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.880
Densidad seca [gr/cm³]	:	1.515	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.513	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.535
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	0.5	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.0	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.5

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.27	0.730	4.70	9.946	0.260	0.520	15"	9.23	0.770	8.20	15.023	0.391	0.261
30"	8.25	1.750	5.40	10.962	0.286	0.573	30"	8.24	1.760	9.40	16.762	0.437	0.291
45"	7.26	2.740	5.70	11.397	0.298	0.596	45"	7.24	2.760	10.20	17.920	0.467	0.311
01'00"	6.24	3.760	6.50	12.558	0.328	0.656	01'00"	6.24	3.760	11.20	19.368	0.505	0.336
15"	5.25	4.750	7.20	13.573	0.355	0.709	15"	5.26	4.740	12.40	21.105	0.550	0.367
30"	4.23	5.770	7.60	14.153	0.370	0.740	30"	4.25	5.750	13.70	22.984	0.599	0.399
45"	3.24	6.760	7.60	14.153	0.370	0.740	45"	3.24	6.760	14.20	23.707	0.618	0.412
02'00"	2.26	7.740	7.60	14.153	0.370	0.740	02'00"	2.26	7.740	15.10	25.008	0.652	0.434
15"	1.50	8.500	7.60	14.153	0.370	0.740	15"	1.50	8.500	15.10	25.008	0.652	0.434
30"	1.00	9.000	7.50	14.008	0.366	0.732	30"	1.00	9.000	15.10	25.008	0.652	0.434
45"	0.50	9.500	7.50	14.008	0.366	0.732	45"	0.50	9.500	15.00	24.863	0.648	0.432
03'00"	0.00	10.00	7.50	14.008	0.366	0.732	03'00"	0.00	10.00	15.00	24.863	0.648	0.432

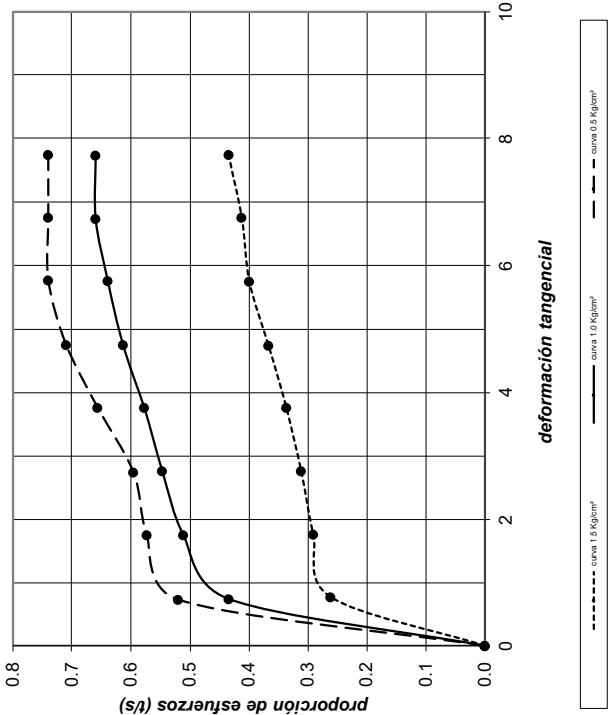
ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715
PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025
UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 10/12/2025 MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 80% DE APORTE DE ARENA
Cohesión del suelo : 0.28 Kg/cm²
Ángulo de fricción interna: 15.74 °

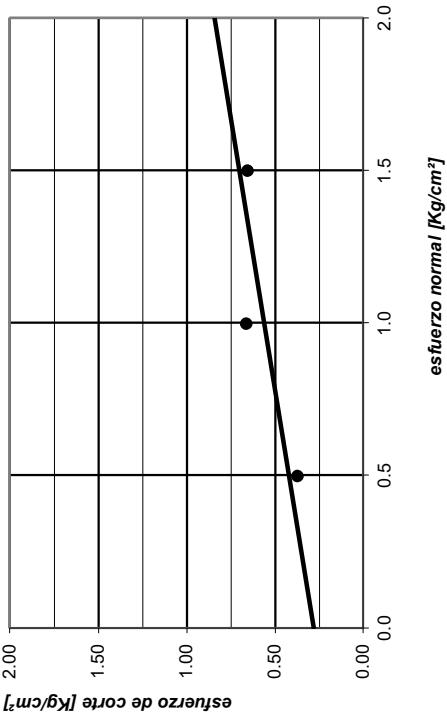
N° espécimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Humedad saturada [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ	Peso volum. Nat [gr/cm³]	Peso volum. Sat [gr/cm³]
1	1.515	0.5	1.58	21.50	0.370	0.740	1.539	1.840
2	1.513	1.0	1.52	21.83	0.660	0.660	1.536	1.843
3	1.535	1.5	1.51	22.47	0.652	0.434	1.558	1.880

CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN



ENVOLVENTE DE MOHR

$y = 0.2818x + 0.2786$



ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO : CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E:620472.37;N:9245567.78)

FECHA 10/12/2025 MUESTRA: MATERIAL < N°4 + 100% DE APORTE DE ARENA

Número de anillo	:	11	Número de anillo	:	12	Número de anillo	:	10
Peso de anillo [gr]	:	134.43	Peso de anillo [gr]	:	134.63	Peso de anillo [gr]	:	131.31
Peso anillo+suelo natural [gr]	:	332.96	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	333.41	Peso anillo+suelo natural [gr]	:	333.81
Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	376.50	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	375.77	Peso anillo+suelo saturado [gr]	:	376.58
Peso suelo seco [gr]	:	195.63	Peso suelo seco [gr]	:	195.83	Peso suelo seco [gr]	:	199.44
Humedad natural [%]	:	1.48	Humedad natural [%]	:	1.51	Humedad natural [%]	:	1.53
Humedad saturada [%]	:	23.74	Humedad saturada [%]	:	23.14	Humedad saturada [%]	:	22.98
Área de anillo [cm²]	:	38.3747	Área de anillo [cm²]	:	28.265	Área de anillo [cm²]	:	38.3747
Volumen de anillo [cm³]	:	130.4741	Volumen de anillo [cm³]	:	130.1010	Volumen de anillo [cm³]	:	130.8578
Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.522	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.528	Densidad húmeda [gr/cm³]	:	1.547
Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.855	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.853	Densidad saturada [gr/cm³]	:	1.874
Densidad seca [gr/cm³]	:	1.499	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.505	Densidad seca [gr/cm³]	:	1.524
Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	0.5	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.0	Esfuerzo aplicado [Kg/cm²]	:	1.5

TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ	TIEMPO	DIAL HORIZ.	DESPL. HORIZ.	DIAL CARGA	FUERZA CORTE	ESF. CORTE	τ/σ
00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	00'00"	10.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000
15"	9.27	0.730	5.50	11.107	0.289	0.579	15"	9.23	0.770	10.40	18.210	0.475	0.316
30"	8.25	1.750	6.20	12.123	0.316	0.632	30"	8.24	1.760	11.60	19.947	0.520	0.347
45"	7.26	2.740	6.70	12.848	0.335	0.670	45"	7.24	2.760	12.50	21.249	0.554	0.369
01'00"	6.24	3.760	7.30	13.718	0.357	0.715	01'00"	6.24	3.760	13.70	22.984	0.599	0.399
15"	5.25	4.750	7.80	14.443	0.376	0.753	15"	5.26	4.740	14.40	23.996	0.625	0.417
30"	4.23	5.770	8.20	15.023	0.391	0.783	30"	4.25	5.750	15.60	25.730	0.670	0.447
45"	3.24	6.760	8.20	15.023	0.391	0.783	45"	3.24	6.760	16.20	26.597	0.693	0.462
02'00"	2.26	7.740	8.20	15.023	0.391	0.783	02'00"	2.26	7.740	16.20	26.597	0.693	0.462
15"	1.50	8.500	8.10	14.878	0.388	0.775	15"	1.50	8.500	16.20	26.597	0.693	0.462
30"	1.00	9.000	8.10	14.878	0.388	0.775	30"	1.00	9.000	16.10	26.452	0.689	0.460
45"	0.50	9.500	8.10	14.878	0.388	0.775	45"	0.50	9.500	16.10	26.452	0.689	0.460
03'00"	0.00	10.00	8.10	14.878	0.388	0.775	03'00"	0.00	10.00	16.10	26.452	0.689	0.460

ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO

SOLICITADO:
 TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715

PROYECTO :
 CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACIONDE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELOS DEL DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, PERIODO 2025

UBICACIÓN:
 CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MORON, DISTRITO DE PIMENTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE

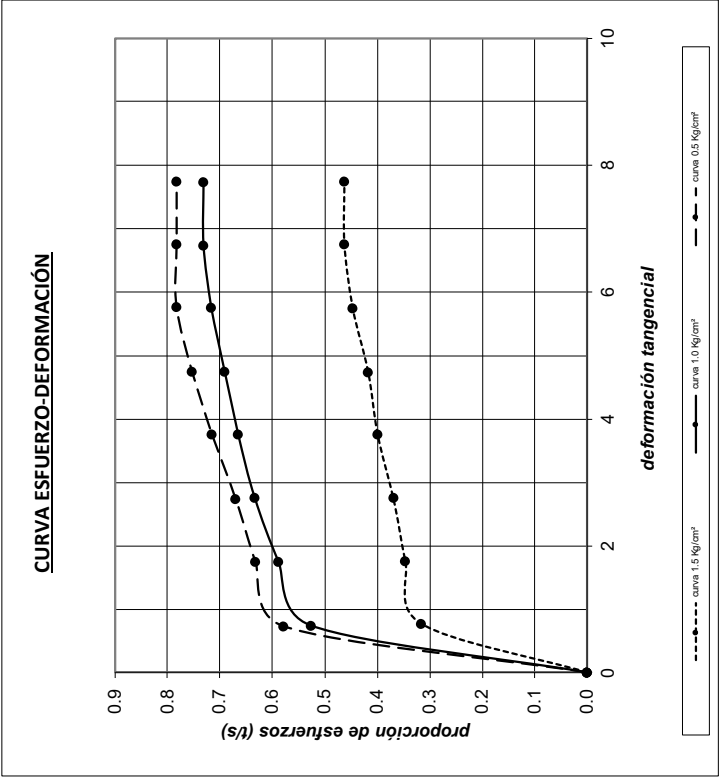
(E:620472.37;N:9245567.78)

MUESTRA:
 MATERIAL < N°4 + 100% DE APORTE DE ARENA

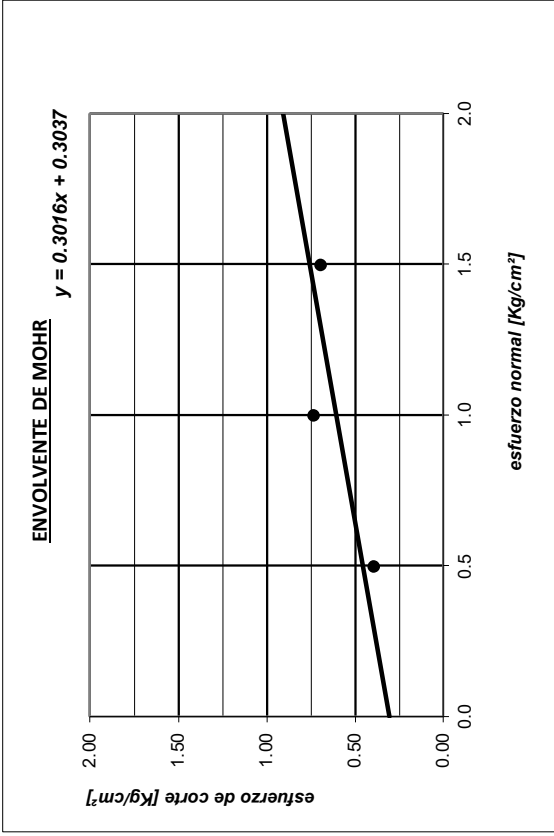
FECHA
 10/12/2025

Cohesión del suelo :
 0.30
 Kg/cm²

Ángulo de fricción interna:
 16.78
 °



N° especimen	Peso volum. seco [gr/cm³]	Esfuerzo Normal [Kg/cm²]	Humedad Natural [%]	Humedad saturada [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm²]	Proporción esfuerzos τ/σ	Peso volum. Nat [gr/cm³]	Peso volum. Sat [gr/cm³]
1	1.499	0.5	1.48	23.74	0.391	0.783	1.522	1.855
2	1.505	1.0	1.51	23.14	0.731	0.731	1.528	1.853
3	1.524	1.5	1.53	22.98	0.693	0.462	1.547	1.874



MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DRENADA CONSOLIDADA PARA SUELOS

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.

Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 20787

Dirección: Jr. Anaximandro Vega N° 865 – Chota – Cajamarca

Cel: 930 866 995 - 939 225 167

RUC: 2060544225 – Email: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

IE-2026-01

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO (*)	"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"		
UBICACIÓN (*)	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MARON, DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E: 620472.37; N: 9245567.78)	REALIZADO POR	: I.C.D
SOLICITANTE (*)	: TESISISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715	APROBADO POR	: G.R.R
CONTACTO (*)	: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS / CEL: 998 900 958	FECHA DE MUESTREO	: 2026-01-06
CALICATA	: C - 01	FECHA DE RECEPCIÓN	: 2026-01-06
CODIGO DE MUESTRA	: M-01	FECHA DE ENSAYO	: 2026-01-06
MATERIAL	: SUELO NATURAL	FECHA DE EMISION	: 2026-01-29
PROF. (m).	: 0.80 - 3.00m	COORDENADAS	: E: 620472.37; N: 9245567.78
ESTRUCTURA (*)	: -		

Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DRENADA CONSOLIDADA PARA SUELOS ASTM D7181-20

ESPECIMEN 01

Descripción visual de la muestra:	GP	GRAVAS POBREMENTE GRADADAS
Estado de la muestra:	Muestra remoldeada	
Velocidad de corte:	0.01	mm/min

CONDICIÓN		Inicial	Final
Altura	mm	200	199.8
Diámetro	mm	100	99.7
Gravedad específica			
Contenido de Humedad	(%)	6	25.6
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.620	1.952
Densidad seca	(gr/cc)	1.528	1.554
Relación de vacíos		0.701	0.673
Grado de Saturación		22.25%	98.88%

Datos de Ensayo		
Parámetro "B"	%	95
Presión de celda (σ_3)	kPa	460
Contrapresión	kPa	360
Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)	kPa	100
Correcciones por saturación y consolidación		
Altura corregida	mm	199.79
Área corregida	mm ²	7837.31

Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm ²)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ'_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)	Volumen (ml)
0.00	0.00	7837.315	0	0.00	100.000	100.000	100.000	100.000	0.000	100.000	0.000	0.00
0.05	56	7841.236	7.142	0.00	107.142	100.000	107.142	103.571	3.571	103.571	3.571	0.94
0.10	82	7845.160	10.452	0.00	110.452	100.000	110.452	105.226	5.226	105.226	5.226	1.69
0.25	108	7856.957	13.746	0.00	113.746	100.000	113.746	106.873	6.873	106.873	6.873	2.63
0.35	205	7864.842	26.065	0.00	126.065	100.000	126.065	113.033	13.033	113.033	13.033	3.45
0.50	336	7876.698	42.657	0.00	142.657	100.000	142.657	121.329	21.329	121.329	21.329	3.95
0.75	554	7896.539	70.157	0.00	170.157	100.000	170.157	135.079	35.079	135.079	35.079	4.36
1.00	654	7916.480	82.612	0.00	182.612	100.000	182.612	141.306	41.306	141.306	41.306	4.60
1.25	700	7936.521	88.200	0.00	188.200	100.000	188.200	144.100	44.100	144.100	44.100	4.83
1.50	774	7956.665	97.277	0.00	197.277	100.000	197.277	148.638	48.638	148.638	48.638	5.03
1.75	814	7976.911	102.045	0.00	202.045	100.000	202.045	151.022	51.022	151.022	51.022	5.33
2.00	854	7997.260	106.787	0.00	206.787	100.000	206.787	153.393	53.393	153.393	53.393	5.51
2.50	892	8038.272	110.969	0.00	210.969	100.000	210.969	155.485	55.485	155.485	55.485	5.61
3.00	924	8079.706	114.361	0.00	214.361	100.000	214.361	157.180	57.180	157.180	57.180	5.59
3.50	956	8121.570	117.711	0.00	217.711	100.000	217.711	158.856	58.856	158.856	58.856	5.57
4.00	988	8163.870	121.021	0.00	221.021	100.000	221.021	160.511	60.511	160.511	60.511	5.55
4.50	1011	8206.613	123.193	0.00	223.193	100.000	223.193	161.597	61.597	161.597	61.597	5.54
5.00	1042	8249.805	126.306	0.00	226.306	100.000	226.306	163.153	63.153	163.153	63.153	5.53
6.00	1088	8337.569	130.494	0.00	230.494	100.000	230.494	165.247	65.247	165.247	65.247	5.51
7.00	1111	8427.220	131.835	0.00	231.835	100.000	231.835	165.917	65.917	165.917	65.917	5.50
8.00	1129	8518.821	132.530	0.00	232.530	100.000	232.530	166.265	66.265	166.265	66.265	5.47
9.00	1147	8612.434	133.180	0.00	233.180	100.000	233.180	166.590	66.590	166.590	66.590	5.44
10.00	1158	8708.128	132.979	0.00	232.979	100.000	232.979	166.490	66.490	166.490	66.490	5.42
11.00	1166	8805.972	132.410	0.00	232.410	100.000	232.410	166.205	66.205	166.205	66.205	5.40
12.00	1171	8906.040	131.484	0.00	231.484	100.000	231.484	165.742	65.742	165.742	65.742	5.37
13.00	1177	9008.408	130.656	0.00	230.656	100.000	230.656	165.328	65.328	165.328	65.328	5.33
14.00	1184	9113.157	129.922	0.00	229.922	100.000	229.922	164.961	64.961	164.961	64.961	5.27
15.00	1195	9220.371	129.604	0.00	229.604	100.000	229.604	164.802	64.802	164.802	64.802	5.25
16.00	1200	9330.137	128.615	0.00	228.615	100.000	228.615	164.308	64.308	164.308	64.308	5.24
17.00	1203	9442.548	127.402	0.00	227.402	100.000	227.402	163.701	63.701	163.701	63.701	5.22
18.00	1211	9557.701	126.704	0.00	226.704	100.000	226.704	163.352	63.352	163.352	63.352	5.21
19.00	1215	9675.697	125.572	0.00	225.572	100.000	225.572	162.786	62.786	162.786	62.786	5.18
20.00	1220	9796.644	124.532	0.00	224.532	100.000	224.532	162.266	62.266	162.266	62.266	5.16

Observaciones:

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE.

(*) Información proporcionada por el solicitante.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL. REG. CIP. N° 207871

 INFORME DE ENSAYO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
IE-2026-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
DATOS DE PROYECTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PROYECTO (*)	"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
UBICACIÓN (*)	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MARON, DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E: 620472.37; N: 9245567.78)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SOLICITANTE (*)	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CONTACTO (*)	: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS / CEL: 998 900 958																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CALICATA	: C - 01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CODIGO DE MUESTRA	: M-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
MATERIAL	: SUELO NATURAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PROF. (m).	: 0.80 - 3.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
ESTRUCTURA (*)	: -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
REALIZADO POR : I.C.D APROBADO POR : G.R.R FECHA DE MUESTREO : 2026-01-06 FECHA DE RECEPCIÓN : 2026-01-06 FECHA DE ENSAYO : 2026-01-06 FECHA DE EMISION : 2026-01-29 COORDENADAS : E: 620472.37; N: 9245567.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DRENADA CONSOLIDADA PARA SUELOS ASTM D7181-20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ESPECIMEN 02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Descripción visual de la muestra:	GP GRAVAS POBREMENTE GRADADAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Estado de la muestra:	Muestra remodelada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Velocidad de corte:	0.01 mm/min																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDICIÓN</th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>mm</td> <td>200</td> <td>199.6</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>mm</td> <td>100</td> <td>99.6</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>(%)</td> <td>6</td> <td>24.8</td> </tr> <tr> <td>Densidad húmeda</td> <td>(gr/cc)</td> <td>1.620</td> <td>1.945</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca</td> <td>(gr/cc)</td> <td>1.528</td> <td>1.558</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos</td> <td>-</td> <td>0.701</td> <td>0.668</td> </tr> <tr> <td>Grado de Saturación</td> <td>-</td> <td>22.25%</td> <td>96.47%</td> </tr> </tbody> </table>		CONDICIÓN		Inicial	Final	Altura	mm	200	199.6	Diámetro	mm	100	99.6	Gravedad específica	-			Contenido de Humedad	(%)	6	24.8	Densidad húmeda	(gr/cc)	1.620	1.945	Densidad seca	(gr/cc)	1.528	1.558	Relación de vacíos	-	0.701	0.668	Grado de Saturación	-	22.25%	96.47%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
CONDICIÓN		Inicial	Final																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Altura	mm	200	199.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Diámetro	mm	100	99.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Gravedad específica	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Contenido de Humedad	(%)	6	24.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.620	1.945																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Densidad seca	(gr/cc)	1.528	1.558																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Relación de vacíos	-	0.701	0.668																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Grado de Saturación	-	22.25%	96.47%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos de Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parámetro "B"</td> <td>%</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>Presión de celda (σ_3)</td> <td>kPa</td> <td>560</td> </tr> <tr> <td>Contrapresión</td> <td>kPa</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)</td> <td>kPa</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Correcciones por saturación y consolidación</td> </tr> <tr> <td>Altura corregida</td> <td>mm</td> <td>199.58</td> </tr> <tr> <td>Área corregida</td> <td>mm²</td> <td>7820.65</td> </tr> </tbody> </table>		Datos de Ensayo			Parámetro "B"	%	98	Presión de celda (σ_3)	kPa	560	Contrapresión	kPa	360	Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)	kPa	200	Correcciones por saturación y consolidación			Altura corregida	mm	199.58	Área corregida	mm ²	7820.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Datos de Ensayo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Parámetro "B"	%	98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Presión de celda (σ_3)	kPa	560																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Contrapresión	kPa	360																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)	kPa	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Correcciones por saturación y consolidación																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Altura corregida	mm	199.58																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Área corregida	mm ²	7820.65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformación Unitaria E (%)</th> <th>Fuerza (Newtons)</th> <th>Área (mm²)</th> <th>Esfuerzo desviador (kPa)</th> <th>Presión de poros (kPa)</th> <th>σ_1 (kPa)</th> <th>σ_3 (kPa)</th> <th>σ'_1 (kPa)</th> <th>p (kPa)</th> <th>q (kPa)</th> <th>p' (kPa)</th> <th>q' (kPa)</th> <th>Volumen (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>0.00</td><td>7820.648</td><td>0</td><td>0.00</td><td>200.000</td><td>200.000</td><td>200.000</td><td>200.000</td><td>0.000</td><td>200.00</td><td>0.000</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>0.05</td><td>54</td><td>7824.561</td><td>8.127</td><td>0.00</td><td>208.127</td><td>200.000</td><td>208.127</td><td>204.063</td><td>4.063</td><td>204.06</td><td>4.063</td><td>2.16</td></tr> <tr><td>0.10</td><td>202</td><td>7828.477</td><td>25.780</td><td>0.00</td><td>225.780</td><td>200.000</td><td>225.780</td><td>212.890</td><td>12.890</td><td>212.89</td><td>12.890</td><td>3.87</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>378</td><td>7840.249</td><td>48.192</td><td>0.00</td><td>248.192</td><td>200.000</td><td>248.192</td><td>224.096</td><td>24.096</td><td>224.10</td><td>24.096</td><td>6.03</td></tr> <tr><td>0.35</td><td>509</td><td>7848.117</td><td>64.818</td><td>0.00</td><td>264.818</td><td>200.000</td><td>264.818</td><td>232.409</td><td>32.409</td><td>232.41</td><td>32.409</td><td>7.90</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>687</td><td>7859.948</td><td>87.349</td><td>0.00</td><td>287.349</td><td>200.000</td><td>287.349</td><td>243.675</td><td>43.675</td><td>243.67</td><td>43.675</td><td>9.04</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>849</td><td>7879.746</td><td>107.713</td><td>0.00</td><td>307.713</td><td>200.000</td><td>307.713</td><td>253.857</td><td>53.857</td><td>253.86</td><td>53.857</td><td>9.99</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>1134</td><td>7899.645</td><td>143.606</td><td>0.00</td><td>343.606</td><td>200.000</td><td>343.606</td><td>271.803</td><td>71.803</td><td>271.80</td><td>71.803</td><td>10.53</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>1432</td><td>7919.644</td><td>180.829</td><td>0.00</td><td>380.829</td><td>200.000</td><td>380.829</td><td>290.414</td><td>90.414</td><td>290.41</td><td>90.414</td><td>11.06</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>1608</td><td>7939.744</td><td>202.540</td><td>0.00</td><td>402.540</td><td>200.000</td><td>402.540</td><td>301.270</td><td>101.270</td><td>301.27</td><td>101.270</td><td>11.52</td></tr> <tr><td>1.75</td><td>1770</td><td>7959.947</td><td>222.402</td><td>0.00</td><td>422.402</td><td>200.000</td><td>422.402</td><td>311.201</td><td>111.201</td><td>311.20</td><td>111.201</td><td>12.20</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>1903</td><td>7980.253</td><td>238.465</td><td>0.00</td><td>438.465</td><td>200.000</td><td>438.465</td><td>319.233</td><td>119.233</td><td>319.23</td><td>119.233</td><td>12.61</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>2001</td><td>8021.178</td><td>249.427</td><td>0.00</td><td>449.427</td><td>200.000</td><td>449.427</td><td>324.713</td><td>124.713</td><td>324.71</td><td>124.713</td><td>12.85</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>2061</td><td>8062.524</td><td>255.577</td><td>0.00</td><td>455.577</td><td>200.000</td><td>455.577</td><td>327.789</td><td>127.789</td><td>327.79</td><td>127.789</td><td>12.80</td></tr> <tr><td>3.50</td><td>2096</td><td>8104.299</td><td>258.581</td><td>0.00</td><td>458.581</td><td>200.000</td><td>458.581</td><td>329.291</td><td>129.291</td><td>329.29</td><td>129.291</td><td>12.76</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>2132</td><td>8146.509</td><td>261.766</td><td>0.00</td><td>461.766</td><td>200.000</td><td>461.766</td><td>330.883</td><td>130.883</td><td>330.88</td><td>130.883</td><td>12.71</td></tr> <tr><td>4.50</td><td>2165</td><td>8189.161</td><td>264.342</td><td>0.00</td><td>464.342</td><td>200.000</td><td>464.342</td><td>332.171</td><td>132.171</td><td>332.17</td><td>132.171</td><td>12.68</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>2195</td><td>8232.261</td><td>266.652</td><td>0.00</td><td>466.652</td><td>200.000</td><td>466.652</td><td>333.326</td><td>133.326</td><td>333.33</td><td>133.326</td><td>12.67</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>2229</td><td>8319.839</td><td>267.943</td><td>0.00</td><td>467.943</td><td>200.000</td><td>467.943</td><td>333.972</td><td>133.972</td><td>333.97</td><td>133.972</td><td>12.63</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>2259</td><td>8409.299</td><td>268.600</td><td>0.00</td><td>468.600</td><td>200.000</td><td>468.600</td><td>334.300</td><td>134.300</td><td>334.30</td><td>134.300</td><td>12.59</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>2287</td><td>8500.705</td><td>269.072</td><td>0.00</td><td>469.072</td><td>200.000</td><td>469.072</td><td>334.536</td><td>134.536</td><td>334.54</td><td>134.536</td><td>12.52</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>2307</td><td>8594.119</td><td>268.399</td><td>0.00</td><td>468.399</td><td>200.000</td><td>468.399</td><td>334.200</td><td>134.200</td><td>334.20</td><td>134.200</td><td>12.47</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>2330</td><td>8689.609</td><td>268.101</td><td>0.00</td><td>468.101</td><td>200.000</td><td>468.101</td><td>334.051</td><td>134.051</td><td>334.05</td><td>134.051</td><td>12.42</td></tr> <tr><td>11.00</td><td>2360</td><td>8787.245</td><td>268.583</td><td>0.00</td><td>468.583</td><td>200.000</td><td>468.583</td><td>334.292</td><td>134.292</td><td>334.29</td><td>134.292</td><td>12.37</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>2385</td><td>8887.100</td><td>268.365</td><td>0.00</td><td>468.365</td><td>200.000</td><td>468.365</td><td>334.183</td><td>134.183</td><td>334.18</td><td>134.183</td><td>12.29</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>2401</td><td>8989.251</td><td>267.058</td><td>0.00</td><td>467.058</td><td>200.000</td><td>467.058</td><td>333.529</td><td>133.529</td><td>333.53</td><td>133.529</td><td>12.20</td></tr> <tr><td>14.00</td><td>2409</td><td>9093.777</td><td>264.901</td><td>0.00</td><td>464.901</td><td>200.000</td><td>464.901</td><td>332.450</td><td>132.450</td><td>332.45</td><td>132.450</td><td>12.06</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>2426</td><td>9200.763</td><td>263.723</td><td>0.00</td><td>463.723</td><td>200.000</td><td>463.723</td><td>331.862</td><td>131.862</td><td>331.86</td><td>131.862</td><td>12.02</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>2434</td><td>9310.296</td><td>261.413</td><td>0.00</td><td>461.413</td><td>200.000</td><td>461.413</td><td>330.706</td><td>130.706</td><td>330.71</td><td>130.706</td><td>11.99</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>2444</td><td>9422.468</td><td>259.376</td><td>0.00</td><td>459.376</td><td>200.000</td><td>459.376</td><td>329.688</td><td>129.688</td><td>329.69</td><td>129.688</td><td>11.95</td></tr> <tr><td>18.00</td><td>2452</td><td>9537.376</td><td>257.121</td><td>0.00</td><td>457.121</td><td>200.000</td><td>457.121</td><td>328.561</td><td>128.561</td><td>328.56</td><td>128.561</td><td>11.92</td></tr> <tr><td>19.00</td><td>2467</td><td>9655.121</td><td>255.513</td><td>0.00</td><td>455.513</td><td>200.000</td><td>455.513</td><td>327.756</td><td>127.756</td><td>327.76</td><td>127.756</td><td>11.86</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>2474</td><td>9775.810</td><td>253.112</td><td>0.00</td><td>453.112</td><td>200.000</td><td>453.112</td><td>326.556</td><td>126.556</td><td>326.56</td><td>126.556</td><td>11.82</td></tr> </tbody> </table>		Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm ²)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ'_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)	Volumen (ml)	0.00	0.00	7820.648	0	0.00	200.000	200.000	200.000	200.000	0.000	200.00	0.000	0.00	0.05	54	7824.561	8.127	0.00	208.127	200.000	208.127	204.063	4.063	204.06	4.063	2.16	0.10	202	7828.477	25.780	0.00	225.780	200.000	225.780	212.890	12.890	212.89	12.890	3.87	0.25	378	7840.249	48.192	0.00	248.192	200.000	248.192	224.096	24.096	224.10	24.096	6.03	0.35	509	7848.117	64.818	0.00	264.818	200.000	264.818	232.409	32.409	232.41	32.409	7.90	0.50	687	7859.948	87.349	0.00	287.349	200.000	287.349	243.675	43.675	243.67	43.675	9.04	0.75	849	7879.746	107.713	0.00	307.713	200.000	307.713	253.857	53.857	253.86	53.857	9.99	1.00	1134	7899.645	143.606	0.00	343.606	200.000	343.606	271.803	71.803	271.80	71.803	10.53	1.25	1432	7919.644	180.829	0.00	380.829	200.000	380.829	290.414	90.414	290.41	90.414	11.06	1.50	1608	7939.744	202.540	0.00	402.540	200.000	402.540	301.270	101.270	301.27	101.270	11.52	1.75	1770	7959.947	222.402	0.00	422.402	200.000	422.402	311.201	111.201	311.20	111.201	12.20	2.00	1903	7980.253	238.465	0.00	438.465	200.000	438.465	319.233	119.233	319.23	119.233	12.61	2.50	2001	8021.178	249.427	0.00	449.427	200.000	449.427	324.713	124.713	324.71	124.713	12.85	3.00	2061	8062.524	255.577	0.00	455.577	200.000	455.577	327.789	127.789	327.79	127.789	12.80	3.50	2096	8104.299	258.581	0.00	458.581	200.000	458.581	329.291	129.291	329.29	129.291	12.76	4.00	2132	8146.509	261.766	0.00	461.766	200.000	461.766	330.883	130.883	330.88	130.883	12.71	4.50	2165	8189.161	264.342	0.00	464.342	200.000	464.342	332.171	132.171	332.17	132.171	12.68	5.00	2195	8232.261	266.652	0.00	466.652	200.000	466.652	333.326	133.326	333.33	133.326	12.67	6.00	2229	8319.839	267.943	0.00	467.943	200.000	467.943	333.972	133.972	333.97	133.972	12.63	7.00	2259	8409.299	268.600	0.00	468.600	200.000	468.600	334.300	134.300	334.30	134.300	12.59	8.00	2287	8500.705	269.072	0.00	469.072	200.000	469.072	334.536	134.536	334.54	134.536	12.52	9.00	2307	8594.119	268.399	0.00	468.399	200.000	468.399	334.200	134.200	334.20	134.200	12.47	10.00	2330	8689.609	268.101	0.00	468.101	200.000	468.101	334.051	134.051	334.05	134.051	12.42	11.00	2360	8787.245	268.583	0.00	468.583	200.000	468.583	334.292	134.292	334.29	134.292	12.37	12.00	2385	8887.100	268.365	0.00	468.365	200.000	468.365	334.183	134.183	334.18	134.183	12.29	13.00	2401	8989.251	267.058	0.00	467.058	200.000	467.058	333.529	133.529	333.53	133.529	12.20	14.00	2409	9093.777	264.901	0.00	464.901	200.000	464.901	332.450	132.450	332.45	132.450	12.06	15.00	2426	9200.763	263.723	0.00	463.723	200.000	463.723	331.862	131.862	331.86	131.862	12.02	16.00	2434	9310.296	261.413	0.00	461.413	200.000	461.413	330.706	130.706	330.71	130.706	11.99	17.00	2444	9422.468	259.376	0.00	459.376	200.000	459.376	329.688	129.688	329.69	129.688	11.95	18.00	2452	9537.376	257.121	0.00	457.121	200.000	457.121	328.561	128.561	328.56	128.561	11.92	19.00	2467	9655.121	255.513	0.00	455.513	200.000	455.513	327.756	127.756	327.76	127.756	11.86	20.00	2474	9775.810	253.112	0.00	453.112	200.000	453.112	326.556	126.556	326.56	126.556	11.82
Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm ²)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)	σ'_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)	Volumen (ml)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.00	0.00	7820.648	0	0.00	200.000	200.000	200.000	200.000	0.000	200.00	0.000	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.05	54	7824.561	8.127	0.00	208.127	200.000	208.127	204.063	4.063	204.06	4.063	2.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.10	202	7828.477	25.780	0.00	225.780	200.000	225.780	212.890	12.890	212.89	12.890	3.87																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.25	378	7840.249	48.192	0.00	248.192	200.000	248.192	224.096	24.096	224.10	24.096	6.03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.35	509	7848.117	64.818	0.00	264.818	200.000	264.818	232.409	32.409	232.41	32.409	7.90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.50	687	7859.948	87.349	0.00	287.349	200.000	287.349	243.675	43.675	243.67	43.675	9.04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.75	849	7879.746	107.713	0.00	307.713	200.000	307.713	253.857	53.857	253.86	53.857	9.99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.00	1134	7899.645	143.606	0.00	343.606	200.000	343.606	271.803	71.803	271.80	71.803	10.53																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.25	1432	7919.644	180.829	0.00	380.829	200.000	380.829	290.414	90.414	290.41	90.414	11.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.50	1608	7939.744	202.540	0.00	402.540	200.000	402.540	301.270	101.270	301.27	101.270	11.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.75	1770	7959.947	222.402	0.00	422.402	200.000	422.402	311.201	111.201	311.20	111.201	12.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.00	1903	7980.253	238.465	0.00	438.465	200.000	438.465	319.233	119.233	319.23	119.233	12.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.50	2001	8021.178	249.427	0.00	449.427	200.000	449.427	324.713	124.713	324.71	124.713	12.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3.00	2061	8062.524	255.577	0.00	455.577	200.000	455.577	327.789	127.789	327.79	127.789	12.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3.50	2096	8104.299	258.581	0.00	458.581	200.000	458.581	329.291	129.291	329.29	129.291	12.76																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4.00	2132	8146.509	261.766	0.00	461.766	200.000	461.766	330.883	130.883	330.88	130.883	12.71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4.50	2165	8189.161	264.342	0.00	464.342	200.000	464.342	332.171	132.171	332.17	132.171	12.68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5.00	2195	8232.261	266.652	0.00	466.652	200.000	466.652	333.326	133.326	333.33	133.326	12.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6.00	2229	8319.839	267.943	0.00	467.943	200.000	467.943	333.972	133.972	333.97	133.972	12.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
7.00	2259	8409.299	268.600	0.00	468.600	200.000	468.600	334.300	134.300	334.30	134.300	12.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
8.00	2287	8500.705	269.072	0.00	469.072	200.000	469.072	334.536	134.536	334.54	134.536	12.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
9.00	2307	8594.119	268.399	0.00	468.399	200.000	468.399	334.200	134.200	334.20	134.200	12.47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
10.00	2330	8689.609	268.101	0.00	468.101	200.000	468.101	334.051	134.051	334.05	134.051	12.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
11.00	2360	8787.245	268.583	0.00	468.583	200.000	468.583	334.292	134.292	334.29	134.292	12.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
12.00	2385	8887.100	268.365	0.00	468.365	200.000	468.365	334.183	134.183	334.18	134.183	12.29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
13.00	2401	8989.251	267.058	0.00	467.058	200.000	467.058	333.529	133.529	333.53	133.529	12.20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
14.00	2409	9093.777	264.901	0.00	464.901	200.000	464.901	332.450	132.450	332.45	132.450	12.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
15.00	2426	9200.763	263.723	0.00	463.723	200.000	463.723	331.862	131.862	331.86	131.862	12.02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
16.00	2434	9310.296	261.413	0.00	461.413	200.000	461.413	330.706	130.706	330.71	130.706	11.99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
17.00	2444	9422.468	259.376	0.00	459.376	200.000	459.376	329.688	129.688	329.69	129.688	11.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
18.00	2452	9537.376	257.121	0.00	457.121	200.000	457.121	328.561	128.561	328.56	128.561	11.92																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
19.00	2467	9655.121	255.513	0.00	455.513	200.000	455.513	327.756	127.756	327.76	127.756	11.86																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
20.00	2474	9775.810	253.112	0.00	453.112	200.000	453.112	326.556	126.556	326.56	126.556	11.82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE. (*) Información proporcionada por el solicitante.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo. Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S A C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad. El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial. AUTORIZADO POR Jefe de Laboratorio:  Geremias Rimarachin Rimarachin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 26787																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

 INFORME DE ENSAYO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
IE-2026-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
DATOS DE PROYECTO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PROYECTO (*)	"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
UBICACIÓN (*)	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U FERMIN AVILA MARON, DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E: 620472.37; N: 9245567.78)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SOLICITANTE (*)	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CONTACTO (*)	: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS / CEL: 998 900 958																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CALICATA	: C - 01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CODIGO DE MUESTRA	: M-01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
MATERIAL	: SUELO NATURAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PROF. (m).	: 0.80 - 3.00m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
ESTRUCTURA (*)	: -																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
REALIZADO POR : I.C.D APROBADO POR : G.R.R FECHA DE MUESTREO : 2026-01-06 FECHA DE RECEPCIÓN : 2026-01-06 FECHA DE ENSAYO : 2026-01-06 FECHA DE EMISION : 2026-01-29 COORDENADAS : E: 620472.37; N: 9245567.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DRENADA CONSOLIDADA PARA SUELOS ASTM D7181-20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ESPECIMEN 03																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Descripción visual de la muestra:	GP GRAVAS POBREMENTE GRADADAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Estado de la muestra:	Muestra remoldeada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Velocidad de corte:	0.01 mm/min																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDICIÓN</th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura</td> <td>mm</td> <td>200</td> <td>199.4</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>mm</td> <td>100</td> <td>99.5</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica</td> <td>-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad</td> <td>(%)</td> <td>6.0</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Densidad húmeda</td> <td>(gr/cc)</td> <td>1.620</td> <td>1.938</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca</td> <td>(gr/cc)</td> <td>1.528</td> <td>1.563</td> </tr> <tr> <td>Relación de vacíos</td> <td>-</td> <td>0.701</td> <td>0.664</td> </tr> <tr> <td>Grado de Saturación</td> <td>-</td> <td>22.25%</td> <td>94.04%</td> </tr> </tbody> </table>		CONDICIÓN		Inicial	Final	Altura	mm	200	199.4	Diámetro	mm	100	99.5	Gravedad específica	-			Contenido de Humedad	(%)	6.0	24	Densidad húmeda	(gr/cc)	1.620	1.938	Densidad seca	(gr/cc)	1.528	1.563	Relación de vacíos	-	0.701	0.664	Grado de Saturación	-	22.25%	94.04%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
CONDICIÓN		Inicial	Final																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Altura	mm	200	199.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Diámetro	mm	100	99.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Gravedad específica	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Contenido de Humedad	(%)	6.0	24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Densidad húmeda	(gr/cc)	1.620	1.938																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Densidad seca	(gr/cc)	1.528	1.563																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Relación de vacíos	-	0.701	0.664																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Grado de Saturación	-	22.25%	94.04%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Datos de Ensayo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parámetro "B"</td> <td>%</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>Presión de celda (σ_3)</td> <td>kPa</td> <td>760</td> </tr> <tr> <td>Contrapresión</td> <td>kPa</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)</td> <td>kPa</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Correcciones por saturación y consolidación</td> </tr> <tr> <td>Altura corregida</td> <td>mm</td> <td>199.36</td> </tr> <tr> <td>Área corregida</td> <td>mm²</td> <td>7803.98</td> </tr> </tbody> </table>		Datos de Ensayo			Parámetro "B"	%	98	Presión de celda (σ_3)	kPa	760	Contrapresión	kPa	360	Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)	kPa	400	Correcciones por saturación y consolidación			Altura corregida	mm	199.36	Área corregida	mm ²	7803.98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Datos de Ensayo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Parámetro "B"	%	98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Presión de celda (σ_3)	kPa	760																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Contrapresión	kPa	360																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Esfuerzo efectivo inicial (σ'_3)	kPa	400																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Correcciones por saturación y consolidación																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Altura corregida	mm	199.36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Área corregida	mm ²	7803.98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformación Unitaria E (%)</th> <th>Fuerza (Newtons)</th> <th>Área (mm²)</th> <th>Esfuerzo desviador (kPa)</th> <th>Presión de poros (kPa)</th> <th>σ_1 (kPa)</th> <th>σ'_3 (kPa)</th> <th>σ'_1 (kPa)</th> <th>p (kPa)</th> <th>q (kPa)</th> <th>p' (kPa)</th> <th>q' (kPa)</th> <th>Volumen (ml)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.00</td><td>0.00</td><td>7803.982</td><td>0</td><td>0.00</td><td>400.000</td><td>400.000</td><td>400.000</td><td>400.000</td><td>0.000</td><td>400.00</td><td>0.000</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>0.05</td><td>200</td><td>7807.886</td><td>25.670</td><td>0.00</td><td>425.670</td><td>400.000</td><td>425.670</td><td>412.835</td><td>12.835</td><td>412.83</td><td>12.835</td><td>0.72</td></tr> <tr><td>0.10</td><td>383</td><td>7811.793</td><td>49.031</td><td>0.00</td><td>449.031</td><td>400.000</td><td>449.031</td><td>424.515</td><td>24.515</td><td>424.52</td><td>24.515</td><td>1.39</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>870</td><td>7823.540</td><td>85.648</td><td>0.00</td><td>485.648</td><td>400.000</td><td>485.648</td><td>442.824</td><td>42.824</td><td>442.82</td><td>42.824</td><td>3.05</td></tr> <tr><td>0.35</td><td>1043</td><td>7831.392</td><td>133.169</td><td>0.00</td><td>533.169</td><td>400.000</td><td>533.169</td><td>466.584</td><td>66.584</td><td>466.58</td><td>66.584</td><td>5.25</td></tr> <tr><td>0.50</td><td>1547</td><td>7843.198</td><td>197.287</td><td>0.00</td><td>597.287</td><td>400.000</td><td>597.287</td><td>498.644</td><td>98.644</td><td>498.64</td><td>98.644</td><td>8.78</td></tr> <tr><td>0.75</td><td>1923</td><td>7862.954</td><td>244.531</td><td>0.00</td><td>644.531</td><td>400.000</td><td>644.531</td><td>522.266</td><td>122.266</td><td>522.27</td><td>122.266</td><td>11.70</td></tr> <tr><td>1.00</td><td>2328</td><td>7882.810</td><td>295.305</td><td>0.00</td><td>695.305</td><td>400.000</td><td>695.305</td><td>547.653</td><td>147.653</td><td>547.65</td><td>147.653</td><td>16.27</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>2584</td><td>7902.766</td><td>328.218</td><td>0.00</td><td>728.218</td><td>400.000</td><td>728.218</td><td>564.109</td><td>164.109</td><td>564.11</td><td>164.109</td><td>21.42</td></tr> <tr><td>1.50</td><td>2772</td><td>7922.824</td><td>349.876</td><td>0.00</td><td>749.876</td><td>400.000</td><td>749.876</td><td>574.938</td><td>174.938</td><td>574.94</td><td>174.938</td><td>25.27</td></tr> <tr><td>1.75</td><td>3129</td><td>7942.984</td><td>393.894</td><td>0.00</td><td>793.894</td><td>400.000</td><td>793.894</td><td>596.947</td><td>196.947</td><td>596.95</td><td>196.947</td><td>27.82</td></tr> <tr><td>2.00</td><td>3399</td><td>7963.247</td><td>426.806</td><td>0.00</td><td>826.806</td><td>400.000</td><td>826.806</td><td>613.403</td><td>213.403</td><td>613.40</td><td>213.403</td><td>30.14</td></tr> <tr><td>2.50</td><td>3642</td><td>8004.084</td><td>455.080</td><td>0.00</td><td>855.080</td><td>400.000</td><td>855.080</td><td>627.540</td><td>227.540</td><td>627.54</td><td>227.540</td><td>31.84</td></tr> <tr><td>3.00</td><td>3738</td><td>8045.342</td><td>464.675</td><td>0.00</td><td>864.675</td><td>400.000</td><td>864.675</td><td>632.337</td><td>232.337</td><td>632.34</td><td>232.337</td><td>32.27</td></tr> <tr><td>3.50</td><td>3789</td><td>8087.028</td><td>468.475</td><td>0.00</td><td>868.475</td><td>400.000</td><td>868.475</td><td>634.238</td><td>234.238</td><td>634.24</td><td>234.238</td><td>32.61</td></tr> <tr><td>4.00</td><td>3845</td><td>8129.148</td><td>473.048</td><td>0.00</td><td>873.048</td><td>400.000</td><td>873.048</td><td>636.524</td><td>236.524</td><td>636.52</td><td>236.524</td><td>33.09</td></tr> <tr><td>4.50</td><td>3880</td><td>8171.709</td><td>474.845</td><td>0.00</td><td>874.845</td><td>400.000</td><td>874.845</td><td>637.422</td><td>237.422</td><td>637.42</td><td>237.422</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>5.00</td><td>3899</td><td>8214.718</td><td>474.633</td><td>0.00</td><td>874.633</td><td>400.000</td><td>874.633</td><td>637.317</td><td>237.317</td><td>637.32</td><td>237.317</td><td>33.45</td></tr> <tr><td>6.00</td><td>3926</td><td>8302.108</td><td>472.911</td><td>0.00</td><td>872.911</td><td>400.000</td><td>872.911</td><td>636.455</td><td>236.455</td><td>636.46</td><td>236.455</td><td>33.52</td></tr> <tr><td>7.00</td><td>3942</td><td>8391.378</td><td>469.802</td><td>0.00</td><td>869.802</td><td>400.000</td><td>869.802</td><td>634.901</td><td>234.901</td><td>634.90</td><td>234.901</td><td>33.61</td></tr> <tr><td>8.00</td><td>3982</td><td>8482.589</td><td>467.054</td><td>0.00</td><td>867.054</td><td>400.000</td><td>867.054</td><td>633.527</td><td>233.527</td><td>633.53</td><td>233.527</td><td>33.69</td></tr> <tr><td>9.00</td><td>3981</td><td>8575.804</td><td>464.255</td><td>0.00</td><td>864.255</td><td>400.000</td><td>864.255</td><td>632.127</td><td>232.127</td><td>632.13</td><td>232.127</td><td>33.78</td></tr> <tr><td>10.00</td><td>3992</td><td>8671.091</td><td>460.328</td><td>0.00</td><td>860.328</td><td>400.000</td><td>860.328</td><td>630.164</td><td>230.164</td><td>630.16</td><td>230.164</td><td>33.91</td></tr> <tr><td>11.00</td><td>4005</td><td>8768.519</td><td>456.763</td><td>0.00</td><td>856.763</td><td>400.000</td><td>856.763</td><td>628.382</td><td>228.382</td><td>628.38</td><td>228.382</td><td>33.99</td></tr> <tr><td>12.00</td><td>4009</td><td>8868.161</td><td>452.110</td><td>0.00</td><td>852.110</td><td>400.000</td><td>852.110</td><td>626.055</td><td>226.055</td><td>626.05</td><td>226.055</td><td>34.06</td></tr> <tr><td>13.00</td><td>4017</td><td>8970.094</td><td>447.824</td><td>0.00</td><td>847.824</td><td>400.000</td><td>847.824</td><td>623.912</td><td>223.912</td><td>623.91</td><td>223.912</td><td>34.14</td></tr> <tr><td>14.00</td><td>4030</td><td>9074.397</td><td>444.081</td><td>0.00</td><td>844.081</td><td>400.000</td><td>844.081</td><td>622.040</td><td>222.040</td><td>622.04</td><td>222.040</td><td>34.23</td></tr> <tr><td>15.00</td><td>4034</td><td>9181.155</td><td>439.379</td><td>0.00</td><td>839.379</td><td>400.000</td><td>839.379</td><td>619.690</td><td>219.690</td><td>619.69</td><td>219.690</td><td>34.33</td></tr> <tr><td>16.00</td><td>4045</td><td>9290.454</td><td>435.399</td><td>0.00</td><td>835.399</td><td>400.000</td><td>835.399</td><td>617.699</td><td>217.699</td><td>617.70</td><td>217.699</td><td>34.40</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>4058</td><td>9402.388</td><td>431.570</td><td>0.00</td><td>831.570</td><td>400.000</td><td>831.570</td><td>615.785</td><td>215.785</td><td>615.79</td><td>215.785</td><td>34.50</td></tr> <tr><td>18.00</td><td>4070</td><td>9517.051</td><td>427.620</td><td>0.00</td><td>827.620</td><td>400.000</td><td>827.620</td><td>613.810</td><td>213.810</td><td>613.81</td><td>213.810</td><td>34.55</td></tr> <tr><td>19.00</td><td>4085</td><td>9634.545</td><td>423.992</td><td>0.00</td><td>823.992</td><td>400.000</td><td>823.992</td><td>611.996</td><td>211.996</td><td>612.00</td><td>211.996</td><td>34.59</td></tr> <tr><td>20.00</td><td>4089</td><td>9754.977</td><td>419.192</td><td>0.00</td><td>819.192</td><td>400.000</td><td>819.192</td><td>609.596</td><td>209.596</td><td>609.60</td><td>209.596</td><td>34.66</td></tr> </tbody> </table>		Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm ²)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)	Volumen (ml)	0.00	0.00	7803.982	0	0.00	400.000	400.000	400.000	400.000	0.000	400.00	0.000	0.00	0.05	200	7807.886	25.670	0.00	425.670	400.000	425.670	412.835	12.835	412.83	12.835	0.72	0.10	383	7811.793	49.031	0.00	449.031	400.000	449.031	424.515	24.515	424.52	24.515	1.39	0.25	870	7823.540	85.648	0.00	485.648	400.000	485.648	442.824	42.824	442.82	42.824	3.05	0.35	1043	7831.392	133.169	0.00	533.169	400.000	533.169	466.584	66.584	466.58	66.584	5.25	0.50	1547	7843.198	197.287	0.00	597.287	400.000	597.287	498.644	98.644	498.64	98.644	8.78	0.75	1923	7862.954	244.531	0.00	644.531	400.000	644.531	522.266	122.266	522.27	122.266	11.70	1.00	2328	7882.810	295.305	0.00	695.305	400.000	695.305	547.653	147.653	547.65	147.653	16.27	1.25	2584	7902.766	328.218	0.00	728.218	400.000	728.218	564.109	164.109	564.11	164.109	21.42	1.50	2772	7922.824	349.876	0.00	749.876	400.000	749.876	574.938	174.938	574.94	174.938	25.27	1.75	3129	7942.984	393.894	0.00	793.894	400.000	793.894	596.947	196.947	596.95	196.947	27.82	2.00	3399	7963.247	426.806	0.00	826.806	400.000	826.806	613.403	213.403	613.40	213.403	30.14	2.50	3642	8004.084	455.080	0.00	855.080	400.000	855.080	627.540	227.540	627.54	227.540	31.84	3.00	3738	8045.342	464.675	0.00	864.675	400.000	864.675	632.337	232.337	632.34	232.337	32.27	3.50	3789	8087.028	468.475	0.00	868.475	400.000	868.475	634.238	234.238	634.24	234.238	32.61	4.00	3845	8129.148	473.048	0.00	873.048	400.000	873.048	636.524	236.524	636.52	236.524	33.09	4.50	3880	8171.709	474.845	0.00	874.845	400.000	874.845	637.422	237.422	637.42	237.422	33.33	5.00	3899	8214.718	474.633	0.00	874.633	400.000	874.633	637.317	237.317	637.32	237.317	33.45	6.00	3926	8302.108	472.911	0.00	872.911	400.000	872.911	636.455	236.455	636.46	236.455	33.52	7.00	3942	8391.378	469.802	0.00	869.802	400.000	869.802	634.901	234.901	634.90	234.901	33.61	8.00	3982	8482.589	467.054	0.00	867.054	400.000	867.054	633.527	233.527	633.53	233.527	33.69	9.00	3981	8575.804	464.255	0.00	864.255	400.000	864.255	632.127	232.127	632.13	232.127	33.78	10.00	3992	8671.091	460.328	0.00	860.328	400.000	860.328	630.164	230.164	630.16	230.164	33.91	11.00	4005	8768.519	456.763	0.00	856.763	400.000	856.763	628.382	228.382	628.38	228.382	33.99	12.00	4009	8868.161	452.110	0.00	852.110	400.000	852.110	626.055	226.055	626.05	226.055	34.06	13.00	4017	8970.094	447.824	0.00	847.824	400.000	847.824	623.912	223.912	623.91	223.912	34.14	14.00	4030	9074.397	444.081	0.00	844.081	400.000	844.081	622.040	222.040	622.04	222.040	34.23	15.00	4034	9181.155	439.379	0.00	839.379	400.000	839.379	619.690	219.690	619.69	219.690	34.33	16.00	4045	9290.454	435.399	0.00	835.399	400.000	835.399	617.699	217.699	617.70	217.699	34.40	17.00	4058	9402.388	431.570	0.00	831.570	400.000	831.570	615.785	215.785	615.79	215.785	34.50	18.00	4070	9517.051	427.620	0.00	827.620	400.000	827.620	613.810	213.810	613.81	213.810	34.55	19.00	4085	9634.545	423.992	0.00	823.992	400.000	823.992	611.996	211.996	612.00	211.996	34.59	20.00	4089	9754.977	419.192	0.00	819.192	400.000	819.192	609.596	209.596	609.60	209.596	34.66
Deformación Unitaria E (%)	Fuerza (Newtons)	Área (mm ²)	Esfuerzo desviador (kPa)	Presión de poros (kPa)	σ_1 (kPa)	σ'_3 (kPa)	σ'_1 (kPa)	p (kPa)	q (kPa)	p' (kPa)	q' (kPa)	Volumen (ml)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.00	0.00	7803.982	0	0.00	400.000	400.000	400.000	400.000	0.000	400.00	0.000	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.05	200	7807.886	25.670	0.00	425.670	400.000	425.670	412.835	12.835	412.83	12.835	0.72																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.10	383	7811.793	49.031	0.00	449.031	400.000	449.031	424.515	24.515	424.52	24.515	1.39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.25	870	7823.540	85.648	0.00	485.648	400.000	485.648	442.824	42.824	442.82	42.824	3.05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.35	1043	7831.392	133.169	0.00	533.169	400.000	533.169	466.584	66.584	466.58	66.584	5.25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.50	1547	7843.198	197.287	0.00	597.287	400.000	597.287	498.644	98.644	498.64	98.644	8.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
0.75	1923	7862.954	244.531	0.00	644.531	400.000	644.531	522.266	122.266	522.27	122.266	11.70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.00	2328	7882.810	295.305	0.00	695.305	400.000	695.305	547.653	147.653	547.65	147.653	16.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.25	2584	7902.766	328.218	0.00	728.218	400.000	728.218	564.109	164.109	564.11	164.109	21.42																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.50	2772	7922.824	349.876	0.00	749.876	400.000	749.876	574.938	174.938	574.94	174.938	25.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1.75	3129	7942.984	393.894	0.00	793.894	400.000	793.894	596.947	196.947	596.95	196.947	27.82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.00	3399	7963.247	426.806	0.00	826.806	400.000	826.806	613.403	213.403	613.40	213.403	30.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2.50	3642	8004.084	455.080	0.00	855.080	400.000	855.080	627.540	227.540	627.54	227.540	31.84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3.00	3738	8045.342	464.675	0.00	864.675	400.000	864.675	632.337	232.337	632.34	232.337	32.27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3.50	3789	8087.028	468.475	0.00	868.475	400.000	868.475	634.238	234.238	634.24	234.238	32.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4.00	3845	8129.148	473.048	0.00	873.048	400.000	873.048	636.524	236.524	636.52	236.524	33.09																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4.50	3880	8171.709	474.845	0.00	874.845	400.000	874.845	637.422	237.422	637.42	237.422	33.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5.00	3899	8214.718	474.633	0.00	874.633	400.000	874.633	637.317	237.317	637.32	237.317	33.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6.00	3926	8302.108	472.911	0.00	872.911	400.000	872.911	636.455	236.455	636.46	236.455	33.52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
7.00	3942	8391.378	469.802	0.00	869.802	400.000	869.802	634.901	234.901	634.90	234.901	33.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
8.00	3982	8482.589	467.054	0.00	867.054	400.000	867.054	633.527	233.527	633.53	233.527	33.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
9.00	3981	8575.804	464.255	0.00	864.255	400.000	864.255	632.127	232.127	632.13	232.127	33.78																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
10.00	3992	8671.091	460.328	0.00	860.328	400.000	860.328	630.164	230.164	630.16	230.164	33.91																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
11.00	4005	8768.519	456.763	0.00	856.763	400.000	856.763	628.382	228.382	628.38	228.382	33.99																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
12.00	4009	8868.161	452.110	0.00	852.110	400.000	852.110	626.055	226.055	626.05	226.055	34.06																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
13.00	4017	8970.094	447.824	0.00	847.824	400.000	847.824	623.912	223.912	623.91	223.912	34.14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
14.00	4030	9074.397	444.081	0.00	844.081	400.000	844.081	622.040	222.040	622.04	222.040	34.23																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
15.00	4034	9181.155	439.379	0.00	839.379	400.000	839.379	619.690	219.690	619.69	219.690	34.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
16.00	4045	9290.454	435.399	0.00	835.399	400.000	835.399	617.699	217.699	617.70	217.699	34.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
17.00	4058	9402.388	431.570	0.00	831.570	400.000	831.570	615.785	215.785	615.79	215.785	34.50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
18.00	4070	9517.051	427.620	0.00	827.620	400.000	827.620	613.810	213.810	613.81	213.810	34.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
19.00	4085	9634.545	423.992	0.00	823.992	400.000	823.992	611.996	211.996	612.00	211.996	34.59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
20.00	4089	9754.977	419.192	0.00	819.192	400.000	819.192	609.596	209.596	609.60	209.596	34.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE. (*) Información proporcionada por el solicitante.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo. Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad. El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
AUTORIZADO POR Jefe de Laboratorio:  Geremias Rimarachin Rimarachin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 25787/																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											



INFORME DE ENSAYO

IE-2026-01

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO (*)	"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUEBA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"		
UBICACIÓN (*)	: CAR ROSA MARIA CHECA - H.U. FERMIN AVILA MARON, DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (E: 620472.37; N: 9245567.78)		
SOLICITANTE (*)	: TESISTA: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS DNI: 46620715	REALIZADO POR	: I.C.D
CONTACTO (*)	: ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS / CEL: 996 900 958	APROBADO POR	: G.R.R
CALICATA	: C - 01	FECHA DE MUESTREO	: 2026-01-06
CODIGO DE MUESTRA	: M-01	FECHA DE RECEPCION	: 2026-01-06
MATERIAL	: SUELO NATURAL	FECHA DE ENSAYO	: 2026-01-06
PROF. (m).	: 0.80 - 3.00m	FECHA DE EMISION	: 2026-01-29
ESTRUCTURA (*)	: -	COORDENADAS	: E: 620472.37; N: 9245567.78

Standard Test Method for Consolidated Drained Triaxial Compression Test for Soils MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL DRENADA CONSOLIDADA PARA SUELOS ASTM D7181-20

Características generales:	Descripción visual del suelo (D2488 ó D2487):
Estado de la muestra:	GP GRAVAS POBREMENTE GRADADAS
Velocidad:	
Gravedad específica (Gs):	

ESPÉCIMEN 1			ESPÉCIMEN 2			ESPÉCIMEN 3		
CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final	CONDICIÓN	Inicial	Final
Altura (mm)	200	199.79	Altura (mm)	200	199.58	Altura (mm)	200	199.36
Diámetro (mm)	100	99.69	Diámetro (mm)	100	99.59	Diámetro (mm)	100	99.48
Humedad (%)	6.00	25.60	Humedad (%)	6.00	24.80	Humedad (%)	6.00	24.00
Densidad Húmeda (gr/cc)	1.620	1.952	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.620	1.945	Densidad Húmeda (gr/cc)	1.620	1.938
Densidad Seca (gr/cc)	1.528	1.554	Densidad Seca (gr/cc)	1.528	1.558	Densidad Seca (gr/cc)	1.528	1.563
Relación de vacíos	0.701	0.673	Relación de vacíos	0.701	0.668	Relación de vacíos	0.701	0.664
Grado de saturación	22.3%	98.9%	Grado de saturación	22.3%	96.5%	Grado de saturación	22.3%	94.0%
Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación			Consolidación y Saturación		
Parámetro B (%)	95		Parámetro B (%)	98		Parámetro B (%)	98	
Presión de Celda σ_3 (kPa)	460		Presión de Celda σ_3 (kPa)	560		Presión de Celda σ_3 (kPa)	760	
Contrapresión (kPa)	360		Contrapresión (kPa)	360		Contrapresión (kPa)	360	
Esf. Efectivo Inicial σ'_3 (kPa)	100		Esf. Efectivo Inicial σ'_3 (kPa)	200		Esf. Efectivo Inicial σ'_3 (kPa)	400	
Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Presión de poros (kPa)	Deformación Unitaria E (%)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	Presión de poros (kPa)
0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
0.05	7.14	0.0	0.05	8.13	0.0	0.05	25.67	0.0
0.10	10.45	0.0	0.10	25.78	0.0	0.10	49.03	0.0
0.25	13.75	0.0	0.25	48.19	0.0	0.25	85.65	0.0
0.35	26.07	0.0	0.35	64.82	0.0	0.35	133.17	0.0
0.50	42.66	0.0	0.50	87.35	0.0	0.50	197.29	0.0
0.75	70.16	0.0	0.75	107.71	0.0	0.75	244.53	0.0
1.00	82.61	0.0	1.00	143.61	0.0	1.00	295.31	0.0
1.25	88.20	0.0	1.25	180.83	0.0	1.25	328.22	0.0
1.50	97.28	0.0	1.50	202.54	0.0	1.50	349.88	0.0
1.75	102.04	0.0	1.75	222.40	0.0	1.75	393.89	0.0
2.00	106.79	0.0	2.00	238.47	0.0	2.00	426.81	0.0
2.50	110.97	0.0	2.50	249.43	0.0	2.50	455.08	0.0
3.00	114.36	0.0	3.00	255.88	0.0	3.00	464.67	0.0
3.50	117.71	0.0	3.50	258.58	0.0	3.50	468.48	0.0
4.00	121.02	0.0	4.00	261.77	0.0	4.00	473.05	0.0
4.50	123.19	0.0	4.50	264.34	0.0	4.50	474.84	0.0
5.00	126.31	0.0	5.00	266.65	0.0	5.00	474.63	0.0
6.00	130.49	0.0	6.00	267.94	0.0	6.00	472.91	0.0
7.00	131.83	0.0	7.00	268.60	0.0	7.00	469.80	0.0
8.00	132.53	0.0	8.00	269.07	0.0	8.00	467.05	0.0
9.00	133.18	0.0	9.00	268.40	0.0	9.00	464.25	0.0
10.00	132.98	0.0	10.00	268.10	0.0	10.00	460.33	0.0
11.00	132.41	0.0	11.00	266.58	0.0	11.00	456.76	0.0
12.00	131.48	0.0	12.00	268.37	0.0	12.00	452.11	0.0
13.00	130.68	0.0	13.00	267.05	0.0	13.00	447.82	0.0
14.00	129.92	0.0	14.00	264.90	0.0	14.00	444.08	0.0
15.00	129.60	0.0	15.00	263.72	0.0	15.00	439.38	0.0
16.00	128.62	0.0	16.00	261.41	0.0	16.00	435.40	0.0
17.00	127.40	0.0	17.00	259.38	0.0	17.00	431.57	0.0
18.00	126.70	0.0	18.00	257.12	0.0	18.00	427.62	0.0
19.00	125.57	0.0	19.00	255.51	0.0	19.00	423.99	0.0
20.00	124.53	0.0	20.00	253.11	0.0	20.00	419.19	0.0

Vista del espécimen después del ensayo	Vista del espécimen después del ensayo	Vista del espécimen después del ensayo
Tipo de falla	Tipo de falla	Tipo de falla
Falla en barril	Falla en barril	Falla en barril

Observaciones:

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS POR EL SOLICITANTE.

(*) Información proporcionada por el solicitante.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C no se debe reproducir el Informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 26787



PANEL FOTOGRAFICO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C

Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267871



PANEL FOTOGRÁFICO

GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C

PROYECTO:

"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"

SOLICITANTE:

ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS

FOTOS TOMADAS EN LABORATORIO

Fecha de Emisión:

20/01/2026

FOTOGRAFIA 01



Fotografía N° 02



ENSAYO: TRIAXIAL METODO "CD"

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimorachin
Geremias Rimorachin Rimorachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. OF. N° 26787

	PANEL FOTOGRÁFICO		
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C			
PROYECTO:	"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"		
SOLICITANTE:	ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS		
FOTOS TOMADAS EN LABORATORIO		Fecha de Emisión:	20/01/2026
FOTOGRAFIA 01			
			
Fotografia N° 02			
			
ENSAYO: TRIAXIAL METODO "CD"			
 LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC Geremias Rimarachin Rimarachin JEFE DE LABORATORIO INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 26787			



PANEL FOTOGRÁFICO

GSE LABORATORIO INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C

PROYECTO:

"CORRELACION ENTRE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO Y TRIAXIAL MEDIANTE SUSTITUCION DE FRACCION GRUESA PARA LA ESTIMACION DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE, APLICADO A SUELO DEL DISTRITO DE PIMINTEL, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE"

SOLICITANTE:

ADRIAN BRIAN MENDOZA FRIAS

FOTOS TOMADAS EN LABORATORIO

Fecha de Emisión:

20/01/2026

FOTOGRAFIA 01



Fotografía N° 02



ENSAYO: TRIAXIAL METODO "CD"

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarchin Rimarchin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL - REG. CIP. N° 26787