



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Suelo  
para Pavimento Flexible Utilizando Geomallas de Bambú”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Bach. Vilchez Ruiz Nils William

<https://orcid.org/0000-0002-7781-9634>

**Asesor:**

Mg. Idrogo Pérez Cesar Antonio

<https://orcid.org/0000-0003-4232-0144>

**Línea de Investigación**

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

**Pimentel – Perú**

**2023**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA  
PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ**

**Aprobación del jurado**

---

MAG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MAG. ORDINOLA LUNA EFRAIN

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG. IDROGO PÉREZ CÉSAR ANTONIO


**Vocal del Jurado de Tesis**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

<p>En virtud de lo antes mencionado, firma:</p> <p>Vilchez Ruiz Nils William</p>	<p>DNI: 73963922</p>	
--	----------------------	---

\* Porcentaje de similitud turnitin:22%

Pimentel, 10 de junio del 2023.

Reporte de similitud

---

NOMBRE DEL TRABAJO  
VILCHEZ RUIZ TESIS 2023-.docx

---

<small>RECUESTO DE PALABRAS</small> <b>14243 Words</b>	<small>RECUESTO DE CARACTERES</small> <b>73397 Characters</b>
<small>RECUESTO DE PÁGINAS</small> <b>75 Pages</b>	<small>TAMAÑO DEL ARCHIVO</small> <b>2.0MB</b>
<small>FECHA DE ENTREGA</small> <b>Aug 18, 2023 12:16 PM GMT-5</b>	<small>FECHA DEL INFORME</small> <b>Aug 18, 2023 12:17 PM GMT-5</b>

---

**● 22% de similitud general**  
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base:

- 19% Base de datos de Internet
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossi
- 17% Base de datos de trabajos entregados

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente investigación a mis queridos padres Mirian y William, quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo de toda mi vida. Por enseñarme la importancia del esfuerzo y dedicación, por inspirarme a seguir mis sueños y por ser mi más grande motivación en cada uno de mis logros.

A mis hermanos Nelson, Miguel, Darwin y Juan quienes han sido mi compañía, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, por ser parte también de mi fuente de motivación, quienes han estado dispuestos a ayudarme y compartir conmigo sus conocimientos y experiencias, espero que este logro también sea motivo de orgullo para nosotros.

A mi mamá Trinidad, mi tía Lilian y mi prima Olga, quienes han sido mi familia desde que tengo memoria.

Por estar presentes en cada momento importante de mi vida, apoyándome siempre y brindarme su amor y sabiduría en todo momento. Por ser tan buenas personas y por aconsejarme y educarme de la forma que necesitaba para alcanzar mis metas.

**Nils William Vilchez Ruiz**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, desde mi infancia hasta mi vida adulta, ustedes siempre han estado presentes, apoyándome y educándome en cada etapa de mi vida. Su amor, paciencia y dedicación han sido fundamentales en mi desarrollo personal y profesional. Gracias por haber creído en mí y por haberme impulsado a ser la mejor versión de mí mismo. Sus consejos y enseñanzas han sido un faro en la oscuridad, guiándome hacia el éxito y la felicidad. Es imposible expresar con palabras todo lo que significan para mí.

A mi casa de estudios, Universidad Señor de Sipán, por brindarme la oportunidad de estudiar en sus aulas y por formarme como persona y profesional en conjunto con los docentes que me han enseñado y motivado a lo largo de mi carrera, gracias a ellos he adquirido las habilidades y los conocimientos que me han llevado hasta este punto.

A mis compañeros de estudios, a mis amigos por acompañarme en esta travesía, durante este tiempo en la universidad han sido parte fundamental de mi vida académica y personal. Además, agradezco especialmente la amistad y el apoyo que he recibido de ustedes, que ha hecho que mi experiencia universitaria sea más significativa y gratificante. Los recuerdos que he compartido con ustedes, tanto dentro como fuera del aula, siempre estarán conmigo.

**Nils William Vilchez Ruiz**

## Índice

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
Índice.....	6
Índice de tablas.....	7
Índice de figuras.....	8
Índice de anexos.....	9
Resumen.....	10
Abstract.....	11
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	24
1.3. Hipótesis.....	24
1.4. Objetivos.....	24
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	25
<b>II. MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>43</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	43
2.2. Variables, operacionalización.....	43
2.3. Población y muestra.....	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	49
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	50
2.6. Criterios éticos.....	52
2.7. Criterios de Rigor Científico.....	52
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
3.1. Resultados en Tablas y Figuras.....	53
3.2. Discusión de resultados.....	81
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
4.1. Conclusiones.....	85
4.2. Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS.....	92

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Propiedades físicas de los materiales granulares .....	27
<b>Tabla II</b> Requisitos de diseño estructural de pavimentos urbanos. Fuente: ICG (2014).....	32
<b>Tabla III.</b> Variable dependiente .....	44
<b>Tabla IV.</b> Variable independiente .....	45
<b>Tabla V.</b> Cantidad de ensayos realizados para la muestra natural .....	46
<b>Tabla VI.</b> Cantidad de ensayos de flexión y tracción a tiras de bambú para geomalla .....	47
<b>Tabla VII.</b> Cantidad de ensayos para el suelo con inclusión de geomalla biaxial .....	48
<b>Tabla VIII.</b> Cantidad de ensayos para el suelo con inclusión de geomalla triaxial .....	48
<b>Tabla IX.</b> Análisis granulométrico.....	54
<b>Tabla X.</b> Límites de Atterberg – Muestra suelo natural.....	56
<b>Tabla XI.</b> Clasificación de suelos – Muestra suelo natural.....	57
<b>Tabla XII.</b> Equivalente de arena – Muestra suelo natural.....	58
<b>Tabla XIII.</b> Caras fracturadas (Una cara fracturada) – Muestra suelo natural.....	59
<b>Tabla XIV.</b> Caras fracturadas (Dos caras fracturadas) – Muestra suelo natural .....	60
<b>Tabla XV.</b> Resultados ensayo de Abrasión .....	61
<b>Tabla XVI.</b> Resultados ensayo Proctor Modificado .....	63
<b>Tabla XVII.</b> Resultado ensayo de CBR.....	65
<b>Tabla XVIII.</b> Ensayo de flexión a probetas con 1mm de espesor .....	68
<b>Tabla XIX.</b> Ensayo de flexión a probetas con 2mm de espesor .....	69
<b>Tabla XX.</b> Ensayo de flexión a probetas con 3mm de espesor .....	69
<b>Tabla XXI.</b> Ensayo de tracción a muestras con 1mm de espesor .....	71
<b>Tabla XXII.</b> Ensayo de tracción a muestras con 2mm de espesor .....	72
<b>Tabla XXIII.</b> Ensayo de tracción a muestras con 3mm de espesor .....	72
<b>Tabla XXIV.</b> Ensayo de Proctor modificado del suelo con geomalla biaxial .....	75
<b>Tabla XXV.</b> Ensayo de Proctor modificado del suelo con geomalla triaxial .....	76

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> Estructura típica de un pavimento flexible.....	27
<b>Fig. 2.</b> Estructura típica de un pavimento rígido.....	28
<b>Fig. 3.</b> TBR vs CBR de la subrasante – Tenax (2010).....	30
<b>Fig. 4.</b> Planta de bambú.....	37
<b>Fig. 5.</b> Parte de la caña de bambú.....	38
<b>Fig. 6.</b> Esquemización del trabajo de investigación.....	51
<b>Fig. 7.</b> Obtención del material en estudio.....	53
<b>Fig. 8.</b> Ensayo de granulometría.....	54
<b>Fig. 9.</b> Curva granulométrica (% que pasa en peso vs abertura de malla en mm).....	55
<b>Fig. 10.</b> Ensayo límites de Atterberg.....	56
<b>Fig. 11.</b> Clasificación de suelos SUCS y AASHTO.....	57
<b>Fig. 12.</b> Ensayo de equivalente de arena.....	58
<b>Fig. 13.</b> Ensayo de partículas fracturadas.....	59
<b>Fig. 14.</b> Ensayo de abrasión.....	61
<b>Fig. 15.</b> Ensayo de Proctor modificado.....	62
<b>Fig. 16.</b> Ensayo de Proctor Modificado en muestras de suelo natural.....	63
<b>Fig. 17.</b> Ensayo de CBR.....	64
<b>Fig. 18.</b> Curva de compactación – Ensayo de CBR.....	65
<b>Fig. 19.</b> Geomalla biaxial y triaxial 1.0 cm.....	66
<b>Fig. 20.</b> Geomalla biaxial y triaxial 2.0 cm.....	66
<b>Fig. 21.</b> Geomalla biaxial y triaxial 2.5 cm.....	67
<b>Fig. 22.</b> Geomalla biaxial y triaxial 3.0 cm.....	67
<b>Fig. 23.</b> Ensayo de flexión.....	68
<b>Fig. 24.</b> Datos del máximo módulo de rotura para cada tira, de espesores 1, 2, 3 mm.....	70
<b>Fig. 25.</b> Ensayo de tracción.....	71
<b>Fig. 26.</b> Datos del máximo esfuerzo de tracción para cada tira, de espesores 1, 2, 3 mm ...	73
<b>Fig. 27.</b> Proctor modificado con la inclusión de geomalla de bambú.....	74
<b>Fig. 28.</b> Ensayo de Proctor modificado a suelo natural con geomallas biaxiales.....	75
<b>Fig. 29.</b> Ensayo de Proctor modificado a suelo natural con geomallas biaxiales.....	77
<b>Fig. 30.</b> Ensayo de CBR con inclusión de geomalla de bambú.....	78
<b>Fig. 31.</b> Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo con geomalla biaxial aberturas 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm.....	78
<b>Fig. 32.</b> Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo con geomalla triaxial aberturas 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm.....	79
<b>Fig. 33.</b> Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo natural, con geomalla biaxial y con geomalla triaxial.....	80



## Índice de anexos

Anexo 1. Características físicas del material granular en estudio.....	92
Anexo 2. Características mecánicas del material granular en estudio.....	97
Anexo 3. Características mecánicas de las fibras de bambú. ....	100
Anexo 4. Características mecánicas del suelo granular con inclusión de las geomallas de bambú. ....	118
Anexo 5. Características de los agregados de canteras. ....	142
Anexo 6. Planos de prototipo de geomallas. ....	160
Anexo 7. Evidencias de ejecución.....	168

## Resumen

En los últimos años se vienen dando diversas construcciones como consecuencia del crecimiento poblacional y la interconexión de diversas partes del mundo mediante cientos, miles de kilómetros de carreteras, que a su vez utilizan “mejoras” producto del avance tecnológico y el uso del material renovable como es el bambú, es por ello que el presente trabajo define como principal objetivo el analizar la mejora de las propiedades mecánicas utilizando geomallas de bambú en un suelo para pavimento flexible.

Se realizó esta investigación con un tipo de diseño aplicada experimental, lo cual se ensayaron a diversas muestras, donde se evaluó las propiedades de un diseño tradicional y otros para un diseño con la adición de geomalla de bambú (biaxial y triaxial), tales como: CBR, tracción y flexión evaluando las geomallas de bambú con medidas de 1cm de ancho; 1mm, 2mm, 3mm de espesor y evaluando la influencia de las aberturas de las geomallas de bambú: 1, 2, 2,5, 3 cm para finalmente obtener el diseño óptimo de la geomalla.

Por lo que se concluye que el espesor óptimo a utilizar es de 3mm ya que alcanza una resistencia a la tracción de 5448.4 kgf/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la flexión de 4673 kgf/cm<sup>2</sup> además de obtener un 93% de CBR en la inclusión del suelo en estudio con aberturas de 2.5 cm en su distribución.

**Palabras Clave:** geomallas, bambú, suelo, CBR, resistencia

## **Abstract**

In recent years there have been several constructions as a result of population growth and the interconnection of various parts of the world through hundreds, thousands of kilometers of roads, which in turn use "improvements" product of technological progress and the use of renewable material such as bamboo, which is why this work defines as main objective to analyze the improvement of the mechanical properties using bamboo geogrids in a soil for flexible pavement.

This research was carried out with a type of applied experimental design, which was tested to various samples, where the properties of a traditional design and others for a design with the addition of bamboo geogrid (biaxial and triaxial) were evaluated, such as: CBR, tensile and flexural evaluating the bamboo geogrids with measures of 1cm width; 1mm, 2mm, 3mm thickness and evaluating the influence of the openings of the bamboo geogrids: 1, 2, 2.5, 3 cm to finally obtain the optimal design of the geogrid.

Therefore, it is concluded that the optimum thickness to use is 3mm since it reaches a tensile strength of 5448.4 kgf/cm<sup>2</sup> and a flexural strength of 4673 kgf/cm<sup>2</sup> in addition to obtaining a 93% CBR in the inclusion of the soil under study with openings of 2.5 cm in its distribution.

**Keywords:** geogrids, bamboo, soil, CBR, resistance.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Diseñar pavimentos flexibles no es fácil cuando se utilizan materiales de refuerzo como geomallas, geoceldas entre otros tipos de materiales geosintéticos para construir el pavimento. Actualmente, la India está diseñando secciones de pavimento utilizando la teoría elástica para analizar las deformaciones de carga de las ruedas aplicadas a sistemas de suelo de múltiples capas a través del programa de análisis de pavimento IITPAVE. No se aplica según las pautas de conducción de la Indian Roads Conference. [1]

En Egipto, la mayoría de carreteras construidas, como en muchos otros países del mundo, son carreteras pavimentadas flexibles. Este tipo de pavimento siempre puede sufrir distintos tipos de problemas, como surcos y grietas por fatiga. Por lo tanto, se utilizan diferentes materiales para reforzar el piso y el subsuelo para abordar diferentes problemas. Estos materiales pueden variar significativamente en forma tales como tiras, láminas, mallas, entre otros; textura (gruesa o fina) y rigidez relativa. [2]

La aplicación de geosintéticos a capas bituminosas se viene realizando desde la década de 1970. Sin embargo, a pesar de numerosos estudios de laboratorio, analíticos y experimentales, no se ha desarrollado una metodología general para seleccionar, analizar y evaluar los materiales. Es probable que la aplicación de geosintéticos aumente debido a una gran cantidad de evidencia científica y probada de proyectos experimentales y análisis de ciclo de vida (ACV) relacionados. Además, se espera que la adopción de geosintéticos sea aún más generalizada, ya que las redes de carreteras en muchos países han sido abandonadas y su restauración requiere importantes inversiones. [3]

India ha estado ejecutando un programa de desarrollo azucarero muy ambicioso durante más de una década. Este extenso programa de desarrollo de carreteras requirió grandes cantidades de materiales de construcción, como agregado de roca triturada (CSA) y aglutinantes bituminosos. En tales circunstancias, la escasez y el aumento progresivo de

los costos de estos mismos han obligado a los agentes de carreteras / ingenieros de la construcción a buscar materiales de construcción alternativos. [4]

Recientemente, el rendimiento estructural de los pisos de plástico de nueva construcción, así como los pisos mejorados, se ha mejorado mediante refuerzos geosintéticos, especialmente geomallas de geopolímero de alta elasticidad. Las geomallas entre sus importantes funciones destacan el reducir el esfuerzo cortante y soportar la fatiga y los esfuerzos laterales gracias al efecto de película de tracción que se produce en el hormigón asfáltico. [5]

Diseñar y construir pavimentos flexibles en terrenos húmedos y débiles siempre ha sido un desafío para los diseñadores e ingenieros de pavimentos. En algunos estados de los Estados Unidos, dependiendo del tipo / clasificación del sustrato, el cemento o la cal crean una base más rígida para estabilizar el nivel superior del material base y mejorar las propiedades técnicas del material. Los geosintéticos pueden ofrecer alternativas ecológicas y económicas al fortalecimiento / estabilización de carreteras, especialmente aquellas construidas sobre terreno blando. [6]

Inevitablemente, el pavimento duradero y económico se obtiene como elemento estructural de la estructura del pavimento a partir de suelos con cualidades técnicas deseables, como capacidad portante y buen drenaje, entre otros suelos. El diseño estructural de un pavimento con un piso bajo débil significa que el pavimento se vuelve más grueso en ciertos niveles de tráfico, lo que aumenta los costos. Los costos asociados con pavimentos deficientes incluyen la base y el grosor relativamente grueso de la base, y el derecho de paso. En la construcción y mantenimiento de medios de transporte, los materiales geológicos, suelos y rocas que no son naturalmente tolerantes deben ser estabilizados mediante procesos químicos y / o mecánicos. [7]

Las mejoras básicas en el rendimiento de la estabilización de la geomalla son conocidas por su mayor rigidez y durabilidad y una menor fijación / trayectoria. El principal

mecanismo de estabilización que utiliza geosintéticos se denomina a menudo efecto de tensión lateral. [8]

Muchos proyectos de reconstrucción de carreteras de asfalto se completaron en los 10 años posteriores al uso de material geosintético en Lituania. Estos proyectos utilizaron geomallas reforzadas en lugar de cavar y reemplazar turba e instalar sistemas de pilotes. Se usaron geomallas de diferentes resistencias justo debajo o ligeramente debajo de la estructura de la carretera y se reemplazaron con una capa de revestimiento. Reforzada por una geomalla hasta 0,6 m del suelo existente. [9]

El uso de materiales geosintéticos entre las capas del pavimento pretende absorber las deformaciones ocasionadas por cargas ajenas del pavimento, además de mejorar la unión entre las capas. [10]

Los geosintéticos, en especial las gomallas, proporcionan entre otro de sus beneficios la más importante una contención lateral y soporte de membrana para las capas base y subbase cuando se utilizan por ejemplo como refuerzo en los pavimentos. [11]

En Perú, el uso de geosintéticos es una opción nueva y cada vez más popular, pero el principio se remonta a algunos años. En la antigüedad, las técnicas ahora conocidas como geoceldas y geomallas se usaban para proporcionar fijación lateral y aumentar la reacción al empuje del terreno entrelazando capas horizontales de madera o ramas de palma. Hoy en día, a diferencia de otras técnicas que pueden resolver problemas de grietas y fatiga, el uso de técnicas geosintéticas (como las geomallas) es casi siempre una opción más viable. [12]

En la actualidad, el uso de geosintéticos en la construcción de pistas se viene implementando de manera progresiva para el refuerzo de diferentes tipos de suelos, por sus importantes funciones tales como la de adherencia, infiltración y refuerzo, Además de que en las últimas investigaciones se ha comprobado que prolonga la durabilidad del pavimento.

Por tanto, el estudio de geomallas de diferentes tipos para mejorar el suelo viene siendo más usado en distintas construcciones de carreteras del Perú.

En la investigación: *“Investigating the performance of geosynthetic reinforced asphaltic pavement under various axle loads using finite-element method”*. Su metodología consistía en realizar un diseño experimental el cual tenía como objetivo crear un modelo de elementos finitos 3D de la estructura, pavimentos blandos típicos y estudiar el efecto de las fluctuaciones de carga axial en las reacciones de los reforzados pavimentos con geosintéticos. Los resultados se obtuvieron luego de evaluar la respuesta crítica del pavimento bajo tres cargas axiales diferentes de 5, 8.2 y 15 toneladas. Se pudo concluir que el uso de geosintéticos resulta eficaz para reducir la distorsión longitudinal en la parte inferior y no reduce significativamente la deformación longitudinal en la parte superior de la capa asfáltica. [13]

Por otro lado también, en la investigación titulada: *“Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil”*. El propósito de esta investigación fue diagnosticar el CBR con la inclusión de geosintéticos (geomalla y geotextil) simultáneamente, para una capa base como estructura de refuerzo. La metodología de estudio fue experimental. Los resultados arrojaron que para la subrasante se alcanzó el CBR (saturado) para: 12 golpes de 1,21, 25 golpes de 1,61, 55 golpes de 3.02. Luego para la base se tuvo de las 5 muestras una densidad seca máxima de 2061 kg/m<sup>3</sup> en la curva de compactación. El estudio concluyó que el grosor del manto en la base se redujo significativamente y encontró que no había una mejora típica cuando se usaban geotextiles y geomallas. [14]

A su vez, en la investigación *“Study of granular platforms behaviour over soft subgrade reinforced by geosynthetics: experimental and numerical approaches”*, La metodología de estudio se ha desarrollado en base a un protocolo experimental de laboratorio a gran escala. Tuvo como objetivo realizar pruebas de laboratorio a gran escala para investigar la contribución del refuerzo a la mejora de los tableros de puentes sin

pavimentar. Para ello, se creó una plataforma de tierra con 600 mm de subrasante artificial que obtuvo como resultado un CBR del 12%. Se estableció procedimientos de prueba detallados, que incluyen labranza, instalación y compactación, para reproducir el estado del sitio y asegurar la reproducibilidad del suelo en cada prueba. En conclusión, se ha demostrado que las cargas de tráfico causan más daño debajo del piso o en la capa de cimentación. Además, se utilizó FLAC 3D para desarrollar un modelo digital basado en el método del elemento diferencial. [15]

Asimismo en la investigación titulada: *“In situ Resilient Modulus for Geogrid-Stabilized Aggregate Layer: A Case Study using Automated Plate Load Testing”*. La metodología de estudio empleada consistía en determinar mediante pruebas dinámicas con penetrómetro de cono, y se iba a pavimentar con mezcla asfáltica en caliente. El objetivo del estudio es describir el rendimiento del campo compuesto estable basado en geomallas. Los resultados de 1000 ciclos de prueba muestran que el módulo elástico in situ del material compuesto en la sección estabilizada de la geomalla es de aproximadamente 236 MPa (3 ksi) con una tensión repetida de 331 kPa (8 psi). Como conclusión el módulo de elasticidad in situ del análisis de capa promedió 1.07 Mpa (156 ksi) para la capa base compuesta y 111 MPa (16 ksi) para la capa base. [16]

También en la investigación titulada: *“Numerical modeling of geogrid-reinforced flexible pavement and corresponding validation using large-scale tank test”*. La metodología de estudio era experimental-analítico ya que propone un modelo analítico para predecir los módulos verticales y horizontales de la UGM(material granular no ligado) reforzada con geomallas. Este trabajo tuvo como objetivo tomar en cuenta los efectos de las restricciones laterales de la geomalla estratificada, la geomalla y las interacciones agregado / suelo, y la estructura transversal no lineal irrestricta de la estructura del pavimento modelo de simulación del modelo de elementos finitos reforzado de manera flexible. Como conclusiones obteniendo los resultados de los ensayos de tres ejes, el modelo analítico desarrollado mostró una predicción precisa del módulo elástico de la geomalla reforzada.



Luego, el modelo de elementos de la interfaz de Goodman se utiliza para describir el comportamiento de contacto de la malla geosintética / suelo. [17]

En su investigación titulada: *“Laboratory evaluation of reinforced flexible geogrid pavement”*. La metodología utilizada fue experimental ya que se realiza una evaluación en laboratorio de los pavimentos flexibles reforzados con geomallas. En este estudio, se examina como objetivo, el efecto del pavimento flexible reforzado con dos tipos de geomallas perforadas y geomallas estiradas para reducir el espesor del pavimento. En conclusión, se puede ver que la tensión generada en la zanja y el subsuelo de la pieza de prueba reforzada con geomalla A (biaxial) es menor que la tensión de la pieza de prueba no reforzada. Otra conclusión dentro de los resultados fue que la presión longitudinal al pie de la pista, centrada en la interfaz rugosa de Delaware, promedió 18 en las secciones de pavimento reforzadas con Geomalla A (dos ejes) y Geomalla B (tres ejes), respectivamente. Son 1% y 2%. Utilizando un valor de reducción de sustrato basado en los resultados de tensión normal, incluidas las geomallas en suelos resistentes, el espesor del sustrato se redujo en aproximadamente un 7%. [18]

Con valores de profundidades, en la investigación titulada: *“Effect of geogrid-reinforcement in granular bases under repeated loading”*. La metodología de estudio empleada fue experimental ya que se llevaron a cabo ensayos de carga de placa repetida para caracterizar la deformación de los materiales del pavimento sometidos a diferentes patrones de carga. El objetivo es determinar la posición óptima de la geomalla a lo largo de la profundidad de la capa base para minimizar la profundidad de la zanja. Con base en los resultados y las conclusiones, se observa que la profundidad óptima de colocación de la geomalla para minimizar la deformación permanente es de 50 mm. Las geomallas colocadas a una profundidad de 50 mm reducen la deformación permanente en casi un 0% en comparación con las geomallas colocadas a una profundidad de 150 mm y 100 mm. Los estudios han demostrado que la resistencia a la deformación de las secciones con

geomallas ajustadas a 50 mm es menor que la de las secciones con geomallas ajustadas a 100 mm y 150 mm. [19]

Mientras que, en la investigación titulada: *“Effect of binder rates and geogrid characteristics on the shear bond strength of reinforced asphalt interfaces”*. La metodología de estudio es experimental ya que se construyeron secciones de pavimento a escala real para estudiar los efectos de los geosintéticos, además tenía como objetivo estudiar el efecto de varias tasas de aplicación de aglutinante en combinación con las propiedades de la geomalla (físicas y mecánicas) sobre los parámetros más influyentes utilizando la prueba de corte de Reutner, plano compuesto. Para la interfaz de geomalla evaluada en este estudio, se tuvo como resultados que la resistencia al corte medida varía de 0.1 a 1.6 MPa, mientras que el valor para la interfaz no reforzada varía de 1.0 a 1.63 MPa. Al comparar las muestras reforzadas y no reforzadas, se concluyó que la muestra no reforzada generaba la máxima resistencia al corte en todas las tasas de adhesión, y la presencia de geomalla en la interfaz reducía el valor de unión durante el corte. [20]

También, en la investigación titulada: *“Selected laboratory research on geogrid impact on stabilization of unbound aggregate layer”*. La metodología de estudio es experimental ya que se evalúan el comportamiento de la geomalla y de las capas circundantes de áridos no ligados en condiciones de carga vertical, aplicada a la superficie del sistema de capas. El objetivo era evaluar mediante ensayos el comportamiento de la geomalla de agregado no conectado y las capas circundantes bajo condiciones de carga vertical aplicadas a la superficie del sistema de capas. Los resultados de la prueba presentados deben considerarse preliminares. Sin embargo, durante este período, la deformación máxima de la geomalla observada bajo la carga primaria fue de 1.270  $\mu\text{m}/\text{m}$ . Los ciclos posteriores de carga y descarga muestran que el aumento de la deformación se ha reducido significativamente. Teniendo en cuenta la deformación del suelo (carga de tráfico) durante el uso de toda la estructura del pavimento, se concluyó que la deformación es menor que la deformación observada en los dos ciclos, es decir, menos de 10. [21]

En la investigación titulada: *“Quantifying the effects of geogrid reinforcement in unbound granular base”*. La metodología empleada es empírica experimental ya que se realizaron ensayos de laboratorio, tales como módulo de resiliencia. El propósito de este estudio fue probar un módulo de prueba de carga repetidora elástica (RLT) de 3 ejes para simular cargas de tráfico para agregados agregados y no reforzados y de 2 ejes para adaptarse a 150 mm de diámetro. En cuanto a los resultados y conclusiones, se encontró que el ensayo de cizallamiento periódico mostró un mayor potencial para cuantificar el efecto reforzante de las geomallas en el metal base. En la prueba RLT, debido al tamaño limitado de la muestra, la geomalla no puede contener material granular no conectado horizontalmente. En comparación con la prueba RLT, la cantidad de matrices utilizadas en la prueba de corte periódica es mucho mayor (180 y 20 en geomallas de 2 ejes y 3 ejes, respectivamente) y las partículas de aglomeración pueden proporcionar una supresión efectiva. [22]

En la investigación titulada: *“Evaluating the impact of different types of stabilised bases on the overall performance of flexible pavements”*. La metodología empleada es empírica experimental ya que se realizaron ensayos de laboratorio como pruebas de caída deflectómetro de peso (FWD) en todas las secciones. El objetivo consistía en evaluar el impacto de las capas de base estabilizadas y no tratadas como la fatiga y la formación de roderas en los pavimentos flexibles. Como resultados se indica que la sección de la base estabilizada con geomalla tuvo un mayor coste de ciclo de vida mientras que la sección de control tuvo el más bajo. Se concluye finalmente que el impacto de las geomallas depende de muchos factores y que se tiene que hacer mas investigaciones. Además la estabilización de la capa de base puede no tener un impacto significativo en el rendimiento general de las roderas de los pavimentos flexibles, ya que el rendimiento de las roderas previsto para todas las secciones del pavimento era similar. [23]

En la investigación titulada: *“Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials”*. La metodología empleada es empírica experimental ya

que se realizaron ensayos. Este estudio tenía como objetivo evaluar el rendimiento del refuerzo geosintético en diferentes capas de pavimento y su potencial de mitigación de las roderas. Los resultados muestran que las profundidades máximas de ahuecamiento de cada sección oscilaron entre 17 y 23 mm. Las deformaciones verticales medidas en la placa de asentamiento incrustada en la capa de CA fueron sólo de 10,5, 8,2, 11,0 y 7,2 mm para las secciones P1, P2, P3 y P4, respectivamente. Se concluye que los ensayos de campo a escala real proporcionan una buena comprensión de la influencia de los geosintéticos en el comportamiento de las roderas, ya que todas las secciones reforzadas muestran mejoras significativas en la resistencia a las roderas. [24]

Por otro lado, en la investigación: *“Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo tayabamba – ongon. Provincia de pataz. La libertad”*. La metodología empleada se considera experimental con cierto grado de control de la variable de presencia – ausencia. Tenía como propósito analizar el uso de geomallas biaxiales para reforzamiento de un pavimento flexible en la articulación entre la base de la Vía Expresa Taya Bamba y la subbase aplicada. Como resultados se tiene que de las comparaciones realizadas entre los tres ensayos, la geomalla LBO 202 concluye en la reducción de la base en un 2% y la cimentación en un 3% y para la geomalla que redujo en un 8% la base y en un 50% la subbase. [25]

También en la investigación: *“Influencia De La Geomalla En El Diseño Del Pavimento Flexible En La Vía De Evitamiento Norte – Cajamarca, 2017”*. La metodología de estudio es experimental. Tuvo como objetivo precisar la influencia de la adición de geomalla en el planteamiento del pavimento por lo que se desarrolló 4 excavaciones en el cual el diseño CBR fue de 2.25%, por lo tanto, considerando valores bajos, se encontró que el tipo de suelo preponderante fue A-7. Se realizaron 3 diseños como alternativa. Los resultados arrojan que en los pisos considera el espesor de las capas de grano. En los casos de Tenax lbo 202 y 302 el espesor se reduce en 7, 50 cm. Sin embargo, se concluye que, en el

recorrido detallado, la geomalla lbo202 produce una caída de 11,00 cm y la geomalla lbo302 produce una caída de 13,00 cm. [26]

A su vez, en la investigación titulada: “Comparación Entre El Diseño De Pavimento Rígido Y Flexible Reforzados Con Geomalla Biaxial En La Pavimentación De La Av. Perú De La Ciudad De Chota- Cajamarca”. La metodología empleada es de tipo aplicativo y diseño descriptivo. El propósito de esta investigación era realizar un análisis que compare la conducta mecánica y el costo entre el diseño de 2 pavimentos (flexible y rígido) reforzados con geomalla de doble eje. Como resultados de los ensayos se tiene que el valor más crítico de CBR fue de 2.5%. Luego, se concluye que en el diseño de pavimento rígido se tiene que el espesor de la capa subbase se ve reducida teniendo 20 cm en tanto al flexible que resulta 30.2 cm ambos con refuerzo de geomalla biaxial (BX-1200 por lo tanto lo más óptimo sería el pavimento rígido. [27]

Asimismo en la siguiente investigación: “Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(vía)”. Para la metodología de estudio se plantea el desarrollo de un ejemplo de aplicación para el refuerzo de una base con pavimento, una con geomalla triaxial y otro sin refuerzo. Tenía como objetivo evaluar la geomalla de 3 ejes como elemento de refuerzo de la interfaz de subrasante de pavimento flexible, para optimizar el espesor del pavimento, para elevar la resistencia de la subcapa y preservar la durabilidad del pavimento. Como conclusiones se obtuvo que el grosor del manto de partículas de las secciones diseñadas con la geomalla triaxial reforzada se reduce un 33,33% en comparación con las secciones no reforzadas, lo que significa que se utiliza menos material granular. Se obtuvieron los siguientes resultados de CBR: Subbase C1 / M1= 45,10 (95%) 76,60 (100%) ; Subrasante C2 / M2= 6,70 (95%) 11,80 (100%). [28]

También, teniendo en cuenta la investigación: “*Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria*”. La metodología que se optó para esta investigación es experimental. Tuvo como

propósito determinar la capacidad de carga que se podría proporcionar implementando una geomalla de bambú en la unión entre los mantos del pavimento (base y subbase). Además de comparar el límite elástico del piso flexible convencional bajo consideración y el piso de geomalla flexible biaxial y multiaxial. Como conclusión se observó que el suelo no es lo suficiente para soportar las cargas, por eso este suelo se transforma a 12,7 mm. Requiere 387,55 kgf / cm<sup>2</sup>. Para la comparación se tuvo el valor dado por CBR, el biaxial del bambú para cargas estáticas de piso normal. El aporte de resistencia adicional generado por la geomalla es de 20%CBR. [29].

En la investigación titulada: *“Propuesta técnica económica para mejorar la resistencia de subrasante mediante aplicación de geomallas en Av. Mesones Muro 0+000 - 2+066.025 km Chiclayo”*. La metodología utilizada es descriptiva no experimental. Tuvo como propósito, analizar mediante ensayos el uso de refuerzo de geomalla para aumentar la resistencia de la subrasante. La propuesta consiste en la implementación de la geomalla TX-160. De los ensayos pertinentes se obtuvo un CBR del suelo de 6.5%. Se determinó los espesores: subbase (10.5”), base (8”), capa de rodadura (3”). Y aplicando la geomalla se concluye que los espesores del pavimento estructural: subbase (7”), base (6”), capa de rodadura (3”), lo cual expresado en porcentajes de reducción con respecto a las capas de subbase (33%) y en la base (25%). [30]

Por otro lado, en la investigación titulada: *“Estudio definitivo de la pavimentación de los AA.HH. Señor de los Milagros, 18 de Febrero, Alameda y Los Ángeles, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque”*. La metodología de estudio es considerada como de diseño experimental. Tiene como objetivo realizarse el proyecto definitivo de la pavimentación de los Asentamientos Humanos, porque hay que mejorar las vías urbanas. La opción elegida para este estudio es la opción 02, con un pavimento resiliente mejorado con aditivos Geogrid y Conade. Como conclusión se tiene que al final del estudio y al elegir el pavimento adecuado para el diseño, se observó que la morfología del área de estudio indica una ligera pendiente, un soporte del suelo deficiente y

valores bajos de CBR. Más del 6% se debe a la elección de la mejora del suelo con los aditivos CONAID y Triax Geogrid. Esto aumentará el valor CBR. Utilizando el diseño de AASHTO 93, por el método PCA tiene un CBR superior al 10% y una geomalla que utiliza el CBR del 30%. [31]

Se menciona también en la investigación titulada: *“Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque”*. La metodología de estudio tiene como índole descriptiva, debido a que se va a ocuparse con resultados de laboratorio. Tuvo como objetivo diseñar, mejorando la resistencia en la capa estructural del pavimento haciendo uso de geosintéticos. Luego de realizar los ensayos previstos en este trabajo se menciona que en los resultados y conclusiones se calcula un CBR promedio de 7.22% a 1.50m a nivel de subrasante, por lo que el diseño de geomalla propuesto es una geomalla de 2 ejes extruida (MACGRID® EGB 20) por su alta capacidad estructural en el pavimento por lo que según el CBR el cual está en el rango de un diseño con geomalla entre 6% - 10%. [32]

En la investigación: *“Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en la Urbanización: El Ingeniero I, Chiclayo”*. Tiene como objetivo diseñar un pavimento flexible aplicando geomalla de fibra de vidrio como refuerzo. En los resultados obtenidos de las pruebas, la densidad seca máxima de CBR en la calicata 1 fue de 8,75%, mientras que la densidad seca máxima de CBR en la calicata 3 fue de 9,60%. Por lo tanto, se concluye que, el proyecto se determina utilizando la media de los datos recuperados. Diseño CBR = 9,18%. Luego, la geomalla termina con una demostración de diseño de que el grosor de la lámina de asfalto se acorta al 28% en comparación con el diseño tradicional. [33]

Por otro lado se tiene que en la investigación: *“Diseño de infraestructura vial para transitabilidad entre localidades Mórrope Km0+000 y Monteverde Km15+680, Mórrope, Lambayeque – 2018”*. El objetivo de la investigación era determinar el estado situacional del proyecto en estudio y diseñar la pavimentación. Se realizó una serie de ensayos en los

cuales se determinó que el CBR de diseño 13.88%. Se determinaron los resultados de los espesores de los mantos del pavimento a diseñar por el método AASHTO 93 lo cual señala como conclusiones: la subbase 15 cm, la base 15 cm y la carpeta de rodadura 5cm. [34]

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera influye el uso de geomalla de bambú en las propiedades mecánicas de un suelo para pavimento flexible?

## **1.3. Hipótesis**

La adición de la geomalla de bambú como refuerzo influye significativamente en las propiedades del suelo para pavimento flexible.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las propiedades mecánicas de un suelo para pavimento flexible utilizando geomallas de bambú.

### **Objetivos específicos.**

- a) Evaluar las geomallas de bambú mediante ensayo de tracción con medidas de 1cm de ancho; 1mm, 2mm, 3mm de espesor.
- b) Evaluar las geomallas de bambú mediante ensayo de flexión con medidas de 1cm de ancho; 1mm, 2mm, 3mm de espesor.
- c) Evaluar el CBR del suelo en estudio.
- d) Evaluar el CBR del suelo en estudio con incorporación de geomallas de bambú con medidas de aberturas de 1, 2, 2.5 y 3cm.
- e) Determinación del mejor diseño de geomalla a utilizar.



## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. El suelo**

Capa delgada de material terroso no consolidado que se encuentra en la interface de la atmósfera, la biosfera y la litosfera. Esta capa, que puede tener un espesor que va desde pocos centímetros hasta algunos metros, es el lugar donde interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera como el aire, el agua, la temperatura y el viento, junto con rocas, sedimentos y elementos preexistentes. En esta capa se llevan a cabo intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, lo que produce una complejidad considerable. [35]

### **1.5.2. El Pavimento**

Disposición estructural multicapa conformada sobre una plataforma que resiste y dispersa la presión provocada por los vehículos, mejorando así la seguridad y el confort del tráfico. Suele incluir los siguientes niveles: base, subgraves, por defecto. [36]

### **1.5.3. Estructura típica de un pavimento**

**Subrasante:** Capa del mismo suelo o suelo natural, definido como la parte esencial de la carretera ya que resiste la disposición estructural del pavimento. El espesor de diseño depende de su capacidad de carga. [37]

**\*La Geomalla:** Tipo de geosintético que consta de un conjunto de nervaduras paralelas conectadas a un orificio lo suficientemente grande como para permitir la suspensión de materiales expuestos. [38]

**Subbase:** Se trata de un manto definido de terreno. Su espesor de diseño depende de la capacidad de carga que soporta la capa de rodadura y la base. Se puede utilizar como regulador de drenaje y capas capilares. [37]

**Base:** Se ubica antes de la capa de rodadura o asfalto y cuya función consiste en absorber, mantener y reducir las tensiones provocadas por las cargas de tráfico. [37]

**Capa de rodadura:** Parte superior del pavimento, betún (plástico) u hormigón Portland (duro) o pavimento, su función es la de soportar directamente el tráfico. [37]

#### **1.5.4. Propiedades mecánicas**

##### **1.5.4.1. Resistencia**

Para que un material proporcione una buena resistencia, debe tener un conjunto de propiedades, como una buena composición. Es decir, las partículas deben ser de diferentes tamaños y formas adecuadas para crear una fuerte fricción y unión internas. [39]

##### **1.5.4.2. Rigidez**

Cuando se aplica una carga al material base del listón flexible, la composición dimensional y las partículas requeridas por el dispositivo afectan y cambian, y las propiedades estructurales también son diferentes, por lo que es necesario evitar que se agriete o no se rompa. [40]

##### **1.5.4.3. Durabilidad**

Según el autor, la resistencia está relacionada con las propiedades respectivas, pero estas propiedades estaban en el momento de la investigación mediante pruebas estándar aprobadas en el momento del diseño del piso, pero estas propiedades no se tienen en cuenta. La vida útil varía y puede fallar debido a la acumulación de tensión o la rotura de la partícula. [41]

### 1.5.5. Propiedades físicas

Tabla I.

Propiedades físicas de los materiales granulares

Tipo de Ensayo	Base
Valor mínimo de CBR (AASHTO-T-193)	80%
Abrasión Máxima "Los Ángeles" (AASHTO T-96)	45%
Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90)	25%
Límite Líquido Máximo	25%
Índice de Plasticidad Máximo	4%

Nota: Se muestran los valores de propiedades físicas para material granular (base).

### 1.5.6. Tipos de pavimentos

#### 1.5.6.1. Pavimentos flexibles

Disposición estructural constituida por capas base, subbase y una carpeta asfáltica de rodadura compuesta con materiales bituminosos, agregados y en algunos casos aditivos.

[36]

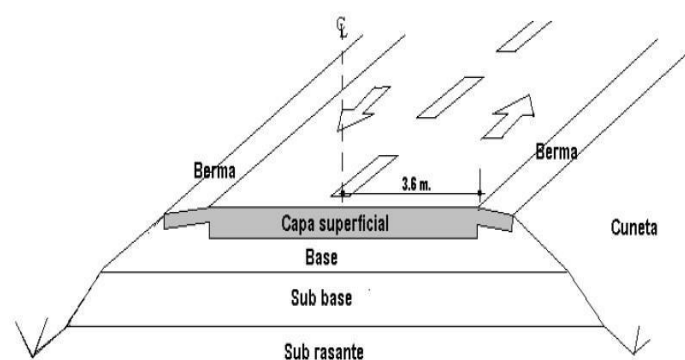


Fig. 1. Estructura típica de un pavimento flexible.

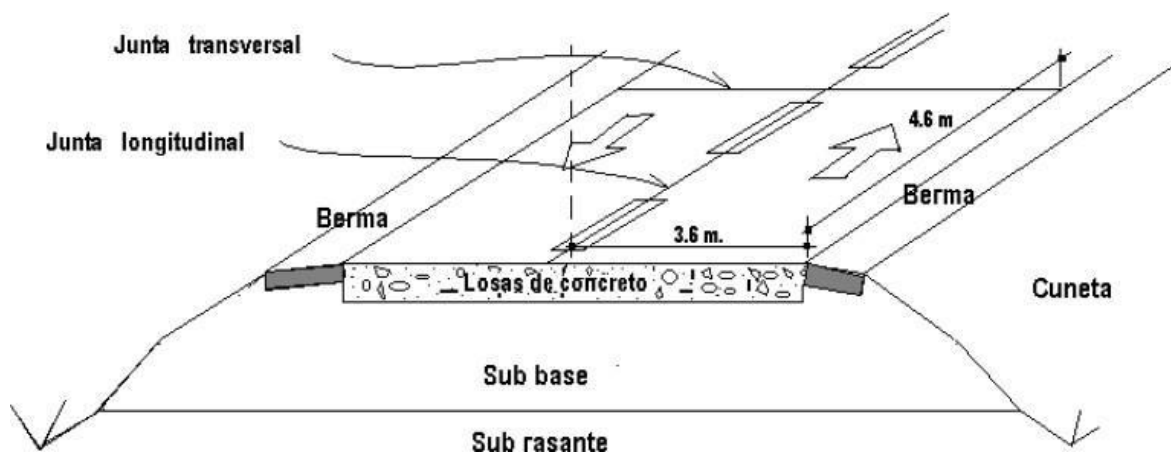
Nota: Se identifica las capas típicas de un pavimento flexible según [36].

### 1.5.6.2. Pavimentos semirrígidos

Es esencialmente una disposición estructural de carretera que consta de una capa de pavimento asfáltico y un espesor total de betún (una capa de asfalto caliente sobre una base tratada en algunos casos con emulsiones de asfalto). Las estructuras hechas de esteras de asfalto sobre sustratos cementados o tratados con cal también se consideran suelos semirrígidos. Los suelos de adoquín se han incluido en la categoría de suelos semirrígidos. [36]

### 1.5.6.3. Pavimentos rígidos

Se construye especialmente con una base granular o balasto granular que se puede estabilizar con concreto, asfalto, cal y/o una capa de desgaste de concreto y ácido clorhídrico como aglutinantes, arena, grava y opcionalmente aditivos. [36]



**Fig. 2.** Estructura típica de un pavimento rígido.

*Nota:* Se identifica las capas típicas de un pavimento rígido según [36].

### 1.5.7. Diseño estructural de pavimentos

Se define como el proceso de determinación del espesor de un revestimiento edificable (superficie, contrapiso, contrapiso), que resiste, transmite y distribuye las cargas provocadas por el tráfico, evitando deformaciones y perturbaciones excesivas del

pavimento. Por lo tanto, el diseño debe garantizar un rendimiento suficiente durante toda la vida del pavimento. [42]

### 1.5.7.1. Método de diseño

Mientras esté versión más actualizada, puede usar métodos de diseño estructural basados en muchos años de teoría y experiencia, como los métodos AASHTO93 y PCA comúnmente usados en Perú. Para utilizar otros métodos de diseño, debe incluirse en el anexo del informe explicativo. [43]

#### - MÉTODO AASHTO 1993

La versión 1993 del método AASHTO detalla los pasos para calcular las medidas estructurales de la sección transversal de tanto de pavimentos flexibles como rígidos. En el primer caso, se asume que puede soportar el volumen de tráfico durante el período de diseño, por lo que es un método de resolver el pavimento actual con tratamiento de asfalto y superficie únicamente. [44]

El objetivo del método AASTO93 es calcular el numero estructural (SNr) requerido. Con base en eso, determina el grosor de cada capa de la estructura. Debe estar hecho en el tablero para soportar la carga del vehículo en condiciones de funcionamiento aceptables. [44]

Para determinar el número estructural requerido: (SNr)

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}(M_R) - 8.07$$

- $W_{18}$  = # ejes equivalentes o repeticiones esperadas para el período de diseño.
- $M_R$  = Módulo Resiliente en la subrasante expresado en psi
- $S_0$  = Desviación estándar total o global
- $Z_R$  = Desviación estándar normal.

- $\Delta$ PSI = Diferencia entre la Serviciabilidad final e inicial
- SN = Número estructural

El SN se expresa como:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

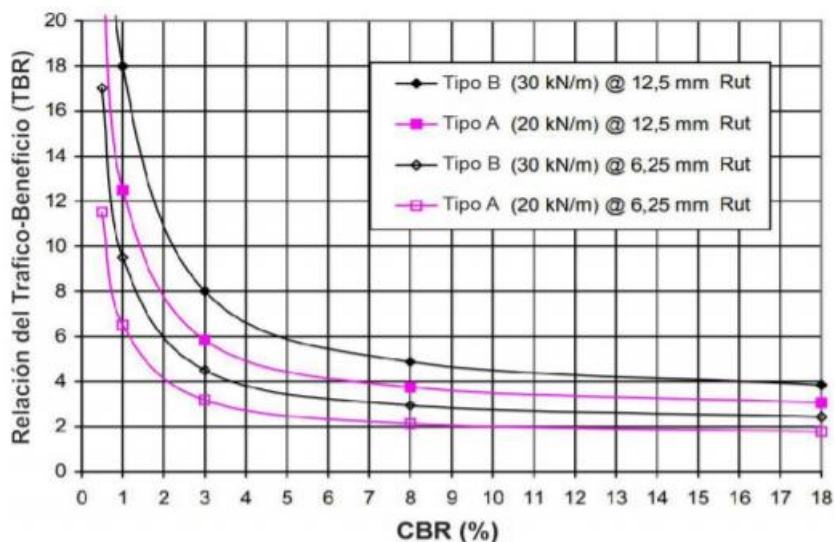
$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de las capas

$D_1, D_2, D_3$  = Espesores de las capas.

$m_2, m_3$  = Coef. de drenaje para bases y subbases granulares.

### - MÉTODO AASHTO 93 CON GEOMALLA

AASHTO menciona que ha desarrollado un método de implementación de geomallas como refuerzo del análisis, logrado a través de pruebas de laboratorio a gran escala. Para ello, se evaluaron tres variables: resistencia del suelo (CBR), espesor del manto de grava, propiedades geosintéticas utilizadas y un número de ejes equivalentes, también conocido como ESAL. [45]



**Fig. 3.** TBR vs CBR de la subrasante – Tenax (2010)

*Nota:* Se identifica el gráfico de TBR vs CBR de una subrasante.

Según AASHTO en la gráfica anterior se muestra una curva de mejora de la tasa de utilización de la geomalla. Este valor se llama Traffic Benefit Ratio (TBR). Tenga en cuenta que si el valor de CBR es inferior al 5%, el TBR mejorará significativamente. En resumen, con base en las razones anteriores y la prueba a gran escala. [45]

Las ventajas de usar una geomalla se pueden expresar mediante la siguiente fórmula:

$$SN = a_1D_1 + a_2LCRD_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde: LCR= Relación del coeficiente de la capa

El LCR mide el aporte resistente de la geomancia a la disposición estructural del pavimento. La relación del coeficiente de la capa ha sido definido basándose en ensayos de laboratorio y comprobaciones en obra, en estructuras de pavimentos asfálticos tradicionales y con la aplicación de geomallas evaluados bajo las mismas condiciones y es superior a uno. [45]

1.5.7.2. Requerimientos mínimos de diseño:

**Tabla II**  
**Requisitos de diseño estructural de pavimentos urbanos. Fuente: ICG (2014)**

Elemento / Tipo de pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar Espesor compactado: ≥ 250 mm - Vías locales y colectoras ≥ 300 mm - Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40%		CBR ≥ 30 %
Base		CBR ≥ 80%	N.A *	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la imprimación ≥ 5 mm	N.A *	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm		≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm	≥ 150 mm	≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		N.R**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	N.R**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 Mpa)	f'c ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 Mpa)



### **1.5.8. Geosintéticos**

Los geosintéticos son considerados un producto en el que uno de sus componentes se basa en polímeros sintéticos o naturales. Y está en forma de filtros, tapas, placas o estructuras tridimensionales. Utilizado en la interacción geo sintético-suelo u otros materiales en el campo del estudio de suelo y la ingeniería civil. La fabricación de materiales geosintéticos involucra principalmente procesos de extrusión, tecnologías textiles y / o tecnologías tanto textiles como plásticas. Las fibras geosintéticas provienen de láminas artificiales compuestas principalmente de polímeros, siendo los más usados en la actualidad el polipropileno y poliéster. [46]

Los geosintéticos se fabrican para la conversión industrial de los llamados "plásticos" químicos conocidos como "polímeros" derivados del petróleo, que se procesan y eventualmente se convierten en mallas, láminas, fibras, tejidos, etc. Muchos de ellos, se utilizan en la geotecnia e ingeniería civil. [47]

El geosintético también se utiliza como separador para evitar que el suelo fino migre hacia la capa base y las capas posteriores. [48]

Usar geosintéticos cumple función de filtración es decir, permite que el flujo de agua sea exactamente perpendicular a su plano mientras se mantiene el material liso. Esto requiere un orificio lo suficientemente grande para que pase el agua y lo suficientemente pequeño para contener partículas sólidas. [49]

Otra función que los geosintéticos pueden realizar en pavimentos es el refuerzo. Que consiste en mejorar la capacidad de carga del suelo. [49]

#### **1.5.8.1. Geotextiles**

El grupo de geosintéticos se define como tejidos planos, polímeros permeables (sintéticos o naturales) y geotextiles utilizados en ingeniería civil para aplicaciones de

geoingeniería para tener interacción con el suelo (suelo, rocas, etc.) de otros materiales. [46]

#### **1.5.8.2. Geomallas coextruídas**

El manual de Geosistemas de Mexichem establece que existen diferentes formas de incrementar la capacidad de carga o la resistencia de suelos blandos. Uno de ellos es antiguo y sigue siendo eficaz para fortalecer el suelo fijando horizontalmente las partículas de material y aumentando su resistencia al empuje o tracción. Normalmente, estos resultados se han logrado mediante el uso de ramas retorcidas o colocando el tronco verticalmente. Con el avance de la tecnología se ha permitido el uso de compuestos especialmente diseñados para lograr los mismos efectos de tensión lateral y tracción que las geomallas bidimensionales combinadas. La geomalla de coeficiente es una estructura polimérica bidimensional formada por una red regular de tendones unidos inseparablemente por suelo, roca extruída u otro material geosintético circundante. [46]

Las geomallas reforzadas están hechas de una variedad de materias primas, incluidos polímeros y minerales. Tienen diferentes tamaños y formas de células, que influyen en gran medida en la deformabilidad del estroma, pero el mecanismo aún se conoce poco. Esto se debe a que no existe un modelo de deformación de material granular reforzado y científicamente confiable ni una teoría computacional de pisos con capas de refuerzo que contengan capas de material granulado. [50]

Las geomallas que se adhieren entre sí aumentan la resistencia al corte del suelo. Cuando se aplica una carga normal al suelo, se comprime y crea una relación entre los mantos de suelo en el que se encuentra el geosintético. La adición de geomalla reduce la resistencia al movimiento, por lo que las geomallas también causan aglomeración en materiales granulares. [46]

La expectativa de usar refuerzo de geomalla para refuerzo de cimientos es que el suelo reforzado debajo de la estructura de la carretera debe evitar grietas, grietas, agujeros

o colisiones en el pavimento debido al suelo de turba blanda parcialmente reforzado existente. [9]

Las geomallas uniaxiales suelen estar recubiertas de poliéster, que es extremadamente resistente a las fuerzas del suelo. **El uso de geomallas uniaxiales** se centra en muros de refuerzo internos, muros de contención segmentados, taludes y terraplenes. [51]

Una de las principales ventajas de utilizar una **geomalla biaxial** es que proporciona contención lateral para aumentar la resistencia a la tracción presente en el suelo. Las geomallas de pavimentación biaxiales pueden reducir el esfuerzo cortante y la deformación en el pavimento, y el estrés del suelo reduce la deformación cortante. [51]

Otra ventaja de utilizar una geomalla de dos ejes en la carretera es que proporciona mayor vida útil del sistema estructural original del pavimento y se reduce el grosor de los mantos de suelo en el pavimento. Tenga en cuenta que el impacto sobre el medio ambiente se reduce significativamente. Reduciendo el espesor de la capa de partículas granulares en el suelo. [52]

**Geomallas triaxiales** proporcionan simultáneamente una estructura con mayor resistencia o mayor reducción de espesor. No solo estamos aumentando nuestra investigación para comprender los mecanismos que contribuyen a las geomallas, sino que también estamos planteando un nuevo desafío para facilitarlas. [51]

### **1.5.8.3. Geomalla de fibra de vidrio**

Se trata de geomallas adaptables que se utilizan entre capas de asfalto generalmente utilizadas en carreteras, carreteras, vías de poco tráfico, carreteras, aeropuertos y muelles de la estación, protegidas de la fatiga y la deformación plástica. Su función principal es proporcionar la necesaria solidez a la tensión de la capa asfáltica y establecerla bajo cargas verticales. Las fuerzas laterales se distribuyen uniformemente en un área más grande, convirtiéndose en un camino libre de grietas durante varios años. [46]

#### **1.5.8.4. Geocompuestos de drenaje**

Se define como el resultado de la combinación de las cualidades más sobresalientes de un geotextil y geored, de tal manera que sus funciones de captación y conducción de fluidos sea la más óptima.

La geored son geosintéticos especialmente diseñados para la transferencia de fluidos, resistentes a los factores que involucren la temperatura, la biología y la química que están presentes en el suelo y que afectan la integridad estructural y el desempeño además que son fabricados con materiales potenciales. [46]

#### **1.5.8.5. Geomembranas.**

Se utilizan en todo tipo de materiales afines y se precisan como revestimientos o barreras de muy baja porosidad y que son aplicados en ingeniería geotécnica para controlar el movimiento de sustancias líquidas. Los paneles acústicos están hechos de láminas respectivamente finas de polímeros como HDPE y PVC, lo que permite que los paneles se unan mediante calor o fusión química sin cambiar las propiedades del material. [46]

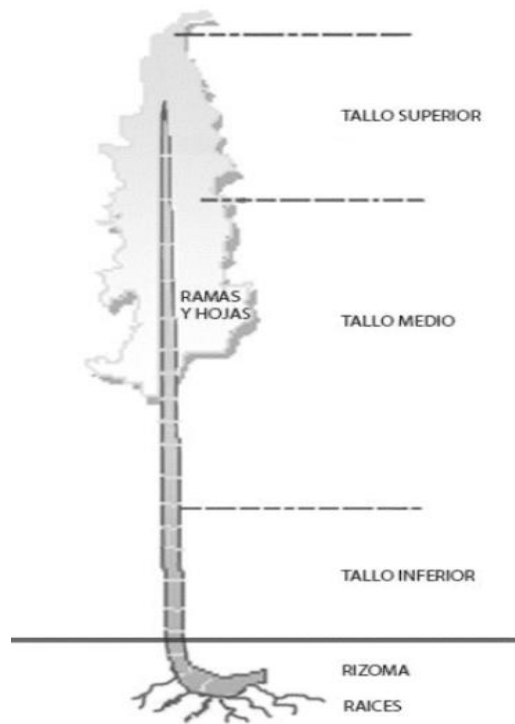
#### **1.5.8.6. Mantos para el control de erosión**

Se trata de fibras o matrices tridimensionales que aseguran la conservación de la superficie en conjunto con el refuerzo y la vegetación superficial. La clase de revestimiento utilizado en cada construcción depende del ambiente climático, la forma de la pendiente (longitud, pendiente), el tipo de suelo (propiedades de ingeniería del suelo, contenido químico y biológico, acidez del suelo). [46]

### **1.5.9. El bambú**

#### **1.5.9.1. Definición**

El bambú es un recurso natural renovable. Menciona que tiene una clasificación herbácea perteneciente a la familia Gramineae, subfamilia "Bambúe soideae". [43]

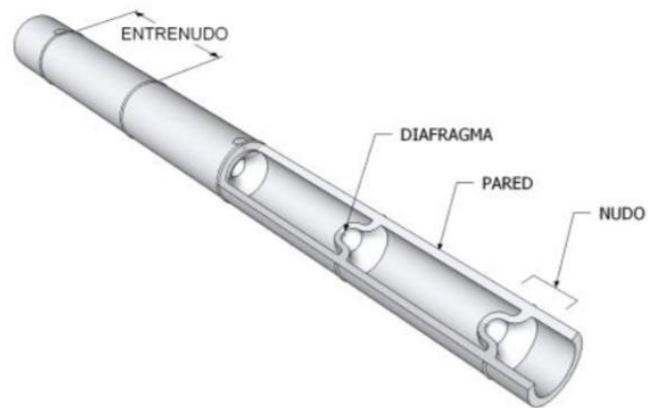


**Fig. 4.** Planta de bambú.

*Nota:* Se ilustra una planta de bambú y sus partes según Norma Técnica E.100.

La norma técnica señala las partes de la caña de Bambú:

- a) El Nudo
- b) El Entrenudo
- c) Diafragma
- d) Pared



**Fig. 5.** Parte de la caña de bambú.

*Nota:* Se identifica las partes de una caña de bambú según Norma Técnica E.100.

### 1.5.9.2. Bambú estructural - Características

La norma técnica E.100 señala que, debe utilizarse con las siguientes características:

- El bambú debe encontrarse entre 4 y 6 años para poder cosecharse.
- Si el edificio se va a construir con bambú verde, los profesionales responsables deben considerar todas las medidas de seguridad posibles para garantizar que las partes a secar tengan las dimensiones esperadas en ese proyecto.
- Las estructuras de bambú deben ser altamente resistentes a la naturaleza y estar adecuadamente protegidas de factores externos (hongos, insectos, humedad, etc.).
- Los fragmentos estructurales de bambú no deben tener una deformación axial inicial superior a 0,3L (del elemento).
- Las partes estructurales de bambú no deben presentar grietas laterales o longitudinales en todo el tramo del eje neutro del elemento. Para elementos divididos, deben colocarse en los hilos exteriores en la parte superior o en los hilos exteriores en la parte inferior.

- Los troncos de bambú agrietados menos del 20% se consideran adecuados para usarlos estructuralmente.
- Las piezas no deben presentar daños causadas por algún tipo de insecto antes de su uso.
- Los bambúes deben encontrarse en buen estado para poder usarse.

### 1.5.9.3. Análisis y diseño estructural

Se contempla lo señalado en la norma técnica E.100.

#### - Esfuerzos admisibles

La norma técnica E.100 nos dice:

- FLEXIÓN ( $f_m$ ) = 5 Mpa (50 Kg/cm<sup>2</sup>)
- TRACCIÓN PARALELA ( $f_t$ ) = 16 Mpa (160 Kg/cm<sup>2</sup>)
- COMPRESIÓN PARALELA ( $f_c$ ) = 13 Mpa (130 Kg/cm<sup>2</sup>)
- CORTE ( $f_v$ ) = 1 Mpa (10 Kg/cm<sup>2</sup>)
- COMPRESIÓN PERPENDICULAR ( $f'_{c\perp}$ ) = 1.3 Mpa (13 Kg/cm<sup>2</sup>)

### 1.5.10. Ensayos de laboratorio

#### a) Análisis granulométrico

El proceso de análisis granulométrico implica el uso de un conjunto de tamices de forma cuadrada que permiten identificar la cantidad de partículas de agregados de diferentes tamaños en una muestra seca cuyo peso es previamente establecido. [53]

El análisis granulométrico implica determinar el porcentaje de los distintos tamaños de agregados en una muestra, utilizando mallas de diferentes tamaños. Si se busca analizar granos gruesos, se recomienda utilizar el método de tamizado, mientras que para granos finos, se sugiere el uso del método del hidrómetro, ya que el tamizado no es lo suficientemente preciso en estos casos. [54]

## b) Contenido de humedad

El análisis del contenido de humedad es un método que se utiliza para mezclar muestras de suelo con la humedad que se obtuvo in situ. El proceso de secado de estas muestras provoca un cambio significativo en sus propiedades. El contenido de humedad de cada muestra se expresa en términos de porcentaje, mientras que el peso del agua eliminada se determina mediante la absorción de la humedad del suelo hasta que alcanza un peso constante en un horno con una temperatura establecida de  $110 \pm 5$  °C. [53]

Cada una de las pruebas de suelo llevadas a cabo permite obtener información acerca del contenido de humedad del suelo en cuestión. Este porcentaje de humedad brinda una perspectiva sobre el estado actual del suelo en el campo, y es considerado una de las propiedades de índice más significativas para la correlación entre el comportamiento del suelo y sus propiedades de índice. Además, la humedad del suelo se emplea para expresar las relaciones entre el agua, el aire y los sólidos en el suelo. [55]

## c) Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg se refieren al tamaño y distribución de partículas sólidas presentes en el suelo. En la mayoría de los casos, la arcilla pura presenta propiedades sólidas de menos de 0,002 mm, mientras que el limo se sitúa entre 0,06 y 0,002 mm (aunque las definiciones pueden variar según el país). Si el tamaño de las partículas es menor, la humedad retendrá el suelo. Asimismo, se ha observado que los suelos arcillosos tienen un índice de plasticidad más alto en comparación con los suelos limosos. [56]

Es esencial emplear el concepto de límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) para determinar la capacidad de deformación y soporte de un terreno. [57]



- Límite líquido

Es el contenido de agua, expresado como porcentaje del peso seco del suelo, lo que determina la transición entre los estados líquido y plástico del suelo mezclado. Esto se puede realizar utilizando un penetrómetro cónico o un dispositivo denominado el aparato de Casagrande. [58]

- Límite plástico

Por lo general el suelo tiende a cambiar de un estado líquido a un estado plástico, esto lo indica el contenido de humedad, estos métodos son los más adecuados para determinar cuándo un suelo está pasando por un cambio de estado, con el método del penetrómetro se puede saber con seguridad. [59]

d) Abrasión

Consiste en ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5mm (1 ½”) para determinar la resistencia al desgaste usando la Máquina de Los Ángeles. Es una medida de la degradación de agregados minerales de tamaños menores a 37,5mm para determinar la resistencia al desgaste. Se utiliza la Máquina de Los Ángeles. El procedimiento consiste en introducir el agregado en un barril de acero giratorio que contiene varias bolas de acero, según el tipo de masa. A medida que gira el tambor, la muestra y la bola de acero son sujetadas por el anillo de acero, que las transporta hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto aplastante. [53]

e) Porcentaje de caras fracturadas

Este método de prueba se ocupa de la determinación por masa o cantidad de una muestra de agregado grueso que contiene partículas finamente molidas o fracturadas que cumplen con los requisitos especificados. Uno de los objetivos de dichos requisitos es maximizar el esfuerzo cortante, por otro lado también, proporcionar resistencia al

tratamiento superficial de los agregados y proporcionar una mejor fricción estructural para los agregados utilizados en pavimentos granulares. [53]

f) Equivalente de arena

El propósito de este método de ensayo es proporcionar una prueba rápida de correlación de campo que indique las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm) en condiciones estándar. [53]

g) Proctor modificado

Abarca los métodos de compactación empleados en el laboratorio para establecer la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (conocido como curva de compactación). Se compactaron los suelos en un molde con diámetro de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) utilizando un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cayó desde una altura de 457 mm (18 pulg). [53]

h) California Bearing Ratio (CBR)

Explica el proceso de prueba utilizado para calcular el índice de resistencia de los suelos, conocido como California Bearing Ratio (CBR). Esta prueba se lleva a cabo generalmente en muestras de suelo preparadas en el laboratorio en condiciones específicas de humedad y densidad. Sin embargo, también es posible realizar la prueba de manera similar en muestras de suelo inalteradas extraídas del terreno. [53]

Se indica que el cálculo del California Bearing Ratio (CBR) proporciona información sobre el esfuerzo cortante de un suelo y también permite evaluar la calidad del suelo en la base, sub-base y subrasante. [60]

## **II. MATERIALES Y MÉTODO**

### **2.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **2.1.1. Tipo de investigación**

Se define como un tipo de diseño aplicada experimental, lo cual se realizará diversos ensayos a las muestras, donde se evaluará las propiedades de un diseño tradicional y otro para un diseño con la adición de geomalla de bambú en las que se tendrá un control y seguimiento de lo experimental y nos permitirá realizar la recolección de datos para poder procesarlos.

#### **2.1.2. Diseño de investigación**

Se realizó un diseño experimental, debido a que la hipótesis se verifica en concordancia con la variable independiente (geomalla de bambú).

### **2.2. Variables, operacionalización**

#### **2.2.1. Variable dependiente**

Propiedades mecánicas del suelo para pavimento flexible

#### **2.2.2. Variable independiente**

Geomalla de bambú

#### **2.2.3. Operacionalización de variables**

**Tabla III.**

**Variable dependiente.**

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnica y recopilación de datos</b>
<b>Variable dependiente:</b> Suelo (base) para pavimento flexible	Propiedades físicas	Granulometría	-	Observación, formatos y recopilación de datos – informe de laboratorio.
		Contenido de humedad	%	
		Límites de Atterberg	%	
		Clasificación de suelos	Ad.	
		Equivalente de arena	Ad.	
	Propiedades mecánicas	Caras fracturadas	%	Observación, formatos y recopilación de datos – informe de laboratorio.
		Abrasión	%	
Proctor Modificado		gr/cm <sup>3</sup>		
	CBR	%		

*Nota:* Se muestra el proceso de operacionalización para la variable dependiente de la investigación.

**Tabla IV.**

**Variable independiente.**

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>	<b>Técnica e instrumento de recopilación de datos</b>
<b>Variable independiente:</b> Geomalla de bambú	Tamaño de abertura (biaxial y triaxial)	1.00	cm	Observación, formatos y recopilación de datos – informe de laboratorio.
		2.00	cm	
		2.50	cm	
		3.00	cm	
	Propiedades mecánicas	Ensayo de flexión	kg/cm <sup>2</sup>	Observación, formatos y recopilación de datos – informe de laboratorio.
Ensayo de tracción		kg/cm <sup>2</sup>		

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

Se empleará un prototipo oportuno no probabilístico para establecer la dimensión de la muestra. En la presente investigación la población está conformada por el suelo utilizado para base de un pavimento flexible, obtenido de la cantera “tres tomas” ubicada en Ferreñafe.

### 2.3.2. Muestra

Las muestras de este estudio constan de 3 muestras de suelo, 1 por cada estudio de ensayos que se harán en laboratorio. Las cuáles serán denominadas suelo *M1* (sin refuerzo), *M2* (con refuerzo de geomalla de 2 ejes), *M3* (con refuerzo de geomalla de 3 ejes). Estas dos últimas se evaluarán con medidas de 1, 2, 2.5 y 3 cm para las aberturas de las geomallas de bambú.

La muestra natural abarcará un total de 8 ensayos, constituidos por ensayos físicos y ensayos mecánicos.

**Tabla V.**

#### **Cantidad de ensayos realizados para la muestra natural.**

<b>Ensayos – Suelo natural</b>	
Descripción	Muestra (M1)
Granulometría	1
Contenido de humedad	1
Límites de Atterberg	1
Equivalente de arena	1
Abrasión	1

Cara fracturada	1
Proctor Modificado	1
CBR	1
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>

*Nota:* Se muestra el total de ensayos para muestra natural de la presente investigación.

Las muestras de tiras de bambú comprenderán un total de 30 ensayos. De los cuales 15 son de flexión y 15 de tracción.

**Tabla VI.**

**Cantidad de ensayos de flexión y tracción a tiras de bambú para geomalla.**

<b>Ensayos – Tiras de bambú</b>			
Descripción / Espesor	1 mm	2 mm	3 mm
Flexión	5	5	5
Tracción	5	5	5
Subtotal	10	10	10
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>		

*Nota:* Se muestra el total de ensayos a flexión y tracción para muestras de espesor 1 mm, 2 mm y 3 mm.

La muestra abarcará un total de 8 ensayos de Proctor modificado y CBR a los cuales se les incluirá la geomalla biaxial de bambú con aberturas de 1 cm, 2cm, 2.5 cm y 3 cm.

**Tabla VII.**

**Cantidad de ensayos para el suelo con inclusión de geomalla biaxial.**

<b>Ensayos (Suelo + Geomalla Biaxial)</b>				
Descripción/Abertura	1.0 cm	2.0 cm	2.5 cm	3.0 cm
Proctor Modificado	1	1	1	1
CBR	1	1	1	1
Subtotal	2	2	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>			

*Nota:* Se muestra el total de ensayos de Proctor y CBR para el suelo con inclusión de geomalla biaxial.

La muestra abarcará un total de 8 ensayos de Proctor modificado y CBR a los cuales se les incluirá la geomalla triaxial de bambú con aberturas de 1 cm, 2cm, 2.5 cm y 3 cm.

**Tabla VIII.**

**Cantidad de ensayos para el suelo con inclusión de geomalla triaxial.**

<b>Ensayos (Suelo + Geomalla Triaxial)</b>				
Descripción/Abertura	1.0 cm	2.0 cm	2.5 cm	3.0 cm
Proctor Modificado	1	1	1	1
CBR	1	1	1	1
Subtotal	2	2	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>			

*Nota:* Se muestra el total de ensayos de Proctor y CBR para el suelo con inclusión de geomalla triaxial.



## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

#### *Observación*

En relación al objetivo principal de la presente investigación y la secuencia para obtener los datos, se utiliza la técnica de observación directa.

#### *Análisis de información documentaria*

Obtención de datos a través de la lectura de diversas fuentes como libros, revistas, tesis y artículos con el fin de conocer los métodos de recolección de información y así llevar a cabo una investigación rigurosa y obtener resultados fiables.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los datos obtenidos se registrarán en una ficha de registro de datos brindada por el laboratorio donde se trabajó los ensayos que al final servirá para emitir las conclusiones de la investigación.

### **2.4.3. Validez**

Se validarán los instrumentos utilizados en el laboratorio al momento de realizar los ensayos, los cuales se adjuntarán en los anexos del presente trabajo, así mismo las mediciones y recopilación de datos y también la ficha de indicador de precios unitarios para las muestras mencionadas anteriormente.

### **2.4.4. Confiabilidad**

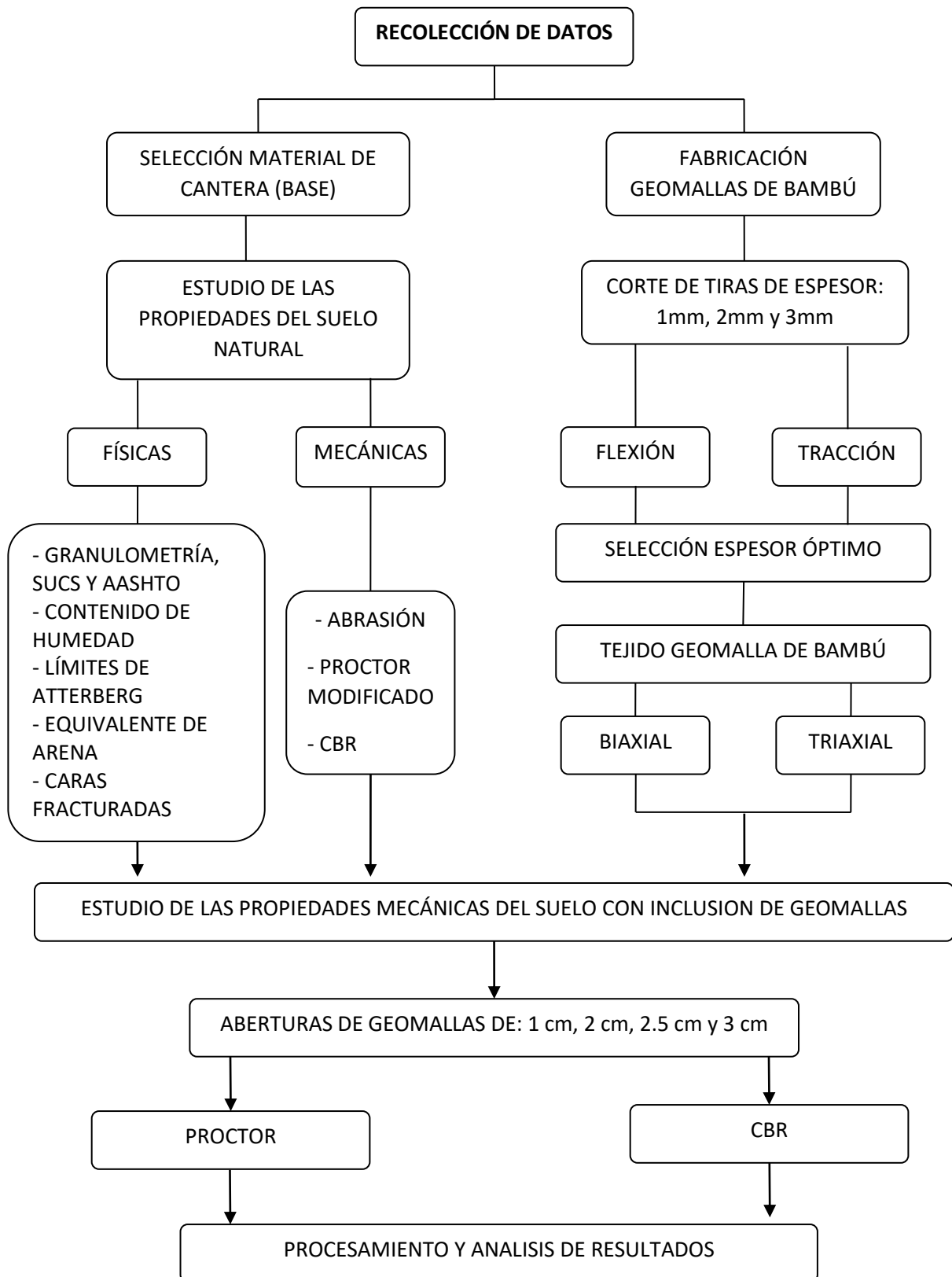
La información y datos utilizados en este trabajo provienen de diversas investigaciones, revistas; las cuales presentan información de calidad y están debidamente citadas con el formato IEEE.

## **2.5. Procedimientos de análisis de datos**

### **2.5.1. Diagrama de flujo de procesos**

Este diagrama describe las etapas más importantes de la presente investigación, donde se visualiza la etapa de procesamiento de datos, obtención de resultados hasta llegar a la validación de la hipótesis mencionada. La Figura muestra de manera detallada los procesos iniciales para obtener muestras de suelo natural, desde la recolección de datos, las cuales serán sometidas a un estudio de ensayos físicos y mecánicos. A su vez se fabricaron tiras de bambú con dimensiones 1 cm de ancho y de espesores: 1 mm, 2 mm, 3 mm para luego ser sometidas a ensayos de flexión y tracción; y así seleccionar el espesor óptimo de diseño. Posteriormente, se incorporará geomallas hechas a base de bambú con base en el rango de aberturas de 1 cm, 2 cm, 2.5 cm y 3 cm.

El objetivo de esta investigación es analizar el mejoramiento de las propiedades mecánicas usando geomalla de bambú de un suelo para pavimento flexible. La muestra de suelo natural fue extraída de la Cantera “Tres Tomas” ubicada en Ferreñafe y el bambú fue seleccionado de tal manera que se encuentre en las mejores condiciones para ser utilizado como refuerzo para el suelo en estudio.



**Fig. 6.** Esquemización del trabajo de investigación.

*Nota:* La figura muestra la esquematización del trabajo para la presente investigación.

## **2.6. Criterios éticos**

### **2.6.1. De la recopilación de datos**

Para que la información recogida sea empleada en otras investigaciones, el presente trabajo debe contar con la documentación necesaria conjuntamente con los resultados, expresando precisión y veracidad.

### **2.6.2. De la publicación**

Con el fin de contribuir con conocimientos a esta rama del área de suelos, o esta investigación pueda ser utilizada como referencia o en beneficio de la sociedad deberá reconocerse el nombre del autor y los autores citados en las referencias con el fin de evitar el plagio.

### **2.6.3. De la aplicabilidad**

El producto de esta investigación es de gran importancia y servirán para estudios posteriores y se podrá mejorar los resultados.

## **2.7. Criterios de Rigor Científico**

### **2.7.1. Credibilidad**

En base a normas vigentes, los resultados serán validados con los modelos de formato por el laboratorio en el que se desarrollará la investigación.

### **2.7.2. Fiabilidad**

Los ensayos de esta investigación se realizarán en laboratorios, obteniendo resultados los cuales serán firmados generando fiabilidad y veracidad.

### **2.7.3. Replicabilidad**

Se deberá tener en cuenta los resultados así como el adecuado proceso de obtención de datos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados en Tablas y Figuras

3.1.1. Referente a analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo en condiciones naturales.

3.1.1.1. Propiedades y características físicas del suelo.

##### A) Análisis Granulométrico

Luego de realizar el ensayo correspondiente, se corroboró mediante una tabla y su curva granulométrica que el material extraído de la Cantera “Tres Tomas” ubicada en Ferreñafe cuenta con la distribución óptima para ser utilizado como capa base y/o subbase.



**Fig. 7.** Obtención del material en estudio.

*Nota:* La figura muestra el muestreo y obtención del material en estudio. Cantera Tres Tomas – Ferreñafe.



**Fig. 8.** Ensayo de granulometría

*Nota:* La figura muestra la realización del ensayo de granulometría a la muestra natural

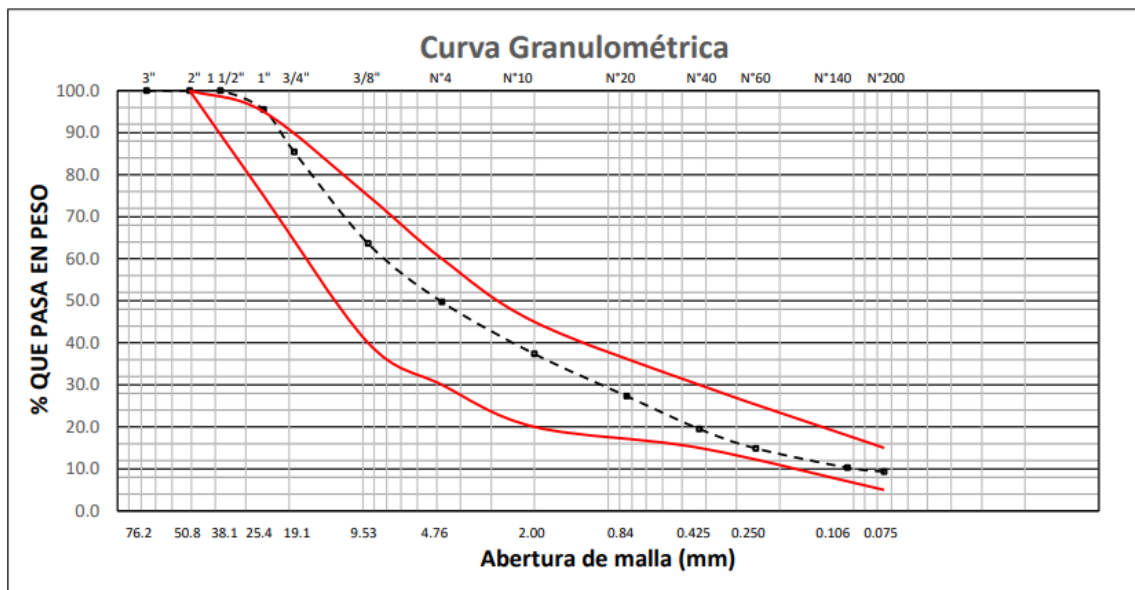
**Tabla IX.**

**Análisis granulométrico**

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>					
<b>N° TAMIZ</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Que</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>(Pulg)</b>	<b>(mm)</b>	<b>Retenido</b>	<b>Acumulado</b>	<b>pasa</b>	<b>(Rangos)</b>
<b>3"</b>	76.200				
<b>2"</b>	50.800	---	---	100.0	100
<b>1 ½"</b>	38.100	---	---	100.0	
<b>1"</b>	25.400	185.00	4.5	95.5	75-95
<b>¾"</b>	19.050	416.00	14.6	85.4	
<b>⅜"</b>	9.525	899.00	36.4	63.6	40-75
<b>N°4</b>	4.760	574.00	50.3	49.7	30-60
<b>N°10</b>	2.000	510.00	62.6	37.4	20-45
<b>N°20</b>	0.840	415.00	72.7	27.3	

<b>N°40</b>	0.425	322.00	80.5	19.5	15-30
<b>N°60</b>	0.250	190.00	85.1	14.9	
<b>N°140</b>	0.106	189.90	89.7	10.3	
<b>N°200</b>	0.075	40.00	90.7	9.3	5-15
<b>&lt; N°200</b>	FONDO	385.00	100.0	0.0	

Nota: En la tabla se muestra la distribución granulométrica del suelo natural.



**Fig. 9.** Curva granulométrica (% que pasa en peso vs abertura de malla en mm)

Nota: La figura muestra la curva granulométrica de la muestra de suelo natural.

## B) Límites de consistencia y Clasificación de suelos.



**Fig. 10.** Ensayo límites de Atterberg.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de límite líquido y plástico.

**Tabla X.**

### Límites de Atterberg – Muestra suelo natural

<b>Análisis granulométrico por tamizado</b>	
<b>Límite líquido</b>	21.2 %
<b>Límite Plástico</b>	17.4 %
<b>Índice de Plasticidad</b>	3.8 %

*Nota:* La tabla muestra los límites de Atterberg del suelo natural.

El Límite líquido (LL) es igual a 21.2%, el Límite plástico (LP) es igual a 17.4% y el Índice plástico (IP) es igual a 3.8%.





**Fig. 11.** Clasificación de suelos SUCS y AASHTO.

*Nota:* La figura muestra la elaboración de la clasificación de suelos SUCS y AASHTO

**Tabla XI.**

**Clasificación de suelos – Muestra suelo natural**

<b>Clasificación de suelos</b>		
<b>Clasificación</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
S.U.C.S	GP-GM	Grava pobremente graduada con presencia de limos
AASHTO	A-1-a (0)	Suelo granular

*Nota:* La tabla muestra la clasificación de suelos por SUCS y AASHTO de la muestra de suelo natural.

Donde se tiene que su clasificación SUCS es GP-GM lo que quiere decir que es una grava pobremente graduada con presencia de grava limosa. Y por otro lado en su clasificación AASHTO es a-1-a (0) lo que quiere decir que es un suelo granular con un porcentaje menor igual a 35% que pasa la malla N°200.

### C) Equivalente de arena



**Fig. 12.** Ensayo de equivalente de arena.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de equivalente de arena.

**Tabla XII.**

#### Equivalente de arena – Muestra suelo natural

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>		
<b>Muestra N°</b>	<b>M – 01</b>	<b>M – 02</b>
<b>Tamaño Máx. (mm)</b>	4.75	4.75
<b>Hora de entrada</b>	12:21	12:29
<b>Hora de salida</b>	12:31	12:39
<b>Hora de entrada</b>	12:34	12:44
<b>Hora de salida</b>	12:54	13:04
<b>Altura máx. del mat. Fino (cm)</b>	8.75	8.80
<b>Altura máx. de la arena</b>	3.35	3.40

(cm)		
Equivalente de arena	38.30	38.6
<b>Promedio</b>	<b>38.5</b>	

*Nota:* La tabla muestra el ensayo de equivalente de arena para la muestra de suelo natural.

#### D) Caras fracturadas



**Fig. 13.** Ensayo de partículas fracturadas.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de partículas fracturadas.

**Tabla XIII.**

**Caras fracturadas (Una cara fracturada) – Muestra suelo natural.**

CARAS FRACTURADAS						
CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO						
PASA	RETENIDO	A (g)	B (g)	C (%)	D (%)	E (%)
TAMIZ	TAMIZ					
1 ½"	1"	2000	1745.0	87.25	40.0	34.90

<b>1"</b>	<b>3/4"</b>	1500	1235.0	82.33	30.0	24.70
<b>3/4"</b>	<b>1/2"</b>	1200	884.0	73.67	24.0	17.68
<b>1/2"</b>	<b>3/8"</b>	300	234.0	78.00	6.0	4.68
		5000	4098.00	321.25	100.0	
<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA:</b>						<b>81.96 %</b>

*Nota:* La tabla muestra el ensayo de caras fracturadas (1 cara fracturada) para la muestra de suelo natural.

**Tabla XIV.**

**Caras fracturadas (Dos caras fracturadas) – Muestra suelo natural.**

<b>CARAS FRACTURADAS</b>						
<b>CON DOS CARAS FRACTURADA</b>						
<b>TAMAÑO DEL AGREGADO</b>						
<b>PASA</b>	<b>RETENIDO</b>	<b>A (g)</b>	<b>B (g)</b>	<b>C (%)</b>	<b>D (%)</b>	<b>E (%)</b>
<b>TAMIZ</b>	<b>TAMIZ</b>					
<b>1 1/2"</b>	<b>1"</b>	2000	849.0	42.45	40.0	17.00
<b>1"</b>	<b>3/4"</b>	1500	591.0	39.40	30.0	11.80
<b>3/4"</b>	<b>1/2"</b>	1200	656.0	54.67	24.0	13.10
<b>1/2"</b>	<b>3/8"</b>	300	187.0	62.33	6.0	3.7
		5000	2283.0	198.85	100.0	
<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (%):</b>						<b>45.66 %</b>

*Nota:* La tabla muestra el ensayo de caras fracturadas (2 caras fracturada) para la muestra de suelo natural.

## E) Abrasión



**Fig. 14.** Ensayo de abrasión.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de abrasión.

**Tabla XV.**

**Resultados ensayo de Abrasión.**

<b>ENSAYO DE ABRASIÓN</b>	
<b>MUESTRA N°</b>	M – 01
<b>GRADUACIÓN</b>	“A”
<b>PESO MUESTA</b>	5000
1 ½” – 1”	1250
1” – ¾”	1250
¾” – ½”	1250
½” – 3/8”	1250

<b>3/8" – 1/4"</b>	
<b>1/4" – N°4</b>	
<b>N°4 – N°8</b>	
<b>TOTAL DESGASTE</b>	<b>1318</b>
<b>Ret. N°12 500 vueltas</b>	
<b>Ret. N°12</b>	<b>3682</b>
<b>% Desgaste</b>	<b>26.36%</b>

*Nota:* La tabla muestra el ensayo de abrasión para la muestra de suelo natural.

### 3.1.1.2. Comportamiento y características mecánicas del suelo

#### A) Proctor modificado



**Fig. 15.** Ensayo de Proctor modificado.

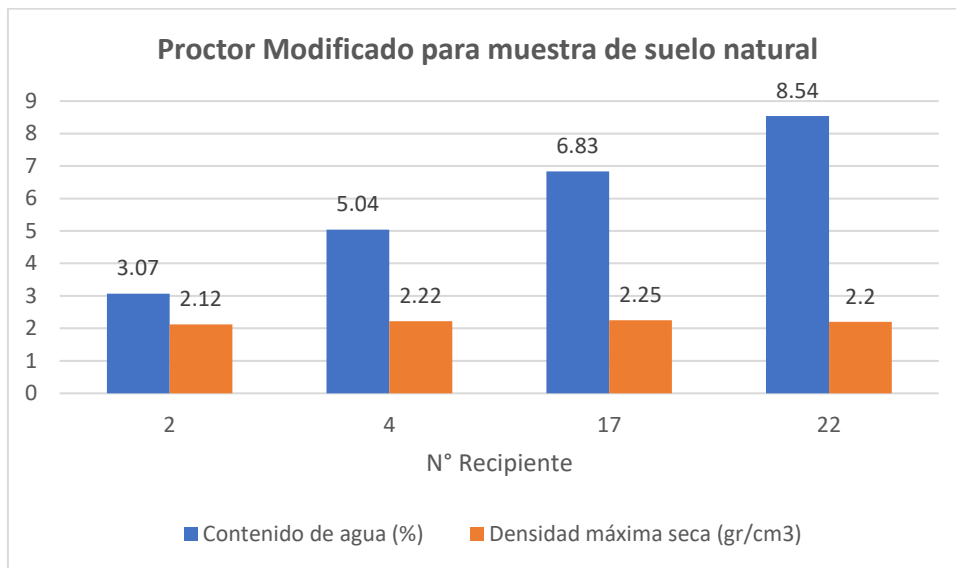
*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de Proctor modificado.

**Tabla XVI.**

**Resultados ensayo Proctor Modificado.**

<b>Compactación de suelos (Proctor modificado)</b>				
<b>Características</b>	<b>Peso (kg)</b>	6403		
<b>del molde</b>	<b>Volumen</b>	2130		
	<b>(cm<sup>3</sup>)</b>			
<b>Peso suelo húmedo + molde</b>	11046	11362	11529	11478
<b>Densidad máxima seca</b>	2.12	2.22	2.25	2.20
<b>(gr/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Contenido de humedad (%)</b>	3.07	5.04	6.83	8.54
<b>Máxima densidad seca</b>	<b>2.25 gr/cm<sup>3</sup></b>			
<b>(gr/cm<sup>3</sup>)</b>				
<b>Óptimo contenido de</b>	<b>6.64 %</b>			
<b>humedad (%)</b>				

*Nota:* La tabla muestra los resultados del ensayo de Proctor modificado para muestra de suelo natural.



**Fig. 16.** Ensayo de Proctor Modificado en muestras de suelo natural.

*Nota:* La figura muestra la elaboración mediante gráficas del ensayo de Proctor modificado.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla XVI y Figura 16, se observaron resultados para la densidad máxima seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) tales como: 2.12, 2.22, 2.25, 2.20 para 4 recipientes: 2, 4, 17, 22 respectivamente, determinando que la Máxima Densidad Seca (MDS) es de  $2.25 \text{ gr}/\text{cm}^3$ . Asimismo, se determinó que el contenido óptimo de humedad es de 6.64%, que se encuentra en un rango de 3.07% a 8.54%.

### **B) California Bearing Ratio (CBR)**

El CBR del suelo explorado, arrojan los valores de CBR al 95% y 100% de la densidad máxima.

Se realizó 1 CBR para determinar su índice al 95% y 100%.



**Fig. 17.** Ensayo de CBR

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de CBR.



Tabla XVII.

Resultado ensayo de CBR

Resultado ensayo de CBR	
%MDS	Índice de CBR (%)
100%	87.00
95%	55.50

Nota: La tabla muestra los resultados del ensayo de CBR para muestra de suelo natural.

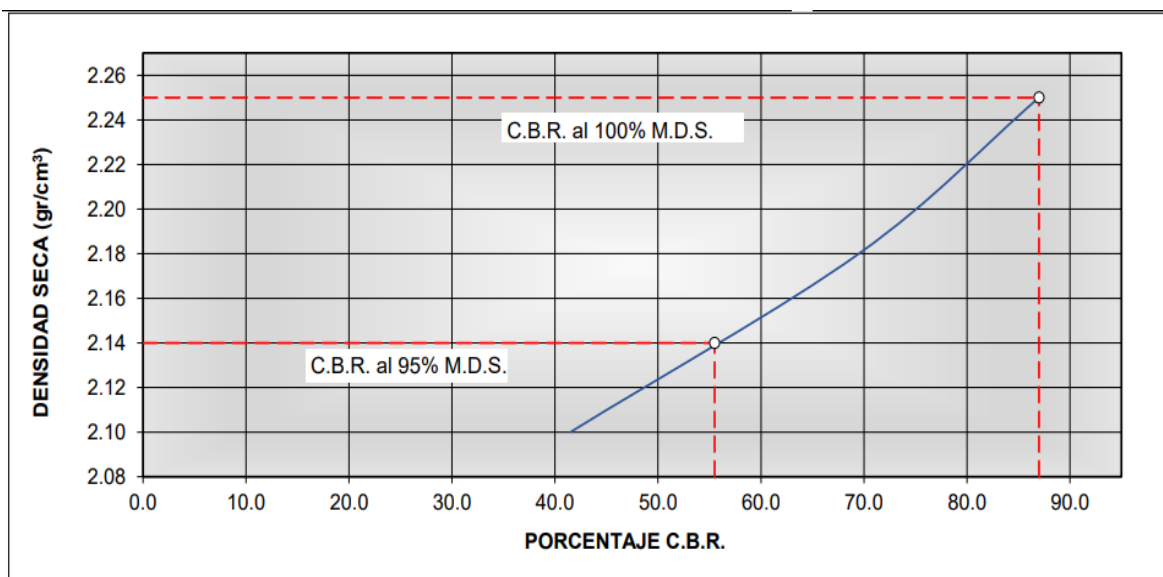


Fig. 18. Curva de compactación – Ensayo de CBR

Nota: Se identifica la curva de compactación del Ensayo de CBR para muestra de suelo natural.

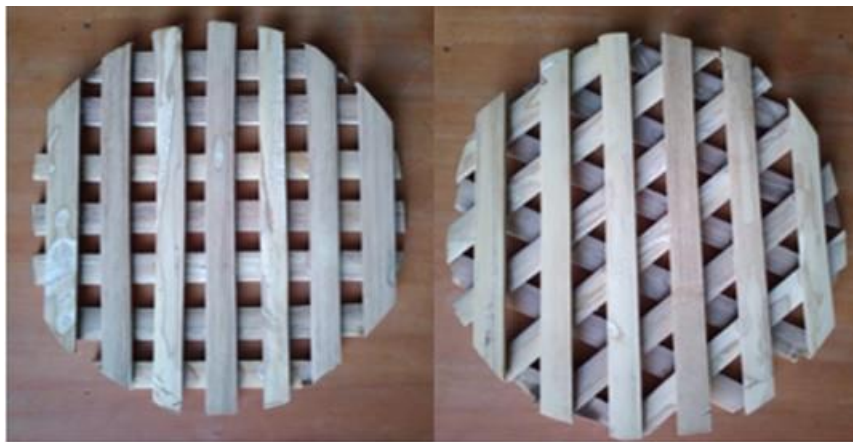
En base a la información presentada en la Tabla XVII y Figura N°18. Se registra un coeficiente de resistencia a la penetración (CBR) de 87% para el nivel máximo de compactación seca (MDS) en su totalidad y de 55% para el 95%, con una profundidad de penetración de 0.1".

### 3.1.2. Referente a analizar las propiedades físico-mecánicas de las geomallas de bambú

#### 3.1.2.1. Propiedades físicas de las geomallas de bambú

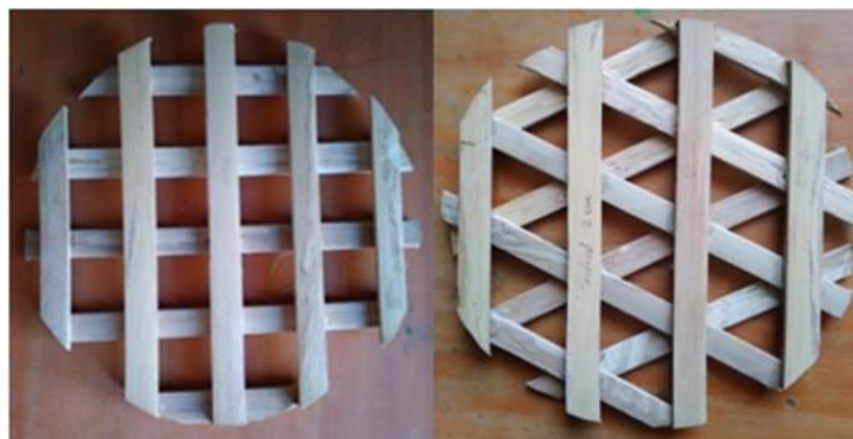
- Aberturas de las geomallas

Para el diseño de las geomallas se consideraron aberturas con las siguientes dimensiones: 1, 2, 2.5, 3 cm. De manera que abarquen o se coloquen en el molde cilíndrico de CBR para la evaluación de su propiedad mecánica. Tal como se dibuja en los **Anexos**.



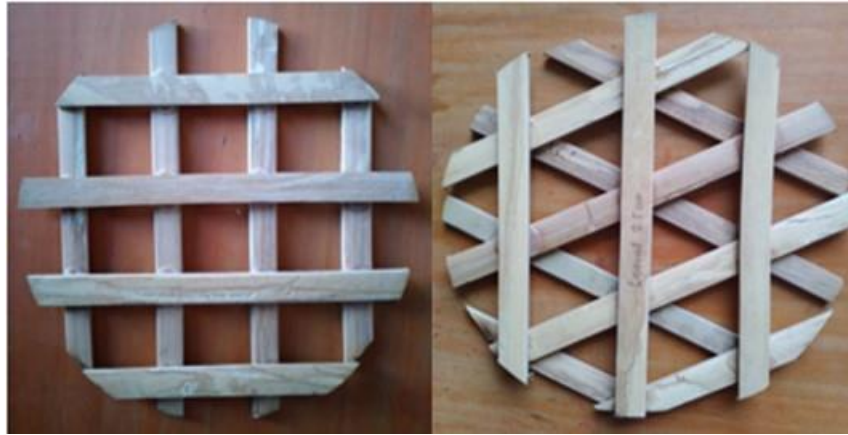
**Fig. 19.** Geomalla biaxial y triaxial 1.0 cm

*Nota:* Elaboración propia.



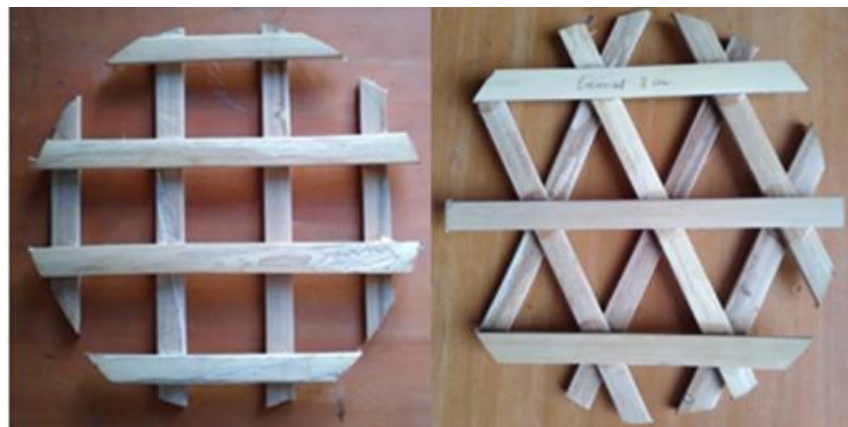
**Fig. 20.** Geomalla biaxial y triaxial 2.0 cm

*Nota:* Elaboración propia.



**Fig. 21.** Geomalla biaxial y triaxial 2.5 cm

*Nota:* Elaboración propia.



**Fig. 22.** Geomalla biaxial y triaxial 3.0 cm

*Nota:* Elaboración propia.

### **3.1.2.2. Propiedades mecánicas de las tiras para las geomallas de bambú**

#### **A) Flexión**

Con el objetivo de conseguir información sobre las propiedades mecánicas del material de bambú utilizado para producir las geomallas biaxiales y triaxiales, se llevó a cabo los ensayos de flexión mediante tiras de 1cm de ancho y diferentes espesores: 1mm, 2mm y 3mm. Como resultado se obtuvieron datos significativos.



**Fig. 23.** Ensayo de flexión.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de flexión para fibras de bambú con distintos espesores.

**Tabla XVIII.**

**Ensayo de flexión a probetas con 1mm de espesor.**

<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>				
<b>Muestra N°</b>	<b>Carga (P) en Kgf</b>	<b>Ancho (a) en cm</b>	<b>Espesor (e) en mm</b>	<b>Módulo de Rotura (MOR) en Kg/cm<sup>2</sup></b>
01	5.00	1.00	1.00	<b>3619.00</b>
02	6.00	1.00	1.00	<b>4296.00</b>
03	5.00	1.00	1.00	<b>3429.00</b>
04	3.00	1.00	1.00	<b>3224.00</b>
05	4.00	1.00	1.00	<b>3214.00</b>

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de flexión para fibras de bambú con 1 mm de espesor.

**Tabla XIX.**

**Ensayo de flexión a probetas con 2mm de espesor.**

<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>				
<b>Probeta N°</b>	<b>Carga (P) en Kgf</b>	<b>Ancho (a) en cm</b>	<b>Espesor (e) en mm</b>	<b>Módulo de Rotura (MOR) en Kg/cm2</b>
01	7.00	1.00	2.00	<b>4239.00</b>
02	5.00	1.00	2.00	<b>3580.00</b>
03	7.00	1.00	2.00	<b>3873.00</b>
04	5.00	1.00	2.00	<b>3722.00</b>
05	5.00	1.00	2.00	<b>3447.00</b>

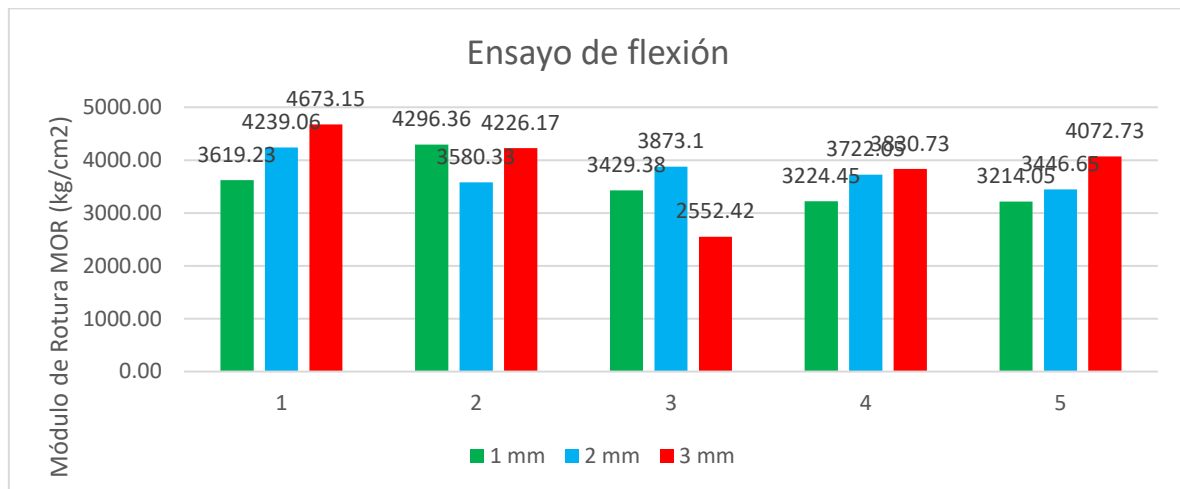
*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de flexión para fibras de bambú con 2 mm de espesor.

**Tabla XX.**

**Ensayo de flexión a probetas con 3mm de espesor.**

<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>				
<b>Probeta N°</b>	<b>Carga (P) en Kgf</b>	<b>Ancho (a) en cm</b>	<b>Espesor (e) en mm</b>	<b>Módulo de Rotura (MOR) en Kg/cm2</b>
01	13.00	1.00	3.00	<b>4673.00</b>
02	13.00	1.00	3.00	<b>4226.00</b>
03	16.00	1.00	3.00	<b>3552.00</b>
04	14.00	1.00	3.00	<b>3831.00</b>
05	14.00	1.00	3.00	<b>4073.00</b>

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de flexión para fibras de bambú con 3 mm de espesor.



**Fig. 24.** Datos del máximo módulo de rotura para cada tira, de espesores 1, 2, 3 mm

*Nota:* La figura muestra los valores máximos de rotura para cada tira de espesor 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Según la figura N°24, muestra los resultados bajo la normativa NTP 251.017:2014, los datos del ensayo de flexión correspondiente a cada tira de bambú, para espesor de 1mm se obtuvo los siguientes valores 3619.23 kg/cm<sup>2</sup>, 4296.36 kg/cm<sup>2</sup>, 3429.38 kg/cm<sup>2</sup>, 3224.45 kg/cm<sup>2</sup>, 3214.05 kg/cm<sup>2</sup>; para la tira de bambú de 2mm se obtuvo 4239.06 kg/cm<sup>2</sup>, 3580.33 kg/cm<sup>2</sup>, 3873.1 kg/cm<sup>2</sup>, 3722.05 kg/cm<sup>2</sup>, 3446.65 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para la tira de bambú de 3mm se obtuvo 4673.15 kg/cm<sup>2</sup>, 4226.17 kg/cm<sup>2</sup>, 2552.42 kg/cm<sup>2</sup>, 3830.72 kg/cm<sup>2</sup>, 4072.73 kg/cm<sup>2</sup>. En donde, en esta última tira se obtuvo el valor máximo de resistencia a la flexión el cual fue de 4673.15 kg/cm<sup>2</sup>.

## **B) Tracción**

Se llevó a cabo el ensayo de tracción en 5 muestras de probetas para determinar con mayor exactitud la máxima resistencia de las tiras de bambú en sus distintos espesores (1mm, 2mm, 3mm) que se utilizarán en la fabricación de geomallas biaxiales y triaxiales de bambú.



**Fig. 25.** Ensayo de tracción.

*Nota:* La figura muestra la elaboración del ensayo de tracción para fibras de bambú de distintos espesores.

**Tabla XXI.**

**Ensayo de tracción a muestras con 1mm de espesor.**

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>			
<b>Muestra N°</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (Kgf)</b>	<b>Máximo Esfuerzo de Tracción (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
1	0.1	427.00	<b>4270.00</b>
2	0.1	428.00	<b>4280.00</b>
3	0.1	418.85	<b>4188.50</b>
4	0.1	378.08	<b>3780.80</b>
5	0.1	375.00	<b>3750.00</b>
			<b>Prom= 4053.86</b>

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de tracción para fibras de bambú con 1 mm de espesor.

**Tabla XXII.**

**Ensayo de tracción a muestras con 2mm de espesor.**

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>			
<b>Muestra N°</b>	<b>Área (cm2)</b>	<b>Carga Máxima (Kgf)</b>	<b>Máximo Esfuerzo</b>
			<b>de Tracción (Kgf/cm2)</b>
1	0.2	956.40	<b>4782.00</b>
2	0.2	1020.00	<b>5100.00</b>
3	0.2	1079.40	<b>5397.00</b>
4	0.2	980.40	<b>4902.00</b>
5	0.2	926.40	<b>4632.00</b>
			<b>Prom=4962.6</b>

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de tracción para fibras de bambú con 2 mm de espesor.

**Tabla XXIII.**

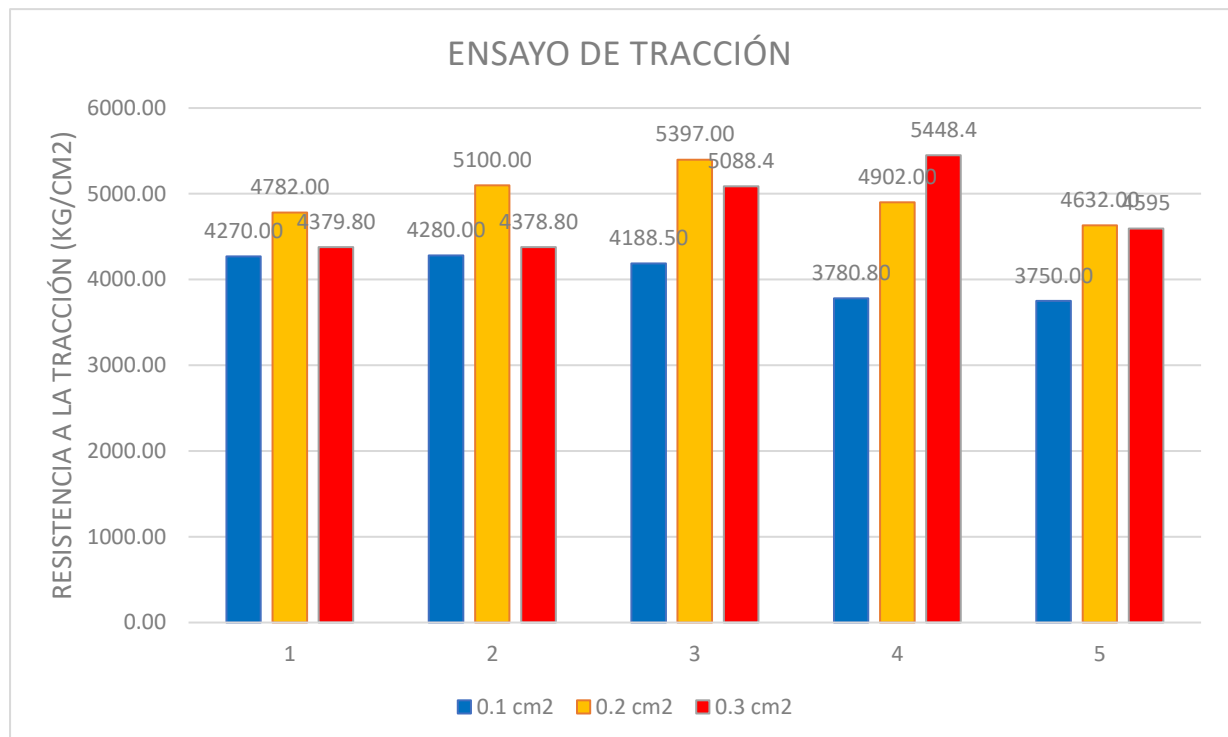
**Ensayo de tracción a muestras con 3mm de espesor.**

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>			
<b>Muestra N°</b>	<b>Área (cm2)</b>	<b>Carga Máxima (Kgf)</b>	<b>Máximo Esfuerzo</b>
			<b>de Tracción (Kgf/cm2)</b>
1	0.3	1313.94	<b>4379.80</b>
2	0.3	1313.52	<b>4378.40</b>
3	0.3	1526.52	<b>5088.40</b>
4	0.3	1634.52	<b>5448.40</b>
5	0.3	1378.50	<b>4595.00</b>
			<b>Prom= 4053.86</b>



*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de tracción para fibras de bambú con 3 mm de espesor.

Utilizando los datos obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos, se efectuaron los cálculos correspondientes para generar el gráfico de resistencia a la tracción que se muestra a continuación.



**Fig. 26.** Datos del máximo esfuerzo de tracción para cada tira, de espesores 1, 2, 3 mm

*Nota:* La figura muestra los valores máximos de rotura para cada tira de espesor 1 mm, 2 mm, 3 mm.

Según la figura 26, muestra los resultados bajo la normativa NTP 339.517:2003 (revisada el 2019), los datos del ensayo de tracción correspondiente a cada tira de bambú, para área de 0.1 cm<sup>2</sup> se obtuvo los siguientes valores 3657.00 kg/cm<sup>2</sup>, 4270.00 kg/cm<sup>2</sup>, 4964.73 kg/cm<sup>2</sup>, 5772.49 kg/cm<sup>2</sup>, 6711.67 kg/cm<sup>2</sup>; para la tira de bambú de 2mm se obtuvo 3360.00 kg/cm<sup>2</sup>, 3666.65 kg/cm<sup>2</sup>, 4263.21 kg/cm<sup>2</sup>, 4956.84 kg/cm<sup>2</sup>, 5763.32 kg/cm<sup>2</sup> mientras que para la tira de bambú de 3mm se obtuvo 3843.33 kg/cm<sup>2</sup>, 4047.67 kg/cm<sup>2</sup>,

4827.65 kg/cm<sup>2</sup>, 5709.66 kg/cm<sup>2</sup>, 6752.82 kg/cm<sup>2</sup>. En donde, en esta última tira se obtuvo el valor máximo de resistencia a la tracción el cual fue de 6752.82 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.1.3. Sobre la determinación del comportamiento mecánico del suelo con inclusión de las geomallas de bambú

En este punto de la investigación se tomó el espesor óptimo de diseño para la fabricación de las geomallas para posteriormente incluirlas en el estudio del comportamiento mecánico del suelo. Siendo 3mm el espesor adecuado para las tiras de bambú y posteriormente evaluar el Proctor modificado y el CBR del suelo con inclusión de geomallas teniendo aberturas de 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm.

#### - Proctor Modificado



**Fig. 27.** Proctor modificado con la inclusión de geomalla de bambú.

*Nota:* La figura muestra la colocación de la geomalla de bambú para la elaboración del ensayo de Proctor modificado.

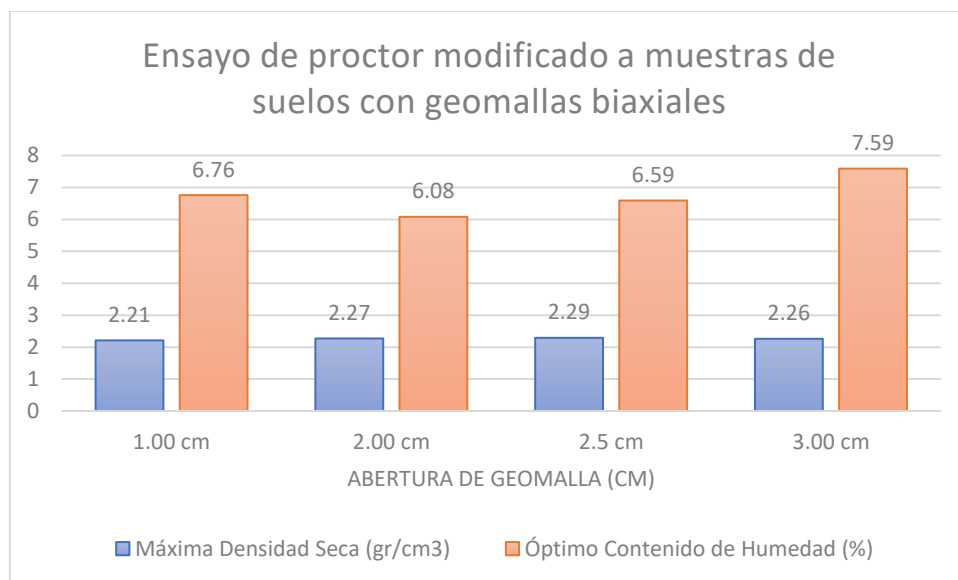
**Con Geomalla Biaxial**

**Tabla XXIV.**

**Ensayo de Proctor modificado del suelo con geomalla biaxial.**

<b>Ensayo de Proctor Modificado</b>				
<b>Abertura geomalla</b>	1.00 cm	2.00 cm	2.5 cm	3.00 cm
<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.21	2.27	2.29	2.26
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	6.76	6.08	6.59	7.59

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de Proctor modificado con inclusión de geomallas biaxiales.



**Fig. 28.** Ensayo de Proctor modificado a suelo natural con geomallas biaxiales.

*Nota:* La figura muestra los resultados del ensayo de Proctor modificado en suelo natural con inclusión de geomallas biaxiales de bambú.

La Tabla XXIV y la figura 28 muestran los resultados de los ensayos de Proctor Modificado realizados de acuerdo con la norma AASHTO T - 180 D. Se observaron disminuciones significativas en el contenido óptimo de humedad de las muestras correspondientes a las aberturas de geomallas de 2.00 cm y 2.50 cm en comparación con la muestra principal o muestra natural que tiene un contenido de humedad de 6.64%. Además, se encontró una relación inversa entre la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad, ya que la densidad máxima seca aumentó con la inclusión de las geomallas de bambú, con aumentos significativos del 2,27%, 2,29%, 2.26% en comparación con la muestra natural es decir sin geomalla.

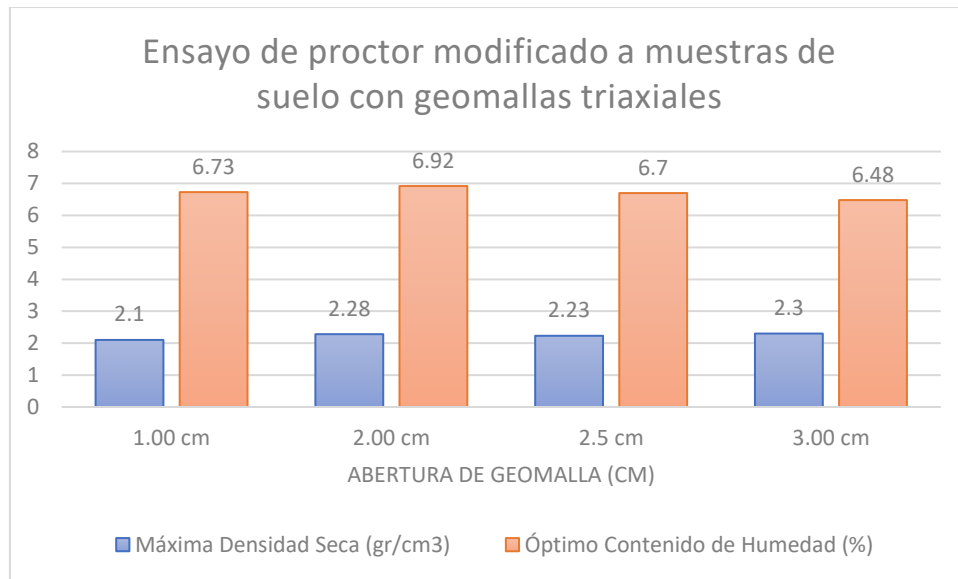
### Con Geomalla Triaxial

**Tabla XXV.**

**Ensayo de Proctor modificado del suelo con geomalla triaxial.**

<b>Ensayo de Proctor Modificado</b>				
<b>Abertura geomalla</b>	1.00 cm	2.00 cm	2.5 cm	3.00 cm
<b>Máxima Densidad Seca (gr/cm3)</b>	2.10	2.28	2.23	2.30
<b>Óptimo Contenido de Humedad (%)</b>	6.73	6.92	6.70	6.48

*Nota:* La tabla muestra los resultados de ensayo de Proctor modificado con inclusión de geomallas triaxiales.



**Fig. 29.** Ensayo de Proctor modificado a suelo natural con geomallas biaxiales.

*Nota:* La figura muestra los resultados del ensayo de Proctor modificado en suelo natural con inclusión de geomallas biaxiales de bambú.

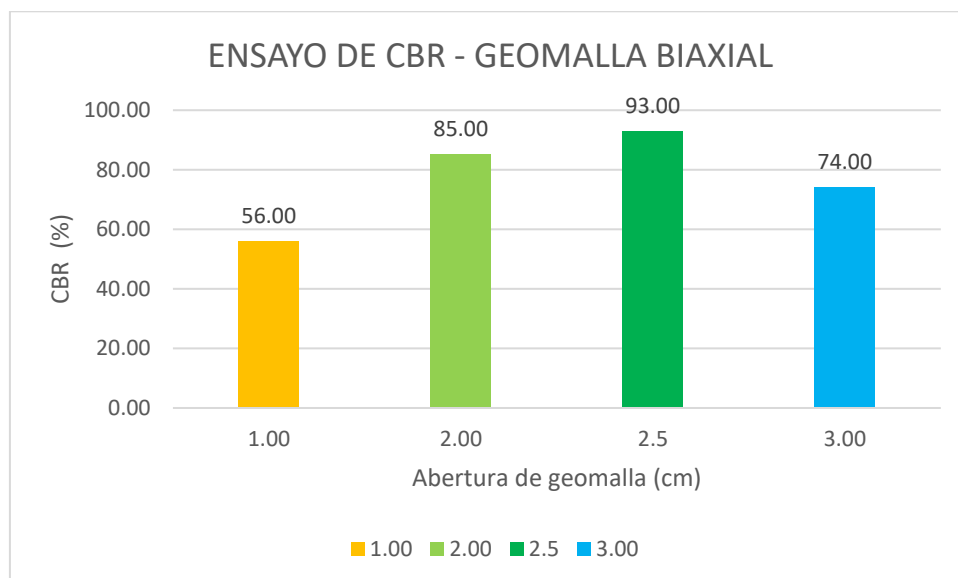
La Tabla XXV y la figura 29 muestran los resultados de los ensayos de Proctor Modificado realizados de acuerdo con la norma AASHTO T - 180 D. Se observaron disminuciones significativas en el contenido óptimo de humedad de las muestras correspondientes a las aberturas de geomallas de 2.00 cm y 2.50 cm en comparación con la muestra principal o muestra natural que tiene un contenido de humedad de 6.64%. Además, se encontró una relación inversa entre la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad, ya que la densidad máxima seca aumentó con la inclusión de las geomallas de bambú, con aumentos significativos del 2,28%, 2,23%, 2,3% en comparación con la muestra natural es decir sin geomalla.

- **Capacidad de soporte de California**



**Fig. 30.** Ensayo de CBR con inclusión de geomalla de bambú.

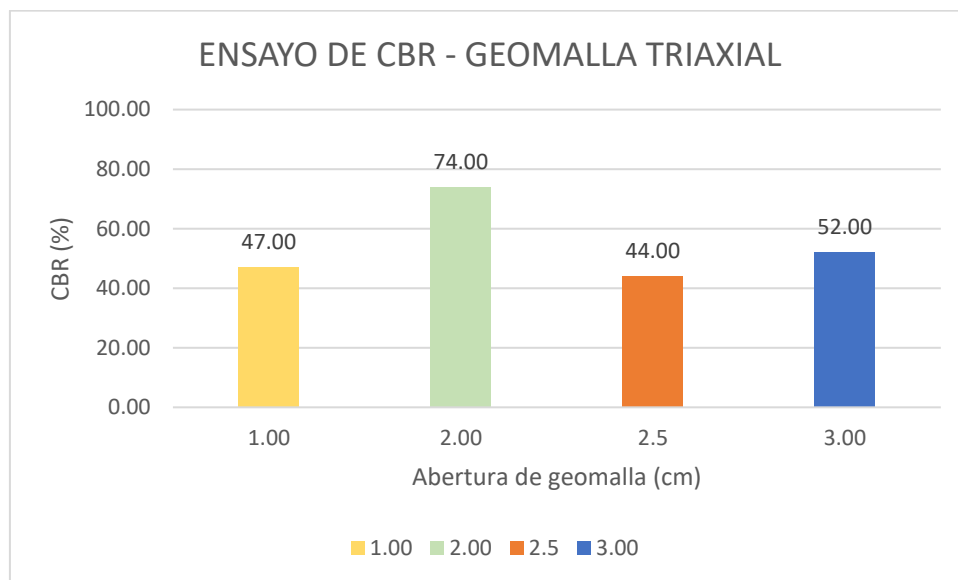
*Nota:* La figura muestra la inclusión de geomalla de bambú para ensayo de CBR.



**Fig. 31.** Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo con geomalla biaxial aberturas 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm

*Nota:* La figura muestra los resultados del ensayo de CBR en suelo natural con inclusión de geomallas biaxiales de bambú.

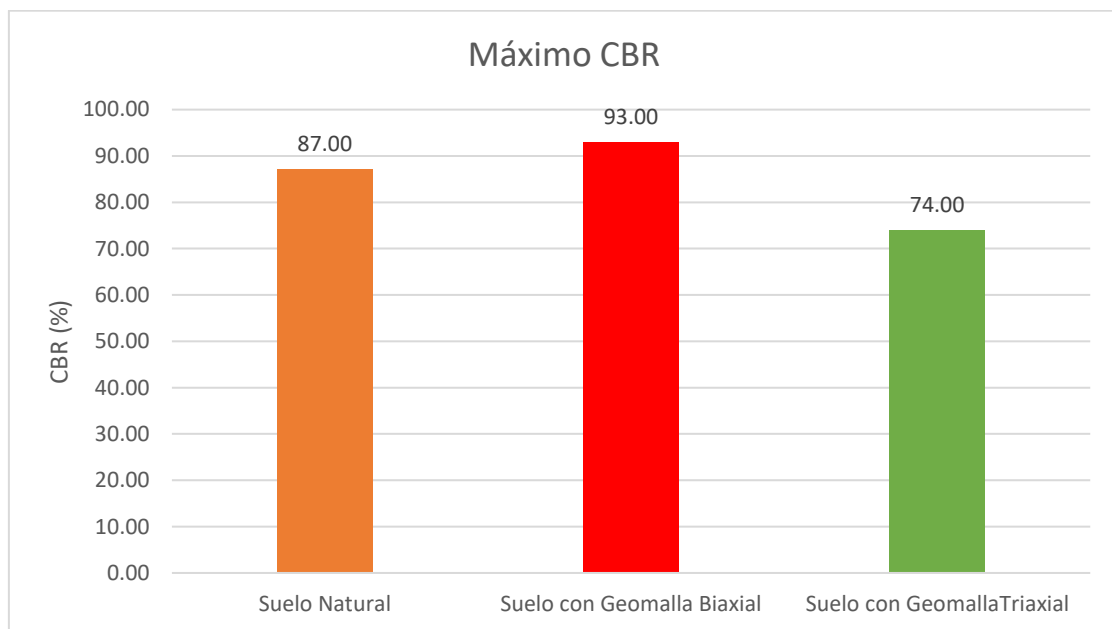
En la Figura 31 se puede visualizar que se realizaron pruebas de capacidad de soporte de California (CBR) según la norma ASTM D1883. Los resultados obtenidos indican que conforme se aumenta la abertura de la geomalla en las muestras, los incrementos en los valores de CBR al 95% MDS con una penetración de 0,1" varían de la siguiente manera: 56%, 85%, 93%, 74%. Según lo estipulado por el MTC, el CBR de la capa base de un pavimento flexible deberá ser de al menos el 80%. En este caso, se consideró que la muestra natural era una base adecuada debido a que su CBR estaba dentro de este rango ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ). Sin embargo, al incorporar las geomallas de bambú, se logró una mejora significativa en la muestra de suelo con una apertura de 2,5 cm con un aumento del 14%, mientras que, en las muestras de 1 cm, 2 cm y 3 cm, el CBR disminuyó a 56%, 85% y 74%, respectivamente.



**Fig. 32.** Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo con geomalla triaxial aberturas 1 cm, 2 cm, 2.5 cm, 3 cm

*Nota:* La figura muestra los resultados del ensayo de CBR en suelo natural con inclusión de geomallas triaxiales de bambú.

También, luego de realizar el ensayo respectivo, se obtienen los valores significativos tales como se aprecia en la Figura 32, que se realizaron pruebas de capacidad de soporte de California (CBR) según la norma ASTM D1883. Donde los resultados obtenidos indican que conforme se aumenta la abertura de la geomalla en las muestras, los incrementos en los valores de CBR al 95% MDS con una penetración de 0,1" varían de la siguiente manera: 47%, 74%, 44%, 52%. Y a lo antes mencionado el CBR de la capa base de un pavimento flexible deberá ser de al menos el 80%. En este caso, al incorporar las geomallas de bambú, se encontró una reducción significativa en las muestras de suelo con geomalla triaxial de abertura 1 cm, 2 cm, 2.5 cm y 3 cm.



**Fig. 33.** Ensayo de capacidad de soporte de California para un suelo natural, con geomalla biaxial y con geomalla triaxial.

*Nota:* La figura muestra los valores máximos de CBR del suelo de forma natural y con la inclusión de las geomallas biaxiales y triaxiales respectivamente.



Como se observa en la figura 33, se realizó una comparativa de los suelos con geomalla y el suelo natural para así obtener la diferencia significativa en cuanto a aumento se refiere. De lo cual se obtuvo que para el suelo con geomalla biaxial se obtuvo 93% de máximo CBR, mientras que para la geomalla triaxial su máximo CBR fue de 74%. Cabe mencionar que para el máximo CBR fue con 2.5 cm de abertura y 2 cm de abertura para la geomalla biaxial y triaxial respectivamente.

### **3.2. Discusión de resultados**

En este capítulo se proporciona información detallada sobre la discusión de hallazgos significativos al comparar los resultados de investigadores de distintas partes del mundo, del país y de la localidad. Se analizará la coincidencia o discrepancia de los resultados obtenidos en este estudio, que involucró la inclusión de geomallas de bambú con distintas dimensiones de aberturas en un suelo para pavimento flexible para analizar sus propiedades mecánicas.

#### **3.2.1. Referente a analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo en condiciones naturales.**

Los investigadores [61] tuvieron como resultado de su muestra natural que los suelos analizados tanto A, como B para ser reforzados con geomallas; se clasificaron según AASHTO como arena fina (A-3) y grava y arena limosa o arcillosa (A-2-4), asimismo teniendo un contenido óptimo de humedad de 7.67% y 8.90% y una gravedad específica de 2.64 y 2.65 respectivamente. Además, el suelo A no presentó límite líquido ni plástico por tratarse de una arena fina, en cambio el suelo B obtuvo 15% de límite líquido y 7% de límite plástico. En tanto para [62] se utilizaron agregados de piedra para representar el material de la capa base para la sección de prueba no pavimentada y son clasificadas como grava bien graduada (GW) según el Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS) con un contenido óptimo de agua del 5,2%. Asimismo, [63] mostraron que los estudios hechos en suelos de la India son suelos arcillosos, mostrando un límite líquido de 32% y un límite plástico de

16.05% y por lo tanto un índice de plasticidad de 15.95%, donde se tuvo como resultados un incremento óptimo de los valores de CBR. A su vez, [64] recogió información mostrando que el suelo natural es una arena limosa bien graduada con el símbolo de grupo SW-SM según SUCS y se clasifica como A-2-4 según AASHTO. Además, su contenido óptimo de humedad es de 4% en condiciones de Proctor modificado, a su vez presenta un CBR de 35% y 30% en condiciones de sin remojar y remojado. En cambio [22] donde el material de la capa de base utilizada estaba compuesto por un material granular ampliamente utilizado en Estados Unidos. Según los estándares AASHTO M 145-08 y ASTM D 2487-11, el material se clasificó como A-1-a y GW respectivamente. Tenía una densidad máxima en estado seco de 2150 kg/m<sup>3</sup> y su contenido de humedad óptimo, determinado mediante el ensayo Proctor modificado según ASTM D1557-12, era del 7,3%.

Al comparar los hallazgos con el estudio previo, se puede observar que no existen similitudes con los resultados de la investigación actual. En el estudio se reveló que el suelo fue clasificado como GP-GM según el sistema SUCS, indicando que se trata de una grava pobremente graduada con presencia de grava limosa. Además, según la clasificación AASHTO, se identificó como a-1-a (0), mostrando un límite líquido del 21.2%, un límite plástico del 17.4% y un índice de plasticidad de 3.8%.

### **3.2.2. Referente a analizar las propiedades físico-mecánicas de las geomallas de bambú**

Los investigadores [4] confeccionaron una geomalla de bambú de abertura cuadrada de 17 mm x 17 mm, espesor de 2.51 mm, 1 cm de ancho de fibra de bambú. La resistencia a la tracción de dicha malla de bambú fue evaluada conforme a la norma ASTM D4595 - 17 (2011), resultando en una medida de 93 kN/m. En tanto [65] se emplearon rejillas de bambú con dimensiones de 750x750 mm, así como celdas de bambú recubiertas de betún. Las rejillas de bambú consistían en varas de 10 mm de ancho y 1 mm de grosor entrelazadas, formando aberturas cuadradas uniformes de 10x10 mm. Según los resultados obtenidos mediante la norma ASTM D4595, se determinó que estas rejillas de bambú tenían una

resistencia máxima a la tracción de 80 kN/m con una deformación del 2,5%. Asimismo, [66] fabricaron tiras de bambú con el propósito de realizar pruebas de resistencia a la tracción. Se tomaron en consideración las tensiones y deformaciones máximas de cada muestra, las cuales fueron determinadas en base a la fuerza máxima aplicada y la longitud de tracción, además de la influencia de la edad del bambú, mencionando que, entre todas las secciones evaluadas, el bambú de 2 años mostró la mayor resistencia a la tracción. Las mediciones promedio de resistencia a la tracción para las diferentes secciones de bambú de 2, 3, 4, 5 y 6 años fueron de 271,67, 239,13, 236,37, 243,47 y 232,36 MPa, respectivamente. Por otro lado, [67] mencionan según sus resultados que la fuerza de tensión del bambú es alrededor de nueve veces mayor que la del producto de geocelda utilizado en el mercado. Además, al aplicar un tratamiento, se observó una disminución del 15% en la resistencia máxima a la tracción del bambú.

En comparación con estos resultados, la investigación presente mantiene similitud con los rangos de los valores obtenidos en investigaciones anteriormente mencionadas, teniendo en cuenta que se realizaron ensayos a muestras de 1mm, 2mm y 3mm de espesor con un ancho de 1 cm y teniendo como resultado a favor que la muestra de 3 mm funciona relativamente mejor con un resultado de 5448.40 kgf/cm<sup>2</sup> en la resistencia máxima a tracción de las fibras de bambú.

Por otro lado, los investigadores [66] observaron que la resistencia a la flexión experimenta una disminución inicial seguida de un aumento a medida que el bambú envejece. Se encontró que la sección superior de bambú de 3 años alcanzó la mayor deformación por flexión, que fue del 1,03%. Los índices correspondientes a esta propiedad indican que el bambú muestra un excelente comportamiento ante la flexión.

Asimismo, estos resultados guardan similitud con los resultados de nuestra investigación actual, ya que se llegó al hallazgo de los valores de máxima resistencia de flexión en fibras de bambú con espesores de 1 mm, 2 mm y 3mm, concluyendo que la fibra de 3 mm obtiene

la mayor resistencia a la flexión y por lo tanto generando un mayor aumento de resistencia en las geomallas para la inclusión en el suelo en estudio.

### **3.2.3. Sobre la determinación del comportamiento mecánico del suelo con inclusión de las geomallas de bambú**

Los investigadores [68] tuvieron como resultado luego de evaluar pruebas de CBR en suelos seleccionados, sin reforzar y reforzados con geomalla en diferentes alturas del molde de CBR que, el mayor valor de CBR se obtiene cuando se coloca a la mitad del molde de CBR. Es decir, el CBR de un suelo se incrementa en un 50-150%. En tanto [4] mencionaron que luego de llevar a cabo investigaciones, obtuvieron que las geomallas situadas a una distancia de 50 mm bajo la superficie presentan un rendimiento superior en comparación con las geomallas colocadas a otras distancias donde se reveló que el refuerzo logró reducir la deformación permanente en al menos un 50%.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se realizó ensayos de tracción a las fibras de bambú con 1 cm de ancho y espesores de 1 mm, 2 mm, 3 mm teniendo como resultado que el espesor óptimo para el diseño de geomalla de bambú es de 3 mm debido a que presentó una máxima resistencia a la tracción de 5448.4 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Se realizó también ensayos de flexión a las fibras de bambú con 1 cm de ancho y espesores de 1 mm, 2 mm, 3 mm teniendo como resultado que el espesor óptimo para el diseño de geomalla de bambú es de 3mm debido a que presentó una resistencia máxima a la flexión de 4673 kgf/cm<sup>2</sup>.
- Se elaboró el ensayo de CBR para el suelo de material granular base obteniendo un 87% midiendo este resultado para la comparación del suelo en estudio con inclusión de las geomallas de bambú.
- Se elaboraron geomallas biaxiales y triaxiales con fibras de bambú de 1 cm de ancho y 3 mm de espesor con aberturas de 1, 2, 2.5 y 3 cm para ser incluidas en el suelo en estudio.
- El valor de CBR para la base granular con inclusión de geomallas biaxiales fueron de 56%, 85%, 93% y 74% mientras que, con la inclusión de geomallas triaxiales el valor de CBR fueron de 47%, 74%, 44%, 52%; para aberturas de 1, 2, 2.5 y 3 cm respectivamente concluyendo que los resultados fueron favorables para las geomallas biaxiales presentando un mejor comportamiento mecánico y determinando que la geomalla biaxial con abertura de 2.5 cm es el diseño óptimo de geomalla a utilizar.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar los ensayos para evaluar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en estudio, además de corroborar que todos los equipos a utilizar se encuentren calibrados y en buen estado para obtener buenos resultados.
- Se recomienda trabajar con el material granular que se encuentre dentro de los parámetros de la clasificación de suelos SUCS y AASHTO para así obtener mejores resultados del comportamiento mecánico del suelo en estudio.
- Se recomienda hacer la correcta fabricación de fibras y geomallas de bambú para lograr la correcta unión y cohesión de la fibras entre sí.
- Se recomienda continuar con la recolección de datos e información sobre el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo con la inclusión de geomallas de bambú ya que dichas fuentes complementarán el presente trabajo de investigación.

## REFERENCIAS

- [1] G. Goud, S. Mouli, B. Umashankar, S. Sireesh and R. Madhira, "Design and Sustainability Aspects of Geogrid Reinforced Flexible Pavements: An Indian Perspective," *Frontiers in Built Environment*, vol. 6, pp. 1-12, 2020.
- [2] E. M. Ibrahim, S. M. El-Badawy, M. Ibrahim, A. Gabr and A. Azam, "Effect of geogrid reinforcement in flexible pavements," *Innov. Infrastruct. Solut.*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [3] M. Maliszewski, M. Paliukaitė, L. Žalimienė, E. Zofka and A. Zofka, "Geogrid Reinforcement Of Asphalt Pavements," *The baltic journal of road and bridge engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 181-186, 2017.
- [4] D. Saha and J. Mandal, "Reclaimed Asphalt Pavement Reinforced with Bamboo Geogrid and Bamboo Geocell," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 21, no. 5, pp. 571-582, 2018.
- [5] A. F. Jasim, M. Y. Fatta, I. F. Al-Saadi and A. S. Abbas, "Geogrid reinforcement optimal location under different tire contact stress assumptions," *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 14, no. 3, pp. 357-365, 2021.
- [6] A. Hossein, S. Vernon R., Z. Junxing and L. Hang, "Performance evaluation of geosynthetic reinforced flexible pavement: a review of full-scale field studies.," *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 30-42, 2020.
- [7] G. Ogunkunbi and Y. Jimoh, "Design and Economic Analysis of a Flexible Pavement on a Geosynthetic Reinforced Subgrade," *Journal of Applied Sciences & Environmental Management.*, vol. 23, no. 1, pp. 121-125, 2019.
- [8] P. Vennapusa, D. White, M. Wayne, J. Kwon, A. Galindo and L. García, "In situ performance verification of geogrid-stabilized aggregate layer: Route-39 El Carbón–Bonito Oriental, Honduras case study," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 100-111, 2018.
- [9] A. Šiukščius, V. Vorobjovas, A. Vaitkus, Š. Mikaliūnas and A. Zariņš, "Long-term behavior of an asphalt pavement structure built on a geogrid-reinforced subgrade over soft soils.," *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 384-404, 2019.
- [10] H. Delbono, "Restauración de pavimentos: adherencia entre capas con interposición geosintética de diferentes aberturas de malla," *Ingeniería de Construcción*, vol. 34, no. 3, pp. 307-320, 2019.
- [11] R. Baadiga, S. Saride, U. Balunaini and M. Madhav, "Influence of tensile strength of geogrid and subgrade modulus on layer coefficients of granular bases," *Transportation Geotechnics*, vol. 29, 2021.
- [12] F. Aster, R. Ríos and S. Velásquez, "Aplicación de geomallas en pavimentos," *Vías PUCP*, 2021.
- [13] H. Taherkhani and M. Jalali, "Investigating the performance of geosynthetic-reinforced asphaltic pavement under various axle loads using finite-element method," *Road Materials and*

*Pavement Design*, vol. 18, no. 5, pp. 1200-1217, 2016.

- [14] A. Bustamante, "Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil," 2016.
- [15] N. Khoueiry, "Study of granular platforms behaviour over soft subgrade reinforced by geosynthetics: experimental and numerical approaches," Universidad de Lyon, Lyon, 2020.
- [16] D. White and R. Vennapusa, "In situ Resilient Modulus for Geogrid-Stabilized Aggregate Layer: A Case Study using Automated Plate Load Testing," *Transportation Geotechnics*, vol. 11, no. 1, pp. 120-132, 2017.
- [17] F. Gu, X. Luo, R. Luo, R. Lytton, E. Hajj and R. Siddharthan, "Numerical modeling of geogrid-reinforced flexible pavement and corresponding validation using large-scale tank test," *Construction and Building Materials*, vol. 122, pp. 214-230, 2016.
- [18] M. Sharbaf and N. Ghafoori, "Laboratory evaluation of reinforced flexible geogrid pavement," *Transportation Engineering*, vol. 4, 2021.
- [19] S. Lekshmi, . P. Sudheer and . B. Sivakumar, "Effect of geogrid-reinforcement in granular bases under repeated loading," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 45, no. 4, pp. 377-389, 2017.
- [20] N. S. Correia and A. N. Mugayar, "Effect of binder rates and geogrid characteristics on the shear bond strength of reinforced asphalt interfaces," *Construction and Building Materials*, vol. 269, 2021.
- [21] M. Grygierek and J. Kawalec, "Selected laboratory research on geogrid impact on stabilization of unbound aggregate layer," *Transportation Geotechnics and Geoecology*, vol. 189, pp. 484-491, 2017.
- [22] B. Han, J. Ling, X. Shu, W. Song, R. Boudreau, W. Hu and B. Huang, "Quantifying the effects of geogrid reinforcement in unbound granular base," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 47, pp. 369-376, 2019.
- [23] A. Francois, A. Ali and Y. Mehta, "Evaluating the impact of different types of stabilised bases on the overall performance of flexible pavements," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 20, no. 8, pp. 938-946, 2019.
- [24] T. Imjai, K. Pilakoutas and M. Guadagnini, "Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials," *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 47, no. 2, pp. 217-229, 2019.
- [25] E. Miranda, "Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba-Ongon. Provincia de Patate. La Libertad," Trujillo, 2019.
- [26] W. Chuquimango, "Influencia de la geomalla en el diseño de pavimento flexible en la vía de evitamiento Norte - Cajamarca, 2017," Cajamarca, 2017.
- [27] J. Vásquez, "Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la Av. Perú de la ciudad de Chota-Cajamarca," Chota,



2020.

- [28] M. Kari and J. Olórtegui, "Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(vía)," Lima, 2019.
- [29] A. Llauce, "Aplicación de geomallas de bambú en el diseño de pavimentos flexibles de la avenida Bauzate y Meza en el Distrito De La Victoria," Lima, 2019.
- [30] E. Paredes, ""Propuesta Técnica Económica Para Mejorar Resistencia De Subrasante Mediante Aplicación De Geomallas En Av. Mesones Muro 0+000 -2+066.025 Km Chiclayo"," Chiclayo, 2018.
- [31] J. Aquino and J. Estela, ""Estudio definitivo de la pavimentación de los AA.HH. Señor de los Milagros, 18 de Febrero, Alameda y Los Ángeles, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque," Lambayeque, 2020.
- [32] L. Sosa, ""Pavimento con geosintéticos para mejorar la resistencia en la capa estructural de la avenida Tréboles provincia y distrito de Chiclayo – Lambayeque," Chiclayo, 2019.
- [33] D. Villegas, "Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en Urbanización el Ingeniero I, Chiclayo," Chiclayo, 2019.
- [34] C. Puccio and E. Tocto, "Diseño de infraestructura vial para transitabilidad entre localidades Mórrope Km0+000 y Monteverde Km15+680, Mórrope, Lambayeque - 2018," Chiclayo, 2018.
- [35] I. Terrones, "Caracterización del suelo en el sector huaquilla, con fines de edificación de viviendas, Bagua, Amazonas 2017.," 2017.
- [36] MTC, Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos., Lima, 2014.
- [37] A. Núñez, «Optimización de los espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos.,» Puno, 2016.
- [38] J. Mera, «Evaluación Técnico- Económico del Uso de Geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa CruzBellavista, Distrito Bellavista- Jaén-Cajamarca,» Jaén-Cajamarca, 2017.
- [39] J. Acosta y F. Macías, «Estudio sobre materiales granulares de la cantera Río de Oro utilizados como Base para pavimentos Flexibles,» Bucaramanga, 2006.
- [40] J. Menéndez, Ingeniería De Pavimentos - Materiales, Diseño Y Conservación, Lima, 2010.
- [41] L. Robles, «Geomalla biaxial para optimizar base y subbase de pavimento flexible en la Av. Camino del Inca Izquierdo, distrito de Ventanilla en 2018,» Lima, 2018.
- [42] A. Hirooka, F. Vargas, P. Júnior and H. Barbosa, "Effect of variation of the average daily volume and traffic growth rate on flexible pavements performance.," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 27, no. 1, pp. 58-68, 2019.

- [43] SENCICO, NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS-Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, Lima, 2010.
- [44] H. Hinostroza, «Diseño de pavimento flexible reforzado con geomallas para la reducción de la estructura del pavimento,» Huamanga, 2018.
- [45] M. Anyaipoma, «Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019,» Lima, 2019.
- [46] D. d. I. -. G. PAVCO, Manual de diseño con geosintéticos PAVCO, 2012.
- [47] P. Tamayo y C. Vila, «Distribución De Productos Geosintéticos En El Perú,» Lima, 2011.
- [48] S. Vijayasimhan and G.-K. Shanmugam, "Functionality and cost-benefit of geosynthetics as subgrade reinforcement in flexible pavement design," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 28, no. 51, pp. 39-49, 2019.
- [49] G. Sicha, «Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles,» Lima, 2018.
- [50] S. Matveev, E. Martynov, N. Litvinov, G. Kadisov and V. Utkin, "The geogrid-reinforced gravel base pavement model," *Magazine of Civil Engineering*, vol. 94, no. 2, pp. 21-30, 2020.
- [51] L. Almendarez, J. Zúñiga and R. López, "Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han: Caso de Aplicación en Honduras," Honduras, 2017.
- [52] R. Ames y B. Kevin, «Diseño comparativo entre pavimento flexible y pavimento con geomalla en el centro poblado de Huanchac, Huaraz, Áncash-2019,» Huaráz, 2019.
- [53] MTC, Ensayo de materiales, Lima, 2016.
- [54] Ó. Palacio León, Á. Chávez Porras and Y. Velásquez Castiblanco, "Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados," *Tecnura*, vol. 21, no. 53, p. 5, 2017.
- [55] A. M. Bazán Galarreta y K. S. Prado Holguín, «Correlación entre el CBR y el PDC en la determinación de la resistencia del suelo en la localidad de Moche. Cesar Vallejo, Trujillo.,» 2021.
- [56] A. Maluquis Perez y J. H. Zegarra Juarez, «Uso de las cenizas volantes de carbón para mejorar la sub-rasante en la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880 – 3+880], Piura - Piura - Piura, 2018.,» César Vallejo, Piura, 2019.
- [57] A. Montejo, Ingeniería de pavimentos para carreteras, Bogotá, 2002.
- [58] A. Hossne and J. Salazar, "Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado," *Agronomía Costarricense*, vol. 28, no. 1, p. 4, 2004.
- [59] M. Ruiz Perales, "Uso del penetrómetro cónico para determinar el límite plástico de suelos

cohesivos.," Pimentel, 2020.

- [60] W. Rivera and E. Sandoval, "Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 29, no. 1, p. 2, 2019.
- [61] I. A. El-Naga, M. N. Elsiragy and M. Ragab, "Utilization of synthetic reinforcement for enhancement of oil-contaminated subgrade soil in highway pavement," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 5, no. 2, 2020.
- [62] M. Singh, A. Trivedi and S. K. Shukla, "Influence of Geosynthetic Reinforcement on Unpaved Roads Based on CBR, and Static and Dynamic Cone Penetration Tests," *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, vol. 6, no. 2, 2020.
- [63] S. Vennamaneni, . N. Raju Aketi and S. paisa, "Reduction in Pavement Thickness by Using Geogrid," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 3.3, pp. 17-20, 2018.
- [64] K. H. Mamatha and S. V. Dinesh, "Efectiveness of geogrid and its position on the performance of unpaved roads under repetitive loading," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 4, no. 1, 2019.
- [65] S. Ravindran, A. Kumar, S. Dutta, M. B. Nadaf, J. N. Mandal and E. C. Shin, "Unpaved road stabilization using bamboo grid and bitumen coated bamboo cells," *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 56, no. 5, 2019.
- [66] F. Ye and W. Fu, "Physical and Mechanical Characterization of Fresh Bamboo for Infrastructure Projects," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 30, no. 2, 2018.
- [67] A. Hegde and T. G. Sitharam, "Use of Bamboo in Soft-Ground Engineering and Its Performance Comparison with Geosynthetics: Experimental Studies," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 27, no. 9, 2015.
- [68] M. Kaur and S. K. Aggarwal, "Effect on CBR value of expansive soil with geogrid reinforcement," *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, vol. 11, no. 8, pp. 482-489, 2020.
- [69] S. N. d. C. p. l. l. d. l. Construcción, Norma E.100 - Bambú - Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima: Gerencia de Investigación y Normalización del SENCICO, 2020.

## ANEXOS

### 1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 1. Características físicas del material granular en estudio.



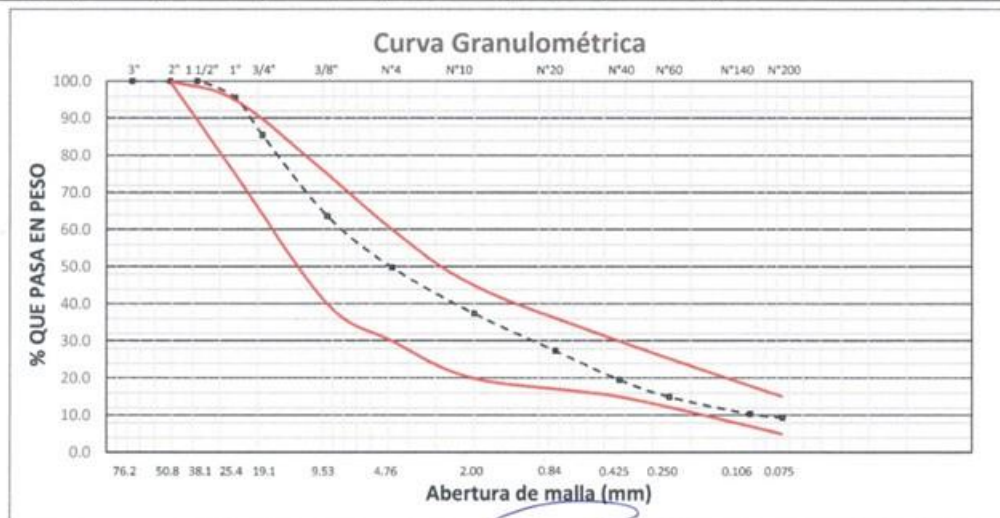
**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Laboratorio - Concreto - Canteras - Asfalto - Rotura de testigos - Cimentaciones - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.ayceploraciongeotecnicasrl.com ayceploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
NTP 339 - 128 (Rev. 2019)							
(GRADACION "B")							
ABERTURA DE MALLA		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pulg.)	(mm)						
3"	76.200						PESO INICIAL : 4125.00
2"	50.800	---	---	---	100.0	100	PESO LAVADO : 385.00
1 1/2"	38.100	---	---	---	100.0		CANTERA : ---
1"	25.400	185.00	4.5	4.5	95.5	75 -- 95	MATERIAL : TRES TOMAS
3/4"	19.050	416.00	10.1	14.6	85.4		CALICATA : ---
3/8"	9.525	899.00	21.8	36.4	63.6	40 -- 75	MUESTRA : M - 01
N° 4	4.760	574.00	13.9	50.3	49.7	30 -- 60	PROFUNDIDAD : ---
N° 10	2.000	510.00	12.4	62.6	37.4	20 -- 45	LIMITE LIQUIDO : 21.2
N° 20	0.840	415.00	10.1	72.7	27.3		LIMITE PLASTICO : 17.4
N° 40	0.425	322.00	7.8	80.5	19.5	15 -- 30	INDICE PLASTICIDAD : 3.8
N° 60	0.250	190.00	4.6	85.1	14.9		
N° 140	0.106	189.00	4.6	89.7	10.3		SUCS : GP-GM
N° 200	0.075	40.00	1.0	90.7	9.3	5 -- 15	AASHTO : A-1-a (0)
< N° 200	FONDO	385.00	9.3	100.0	0.0		



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
*Cristian Miguel Arrunategui Brown*  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

LÍMITES DE ATTERBERG					
NTP 339 - 129 (Rev. 2019)					
DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de Tara	4	17	32	41	36
N° de Golpes	17	24	33	---	---
Tara + Suelo húmedo	26.84	25.42	25.59	19.51	18.82
Tara + Suelo seco	23.93	22.98	23.38	18.39	17.76
Peso del Agua	2.91	2.44	2.21	1.12	1.06
Peso de la Tara	11.39	11.74	12.06	11.87	11.72
Peso del Suelo Seco	12.54	11.24	11.32	6.52	6.04
Porcentaje de Humedad	23.21	21.71	19.52	17.18	17.55



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido	21.20
Límite Plástico	17.36
Índice de Plasticidad	3.84

MUESTRA	M - 01
Clasificación SUCS	GP-GM
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)
Cantera	---
Material	TRES TOMAS

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

### EQUIVALENTE DE ARENA ASTM - D2419

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 8/09/2022

Muestra Nº	M - 01	M - 02	
Tamaño Máximo mm.	4.75	4.75	
Hora de Entrada	12.21	12.29	
Hora de Salida	12.31	12.39	
Hora de Entrada	12.34	12.44	
Hora de Salida	12.54	13.04	
Altura máx. del mat. Fino cm.	8.75	8.80	
Altura máx. de la Arena cm.	3.35	3.40	
Equivalente de Arena	38.30	38.60	
Promedio	38.5		

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

  
A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
Cristian Miguel Arruategui Brown  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

### PARTICULAS CON UNA Y DOS CARAS DE FRACTURA

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**MATERIAL** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

#### CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E
TAMIZ	TAMIZ	(g)	(g)	((b/A)*100)	(%)	C*D
1 1/2"	1"	2000	1745.0	87.25	40.0	34.90
1"	3/4"	1500	1235.0	82.33	30.0	24.70
3/4"	1/2"	1200	884.0	73.67	24.0	17.68
1/2"	3/8"	300	234.0	78.00	6.0	4.68
		5000	4098.00	321.25	100.0	
<b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b>		:	%			<b>81.96</b>

#### CON DOS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO						
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E
TAMIZ	TAMIZ	(g)	(g)	((b/A)*100)	(%)	C*D
1 1/2"	1"	2000	849.0	42.45	40.0	17.0
1"	3/4"	1500	591.0	39.40	30.0	11.8
3/4"	1/2"	1200	656.0	54.67	24.0	13.1
1/2"	3/8"	300	187.0	62.33	6.0	3.7
		5000	2283.00	198.85	100.0	
<b>PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS</b>		:	%			<b>45.66</b>

  
 A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Crithian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



### A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

#### RESISTENCIA DE ABRASION

#### AASHTO - T - 96

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLA DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**CANtera** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

MUESTRA Nº	M - 01		
GRADUACION	"A"		
PESO MUESTRA	5000		
1 1/2" - 1"	1250		
1" - 3/4"	1250		
3/4" - 1/2"	1250		
1/2" - 3/8"	1250		
3/8" - 1/4"			
1/4" - Nº 4			
Nº4 - Nº 8			
Total Desgaste	1318		
Ret. Nº 12			
500 Vueltas			
Ret. Nº 12	3682		
% Desgaste	26.36%		

OBSERVACIONES :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
*Cristian Miguel Arruñategui Brown*  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. Nº 174530



## Anexo 2. Características mecánicas del material granular en estudio



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

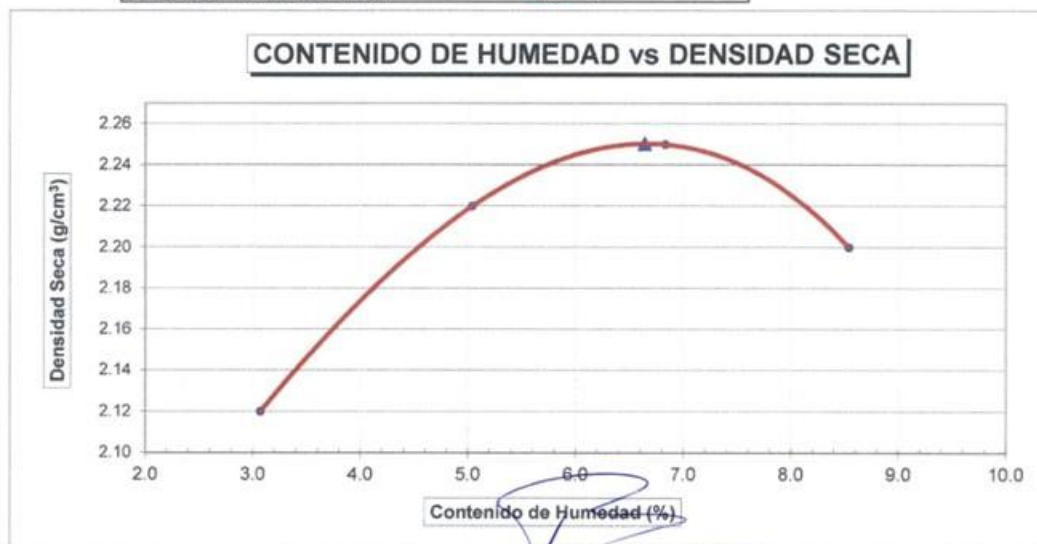
Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

### PROCTOR MODIFICADO

<b>MOLDE N°</b>	:				
<b>VOLUMEN</b>	:	<b>2130</b>	cm <sup>3</sup>	---	pie <sup>3</sup>
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	:	<b>AASHTO T - 180 D</b>			
<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	(g)	11046	11362	11529	11478
<b>Peso de Molde</b>	(g)	6403	6403	6403	6403
<b>Peso Suelo Húmedo Compactado</b>	(g)	4643	4959	5126	5075
<b>Peso Volumétrico Húmedo</b>	(g)	2.180	2.328	2.407	2.383
<b>Recipiente N°</b>		2	4	17	22
<b>Peso de Suelo Húmedo + Tara</b>	(g)	760.00	854.00	770.00	704.00
<b>Peso de Suelo Seco + Tara</b>	(g)	739.00	817.00	726.00	653.00
<b>Tara</b>	(g)	56.00	83.00	82.00	56.00
<b>Peso de Agua</b>	(g)	21.00	37.00	44.00	51.00
<b>Peso de Suelo Seco</b>	(g)	683.00	734.00	644.00	597.00
<b>Contenido de agua</b>	(%)	3.07	5.04	6.83	8.54
<b>Peso Volumétrico Seco</b>	(g/cm <sup>3</sup> )	2.12	2.22	2.25	2.20

**Máxima Densidad Seca** : 2.25 gr/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humed:** 6.64 %



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.

*Cristian Miguel Arrategui Brown*  
INGENIERO SUPERVISOR  
REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

**C.B.R.**

MOLDE Nº	3		4		1	
CAPAS Nº	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	13,363	13,464	12,470	12,599	12,594	12,854
PESO DEL MOLDE (g)	7,464	7,464	7,118	7,118	7,451	7,451
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5899	6000	5352	5481	5143	5403
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,468	2,468	2,302	2,302	2,304	2,304
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.39	2.43	2.32	2.38	2.23	2.35
CAPSULA Nº	19	13	14	21	5	1
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	76.72	85.04	81.91	83.30	69.59	93.85
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	73.62	80.79	78.22	78.47	66.88	86.92
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.1	4.25	3.69	4.83	2.71	6.93
PESO DE CAPSULA (g)	23.94	24.51	22.85	23.07	23.89	24.67
PESO DE SUELO SECO (g)	49.68	56.28	55.37	55.4	43.0	62.25
HUMEDAD (%)	6.24%	7.55%	6.66%	8.72%	6.30%	11.13%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.26	2.18	2.19	2.10	2.11

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 1			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		237.30	522.1	174.00		192.30	423.1	141.00		115.90	255	85.00	
0.040		495.00	1089.0	363.00		402.30	885.1	295.00		241.40	531.1	177.00	
0.060		722.70	1589.9	530.00		587.70	1292.9	431.00		353.20	777	259.00	
0.080		949.10	2088.0	696.00		771.80	1698	566.00		462.30	1017.1	339.00	
0.100	1000	1186.40	2610.1	870.00	87.00	964.10	2121	707.00	69.50	578.20	1272.0	424.00	41.50
0.200	1500	1933.60	4253.9	1418.00		1570.90	3456	1152.00		942.30	2073.1	691.00	
0.300		2455.90	5403	1801.00		1995.00	4389	1463.00		1197.30	2634.1	878.00	
0.400		2728.60	6002.9	2001.00		2217.30	4878.1	1626.00		1388.20	3054	1018.00	
0.500		2965.90	6525.0	2175.00		2410.90	5304	1768.00		1445.50	3180.1	1060.00	

  
 A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Manuel Armattegui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

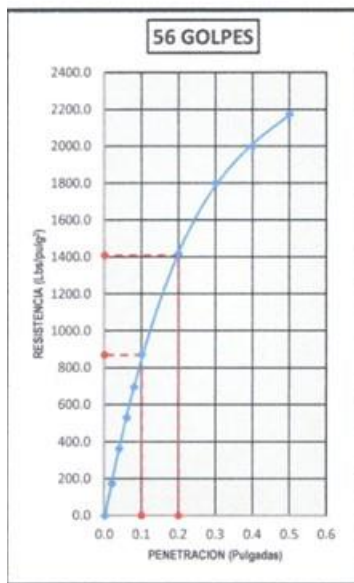
Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com    ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

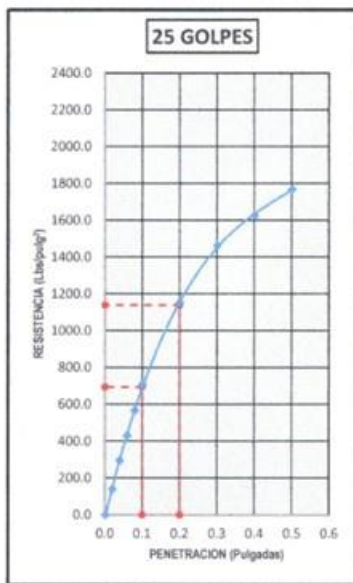
**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / MATERIAL NATURAL  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.25
Humedad Óptima (%)	6.24%

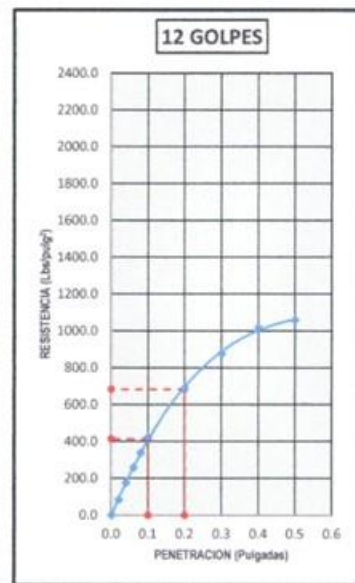
DATOS DEL C.B.R.	
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	87.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	55.50



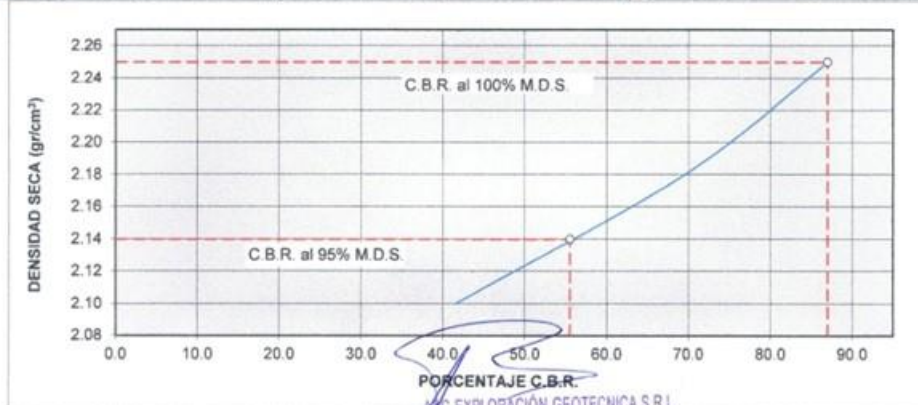
Carga (1°): 870Lbs/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°): 1410Lbs/pulg<sup>2</sup>



Carga (1°): 695Lbs/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°): 1140Lbs/pulg<sup>2</sup>



Carga (1°): 415Lbs/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°): 685Lbs/pulg<sup>2</sup>



**ING. A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.**  
*Cristian Miguel Armatregui Brown*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530

Anexo 3. Características mecánicas de las fibras de bambú.



Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chidayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyc@eirl.com

Solicitante : NILS WILLIAM  
VILCHEZ RUIZ  
Proyecto / Obra : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : Chidayo, Lambayeque  
Fecha de ensayo : Domingo, 22 de mayo del 2022.

Título : MADERA. Método para determinar la flexión estática.  
Referencia : NTP 251.017:2014

Muestra N°	Descripción de la muestra.	P (Kgf)	L (Cm)	a (Cm)	e (Cm)	MOR Kg/Cm <sup>2</sup>
01	1mm	5	30.00	1.02	0.24	3619
02	1mm	6	30.00	1.01	0.25	4296
03	1mm	5	30.00	0.99	0.25	3429
04	1mm	3	30.00	1.01	0.23	3224
05	1mm	4	30.00	0.94	0.24	3214

Donde:

MOR: Módulo de rotura.  
L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta.  
a: ancho de probeta.  
e: Espesor de la Probeta.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : VILCHEZ RUIZ  
                   NILS WILLIAM  
 Proyecto / Obra : TESIS " EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE  
                           UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : Chiclayo, Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 22 de mayo del 2022.  
  
 Título : MADERA. Método para determinar la flexión estática.  
 Referencia : NTP 251.017:2014

Muestra N°	Descripción de la muestra.	P (Kgf)	L (Cm)	a (Cm)	e (Cm)	MOR Kg/Cm <sup>2</sup>
01	2mm	7	30.00	0.94	0.29	4239
02	2mm	5	30.00	0.91	0.26	3580
03	2mm	7	30.00	1.07	0.28	3873
04	2mm	5	30.00	1.00	0.25	3722
05	2mm	5	30.00	1.05	0.26	3447

Donde:

MOR: Módulo de rotura.  
 L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta.  
 a: ancho de probeta.  
 e: Espesor de la Probeta.

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : VILCHEZ RUIZ  
 NILS WILLIAM  
 Proyecto / Obra : TESIS " EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE  
 UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ\*  
 Ubicación : Chidayo, Lambayeque  
 Fecha de ensayo : Domingo, 22 de mayo del 2022.  
 Título : MADERA. Método para determinar la flexión estática.  
 Referencia : NTP 251.017:2014

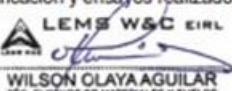
Muestra N°	Descripción de la muestra.	P (Kgf)	L (Cm)	a (Cm)	e (Cm)	MOR Kg/Cm <sup>2</sup>
01	3mm	13	30.00	1.04	0.35	4673
02	3mm	13	30.00	1.02	0.37	4226
03	3mm	16	30.00	1.17	0.41	3552
04	3mm	14	30.00	1.04	0.40	3831
05	3mm	14	30.00	1.08	0.38	4073

Donde:

- MOR: Módulo de rotura.  
 L: Distancia entre los soportes, luz de la probeta.  
 a: ancho de probeta.  
 e: Espesor de la Probeta.

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

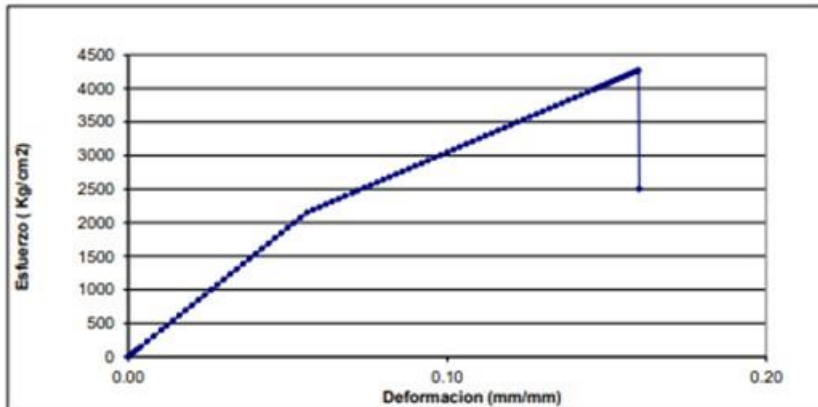
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.10	0.1

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	38392.86	5.6
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
2150.0	4270.0	2500.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022.

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

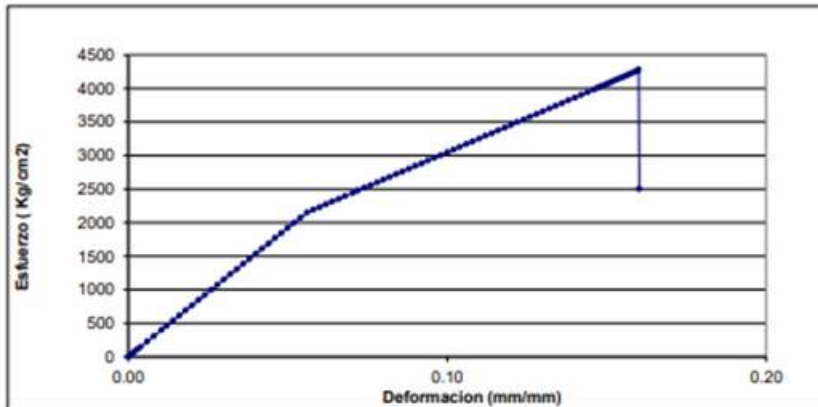
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.10	0.1

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kg/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	38390.91	5.8
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
2190.8	4280.0	2500.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022.

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

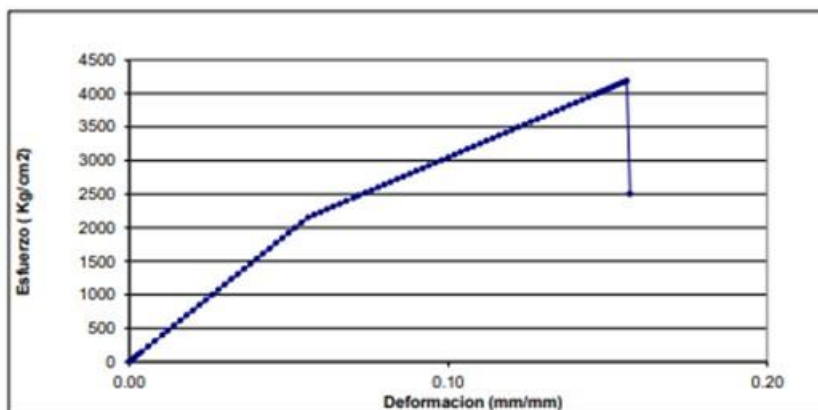
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.10	0.1

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
57.8	-	-	38454.41	5.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
1919.6	4188.5	2500.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

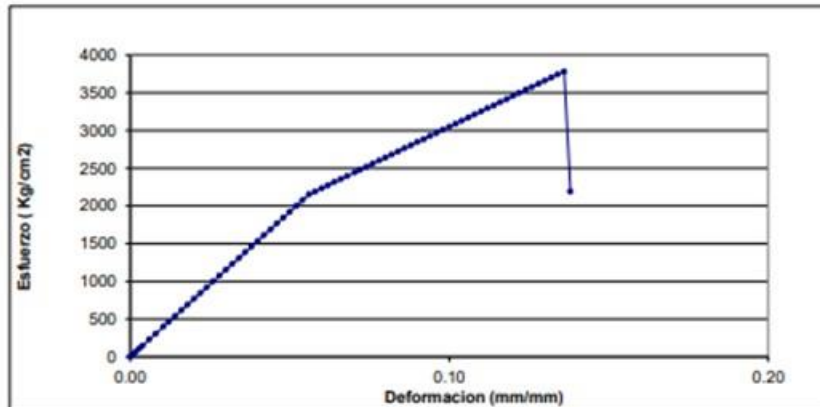
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.10	0.1

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kg/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
56.8	-	-	38451.90	5.2
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
1996.4	3780.8	2190.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

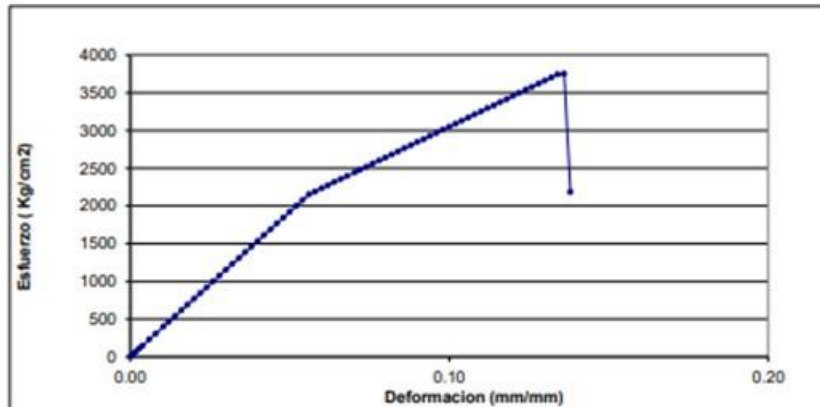
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.10	0.1

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
56.9	-	-	38449.58	5.4
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
2073.2	3750.0	2180.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

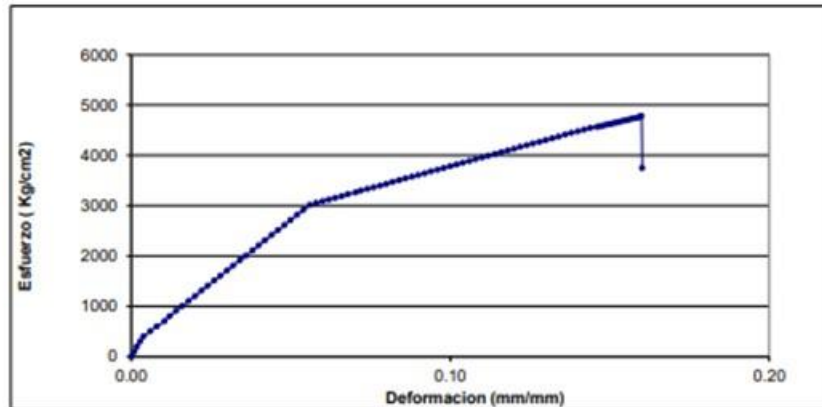
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.20	0.2

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	39926.54	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3608.3	4782.0	3750.0	-	-



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENGENIERO DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

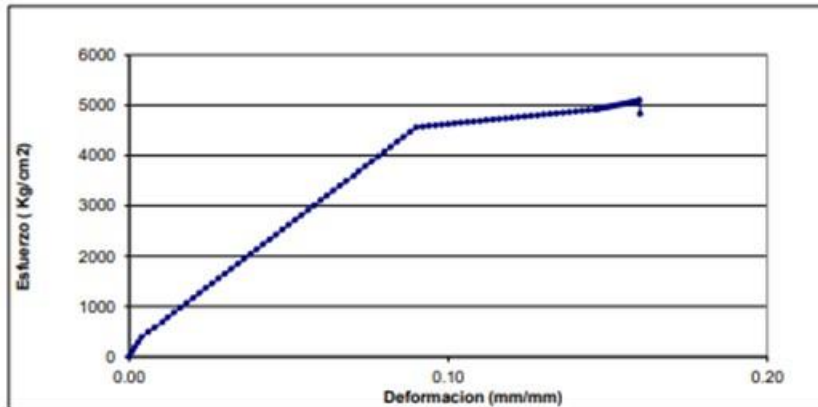
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.20	0.2



Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	50073.59	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
4561.0	5100.0	4825.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÍT. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ  
**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque  
**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

**Identificación de la Muestra**

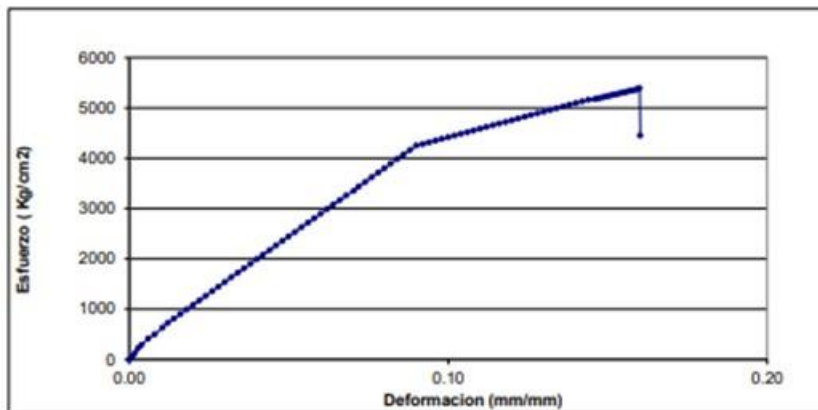
Tipo	Fuente	Código	Forma

**Datos de la Muestra**

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.20	0.2

**Resultados de Ensayo**

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kg/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	47308.40	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
4256.4	5397.0	4450.0	-	-


**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 ITC. EXPERTOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Ángel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

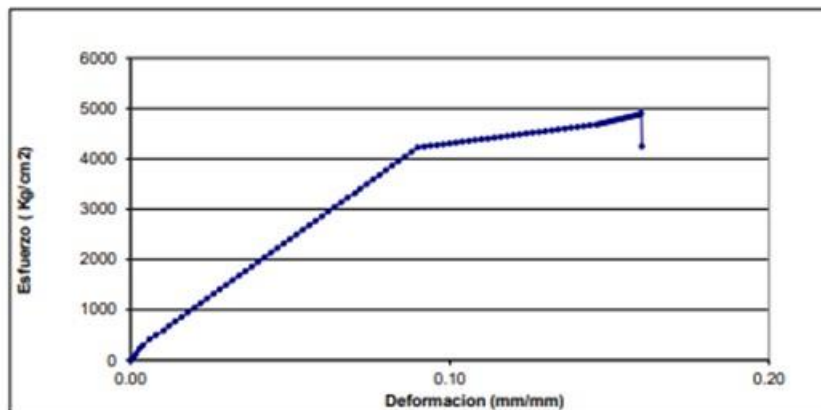
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.20	0.2

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	46954.02	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
4226.0	4902.0	4250.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

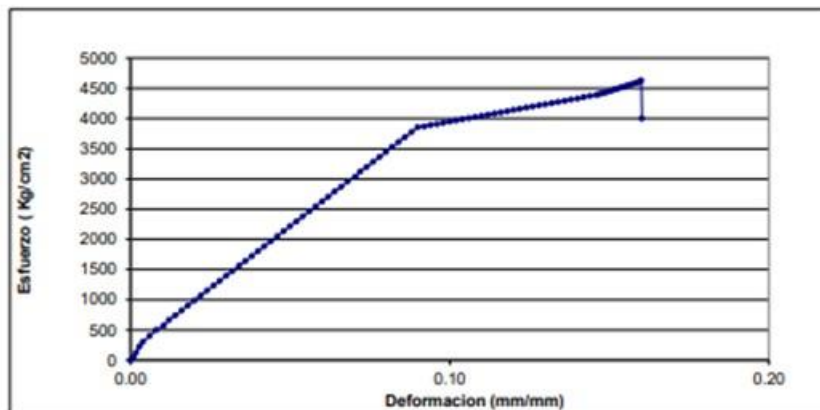
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.20	0.2

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.0	-	-	42816.09	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3857.0	4632.0	4000.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ESPECIALIZADO EN MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

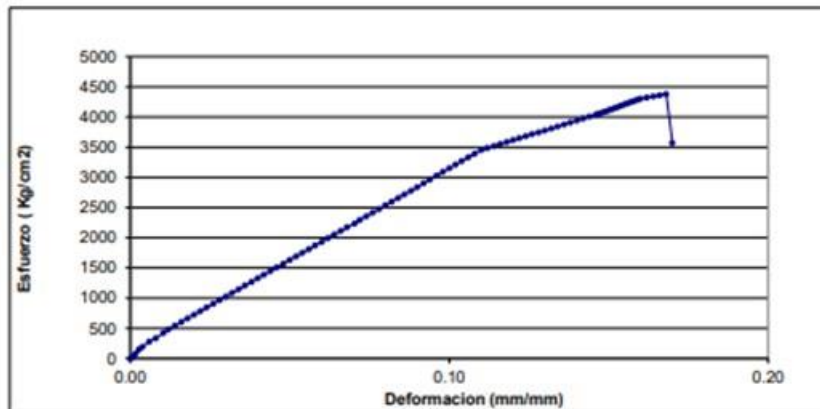
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.30	0.3

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.1	-	-	31387.15	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3452.6	4379.8	3566.7	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestra, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENGENYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Ángel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

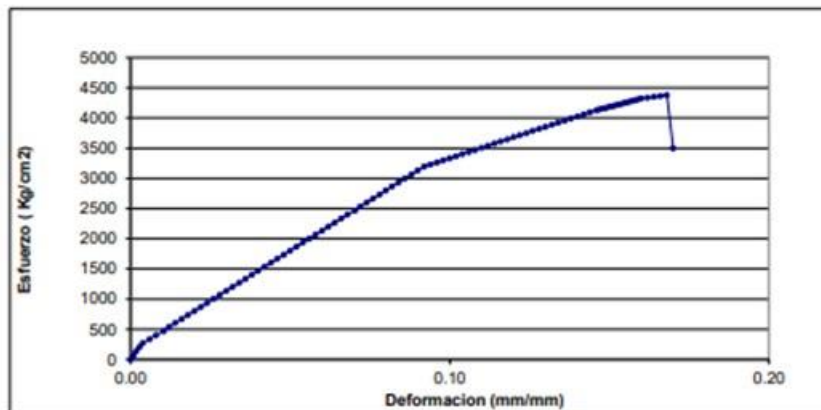
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.30	0.3

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kg/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.1	-	-	3425.36	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3198.8	4378.4	3500.0	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

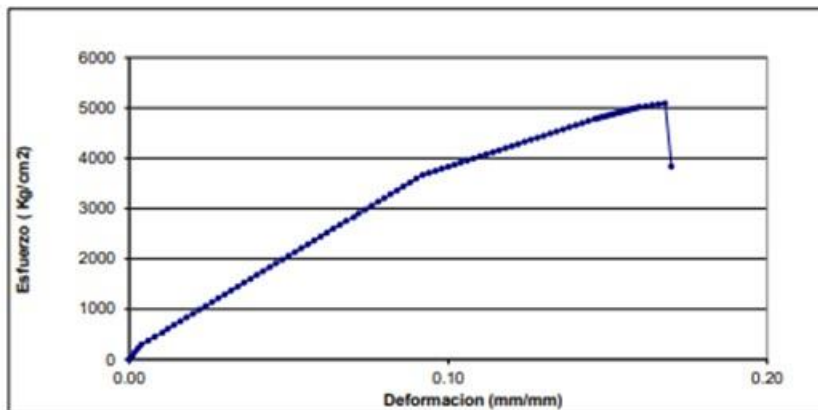
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.30	0.3

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.1	-	-	39593.90	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3668.8	5088.4	3833.3	-	-



OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBU"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

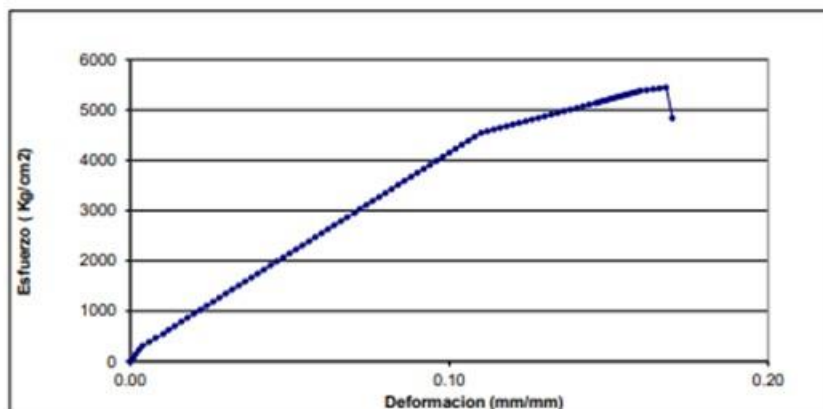
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.30	0.3

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.1	-	-	41090.15	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
4544.9	5448.4	4833.3	-	-



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS

  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM  
 VILCHEZ RUIZ

**Proyecto / Obra** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

**Ubicación** : Chiclayo, Lambayeque

**Fecha de ensayo** : Domingo, 22 de mayo del 2022

Código	Norma
NTP 339.517:2003 (revisada el 2019)	

Identificación de la Muestra

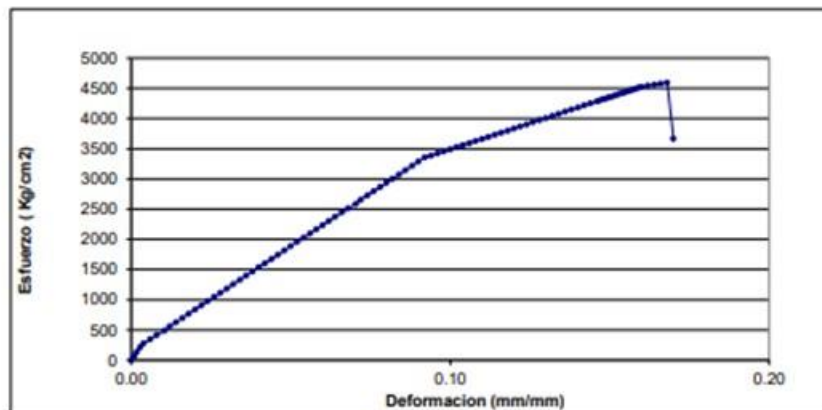
Tipo	Fuente	Código	Forma

Datos de la Muestra

Longitud Total (mm)	Longitud Calibrada (mm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
60.00	50.00	1.00	0.30	0.3

Resultados de Ensayo

Longitud Calibrada Final (pulg)	Energía de Tensión a la rotura (pulg-lbs-fuerza/pulg <sup>2</sup> )	Módulo Secante (PSI/pulg/pulg)	Módulo Elástico (Kgf/cm/cm)	Elongación a la Fluencia (%)
58.1	-	-	36148.20	9.0
Punto de Fluencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	Punto de Rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resiliencia (PSI/pulg <sup>2</sup> )	Elongación a la Rotura (%)
3355.4	4595.0	3666.7	-	-



OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. EXPERTOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Anexo 4. Características mecánicas del suelo granular con inclusión de las geomallas de bambú.



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

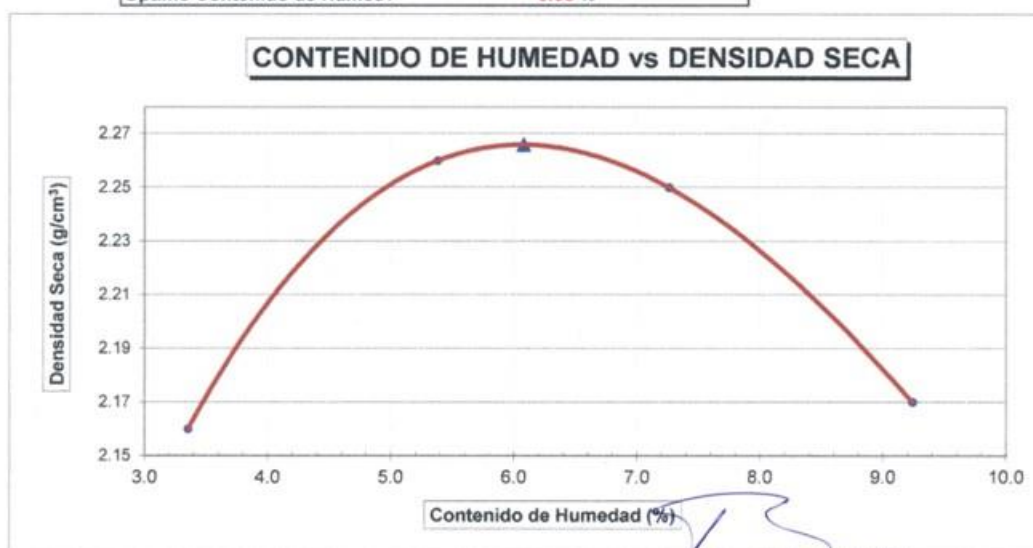
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.00 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO					
MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	11152	11476	11546	11437
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4747	5071	5141	5032
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.232	2.384	2.417	2.366
Recipiente N°		20	12	14	19
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	748.00	835.00	802.00	837.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	726.00	796.00	753.00	773.00
Tara	(g)	69.00	71.00	78.00	80.00
Peso de Agua	(g)	22.00	39.00	49.00	64.00
Peso de Suelo Seco	(g)	657.00	725.00	675.00	693.00
Contenido de agua	(%)	3.35	5.38	7.26	9.24
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.16	2.26	2.25	2.17

Máxima Densidad Seca : 2.27 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humed: 6.08 %



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

<b>SOLICITANTE</b>	: VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>CANTERA</b>	: BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 1.00 cm
<b>MUESTRA</b>	: TRES TOMAS
<b>FECHA</b>	: 14/09/2022

#### C.B.R.

MOLDE Nº	4		6		1	
CAPAS Nº	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12,548	12,638	12,427	12,556	12,520	12,773
PESO DEL MOLDE (g)	7,118	7,118	6,972	6,972	7,451	7,451
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5430	5520	5455	5584	5069	5322
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,302	2,302	2,379	2,379	2,304	2,304
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.36	2.40	2.29	2.35	2.2	2.31
CAPSULA Nº	5	2	34	24	19	54
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	99.69	115.36	108.98	121.16	120.28	127.01
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	96.35	110.84	105.03	116.07	117.36	119.78
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.34	4.52	3.95	5.09	2.92	7.23
PESO DE CAPSULA (g)	46.65	54.54	49.64	60.65	74.35	57.51
PESO DE SUELO SECO (g)	49.7	56.3	55.39	55.42	43.0	62.27
HUMEDAD (%)	6.72%	8.03%	7.13%	9.18%	6.79%	11.61%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.21	2.22	2.14	2.15	2.06	2.07

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

#### PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 1			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		152.70	335.9	112.00		124.10	273	91.00		75.00	165	55.00	
0.040		317.70	698.9	233.00		259.10	570	190.00		155.50	342.1	114.00	
0.060		465.00	1023.0	341.00		377.70	830.9	277.00		226.40	498.1	166.00	
0.080		610.90	1344.0	448.00		496.40	1092.1	364.00		297.30	654.1	218.00	
0.100	1000	763.60	1679.9	560.00	56.00	620.50	1365.1	455.00	45.00	372.30	819.1	273.00	
0.200	1500	1245.00	2739.0	913.00		1011.80	2226	742.00		606.80	1335	445.00	
0.300		1580.50	3477.1	1159.00		1284.50	2825.9	942.00		770.50	1695.1	565.00	
0.400		1756.40	3864.1	1288.00		1427.70	3140.9	1047.00		893.20	1965	655.00	
0.500		1909.10	4200.0	1400.00		1551.80	3414	1138.00		931.40	2049.1	683.00	

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

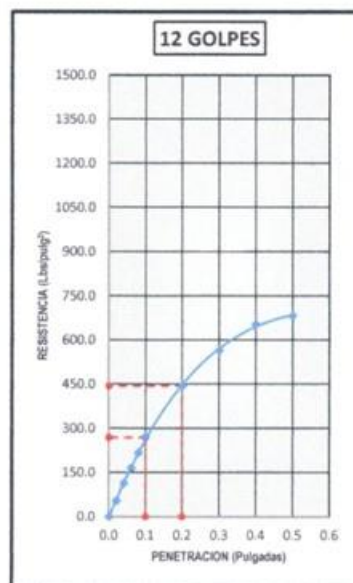
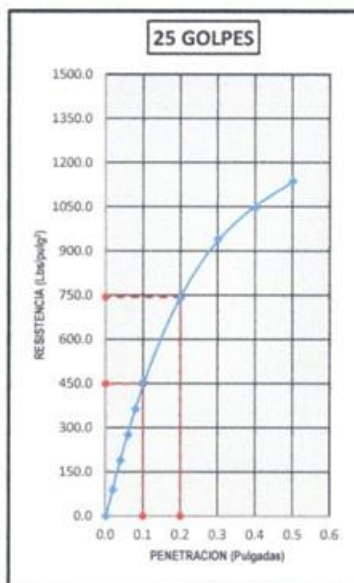
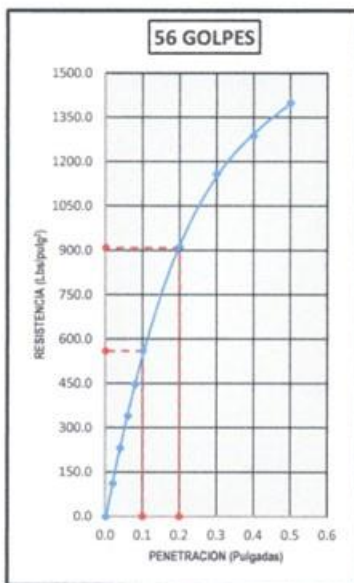
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

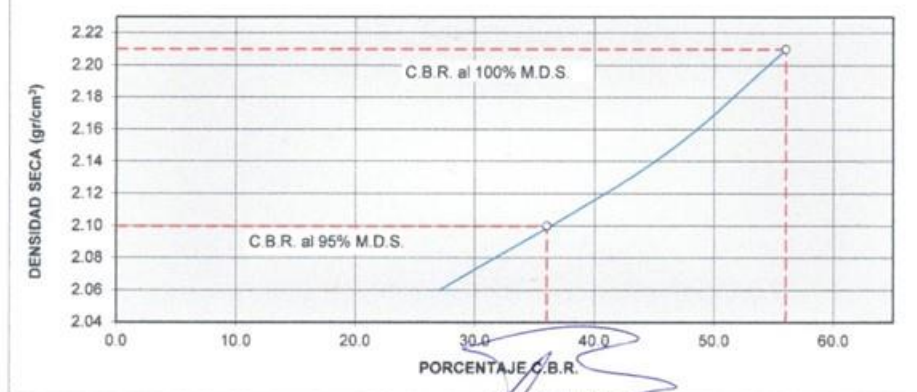
**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 1.00 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.21	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	56.00
Humedad Óptima (%)	6.72%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	36.00



Carga (1°) : 560.lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 910.lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (1°) : 450.lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 745.lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (1°) : 270.lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 445.lb/pulg<sup>2</sup>



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530





## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

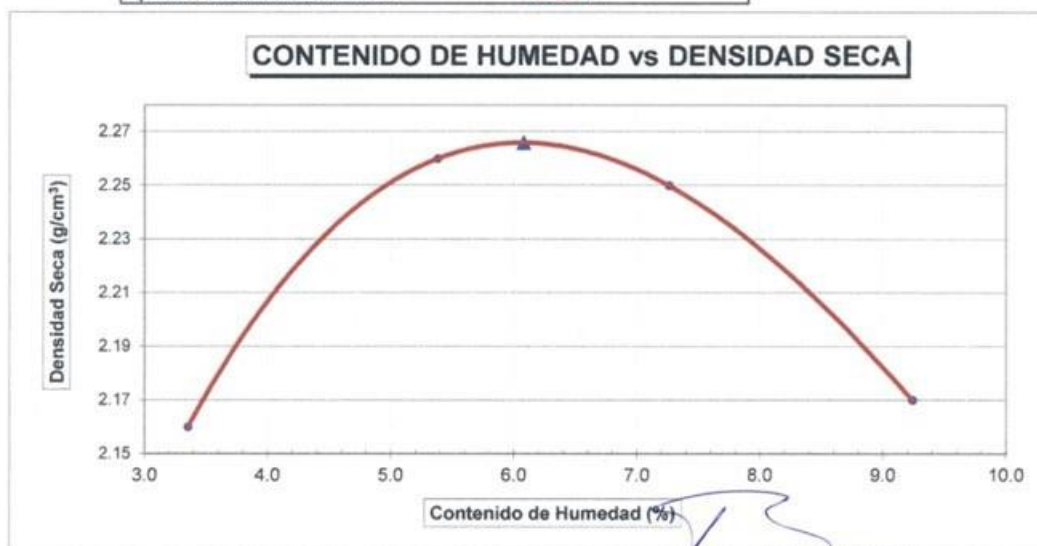
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / BIAIXIAL - 2.00 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO					
MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	11152	11476	11546	11437
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4747	5071	5141	5032
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.232	2.384	2.417	2.366
Recipiente N°		20	12	14	19
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	748.00	835.00	802.00	837.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	726.00	796.00	753.00	773.00
Tara	(g)	69.00	71.00	78.00	80.00
Peso de Agua	(g)	22.00	39.00	49.00	64.00
Peso de Suelo Seco	(g)	657.00	725.00	675.00	693.00
Contenido de agua	(%)	3.35	5.38	7.26	9.24
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.16	2.26	2.25	2.17

Máxima Densidad Seca : **2.27 gr/cm<sup>3</sup>**  
 Optimo Contenido de Humed: **6.08 %**



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arruategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

<b>SOLICITANTE</b>	: VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>CANTERA</b>	: BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.00 cm
<b>MUESTRA</b>	: TRES TOMAS
<b>FECHA</b>	: 14/09/2022

**C.B.R.**

CONDICION DE MUESTRA	3		5		2	
	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
<b>MOLDE Nº</b>	3		5		2	
<b>CAPAS Nº</b>	5		5		5	
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56		25		12	
<b>PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)</b>	13,409	13,508	13,032	13,161	12,874	13,139
<b>PESO DEL MOLDE (g)</b>	7,464	7,464	7,636	7,636	7,600	7,600
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO (g)</b>	5945	6044	5396	5525	5274	5539
<b>VOLUMEN DEL SUELO (cm³)</b>	2,468	2,468	2,302	2,302	2,343	2,343
<b>DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)</b>	2.41	2.45	2.34	2.4	2.25	2.36
<b>CAPSULA Nº</b>	16	84	97	102	25	68
<b>PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)</b>	106.73	109.03	123.25	107.71	103.80	121.39
<b>PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)</b>	103.70	104.86	119.64	102.96	101.15	114.55
<b>PESO DE AGUA CONTENIDA (g)</b>	3.03	4.17	3.61	4.75	2.65	6.84
<b>PESO DE CAPSULA (g)</b>	54.10	48.66	64.35	47.64	58.24	52.38
<b>PESO DE SUELO SECO (g)</b>	49.6	56.2	55.29	55.32	42.9	62.17
<b>HUMEDAD (%)</b>	6.11%	7.42%	6.53%	8.59%	6.18%	11.00%
<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	2.27	2.28	2.20	2.21	2.12	2.13

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 2			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		231.80	510	170.00		188.20	414	138.00		113.20	249	83.00	
0.040		482.70	1061.9	354.00		392.70	863.9	288.00		235.90	519	173.00	
0.060		706.40	1554.1	518.00		574.10	1263	421.00		345.00	759	253.00	
0.080		927.30	2040.1	680.00		754.10	1659	553.00		452.70	995.9	332.00	
0.100	1000	1159.10	2550.0	850.00	85.00	942.30	2073.1	691.00	68.50	565.90	1245.0	415.00	
0.200	1500	1890.00	4158.0	1386.00		1535.50	3378.1	1126.00		921.80	2028	676.00	
0.300		2400.00	5280	1760.00		1950.00	4290	1430.00		1171.40	2577.1	859.00	
0.400		2665.90	5865	1955.00		2166.80	4767	1589.00		1358.20	2988	996.00	
0.500		2897.70	6374.9	2125.00		2356.40	5184.1	1728.00		1415.50	3114.1	1038.00	

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP Nº 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

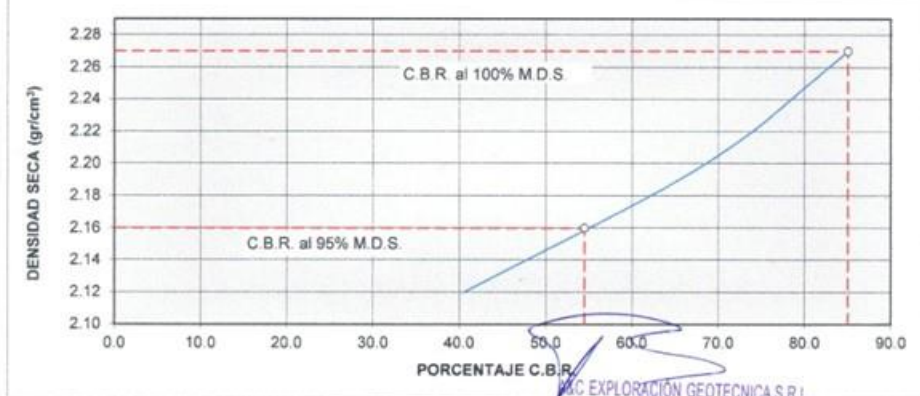
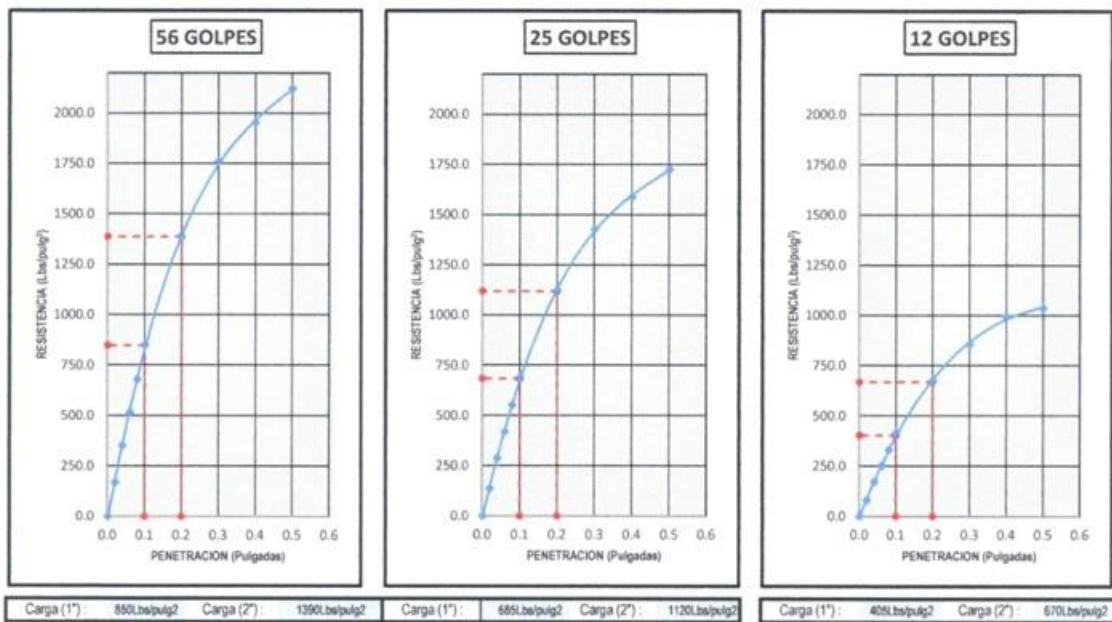
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Proig. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

**SOLICITANTE :** VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO :** EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA :** BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.00 cm  
**MUESTRA :** TRES TOMAS  
**FECHA :** 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.27	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	85.00
Humedad Óptima (%)	6.11%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	54.50



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIR N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

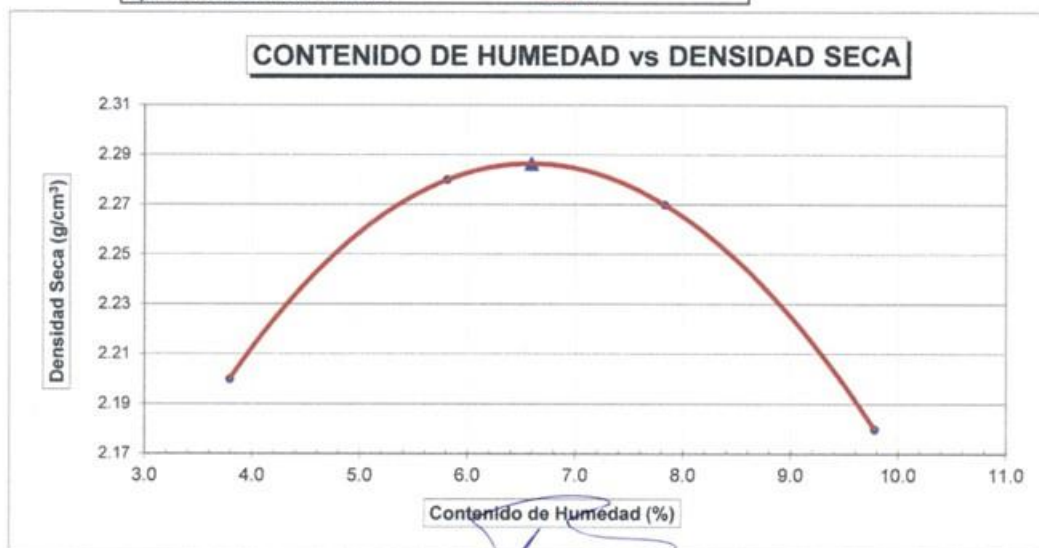
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / BIAxIAL - 2.50 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO				
MOLDE N°	:			
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D		
Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	11256	11535	11623
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4851	5130	5218
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.281	2.412	2.453
Recipiente N°		68	47	16
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	846.00	758.00	874.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	818.00	721.00	816.00
Tara	(g)	79.00	84.00	75.00
Peso de Agua	(g)	28.00	37.00	58.00
Peso de Suelo Seco	(g)	739.00	637.00	741.00
Contenido de agua	(%)	3.79	5.81	7.83
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.20	2.28	2.27

Máxima Densidad Seca : 2.29 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humed : 6.59 %



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.50 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

**C.B.R.**

	4		7		3	
<b>MOLDE Nº</b>						
<b>CAPAS Nº</b>	5		5		5	
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56		25		12	
<b>CONDICION DE MUESTRA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12,739	12,832	12,181	12,311	13,098	13,382
PESO DEL MOLDE (g)	7,118	7,118	6,752	6,752	7,464	7,464
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5621	5714	5429	5559	5634	5918
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,302	2,302	2,285	2,285	2,468	2,468
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.44	2.48	2.38	2.43	2.28	2.4
<b>CAPSULA Nº</b>	45	21	33	15	5	80
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	117.13	119.41	106.92	111.80	88.13	117.11
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	113.84	114.95	103.02	106.76	85.25	109.94
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.29	4.46	3.9	5.04	2.88	7.17
PESO DE CAPSULA (g)	64.15	58.66	47.64	51.35	42.25	47.68
PESO DE SUELO SECO (g)	49.69	56.29	55.38	55.41	43.0	62.26
HUMEDAD (%)	6.62%	7.92%	7.04%	9.10%	6.70%	11.52%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.30	2.22	2.23	2.14	2.15

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		253.60	557.9	186.00		205.90	453	151.00		124.10	273	91.00	
0.040		529.10	1164.0	388.00		429.50	944.9	315.00		257.70	566.9	189.00	
0.060		773.20	1701.0	567.00		628.60	1382.9	461.00		377.70	830.9	277.00	
0.080		1014.50	2231.9	744.00		825.00	1815	605.00		495.00	1089	363.00	
0.100	1000	1268.20	2790.0	930.00	93.00	1030.90	2268	756.00	75.00	619.10	1362.0	454.00	44.50
0.200	1500	2067.30	4548.1	1516.00		1680.00	3696	1232.00		1009.10	2220	740.00	
0.300		2625.00	5775	1925.00		2134.10	4695	1565.00		1281.80	2820	940.00	
0.400		2916.80	6417	2139.00		2371.40	5217.1	1739.00		1486.40	3270.1	1090.00	
0.500		3170.50	6975.1	2325.00		2577.30	5670.1	1890.00		1547.70	3404.9	1135.00	

  
**Cristian Miguel Arrunategui Brown**  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

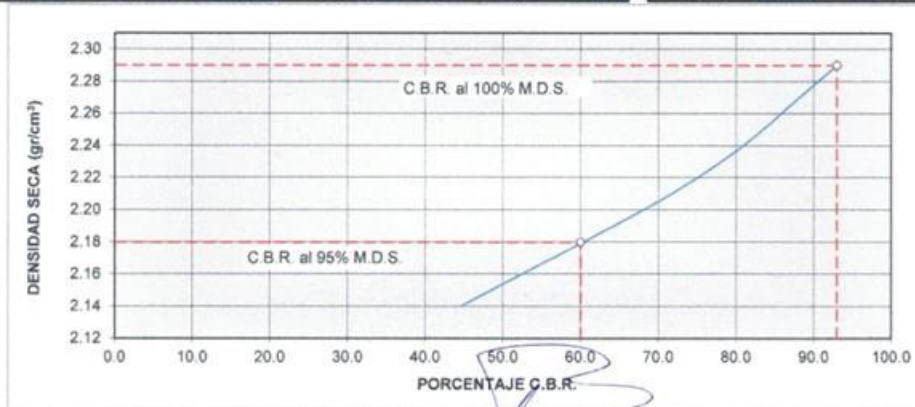
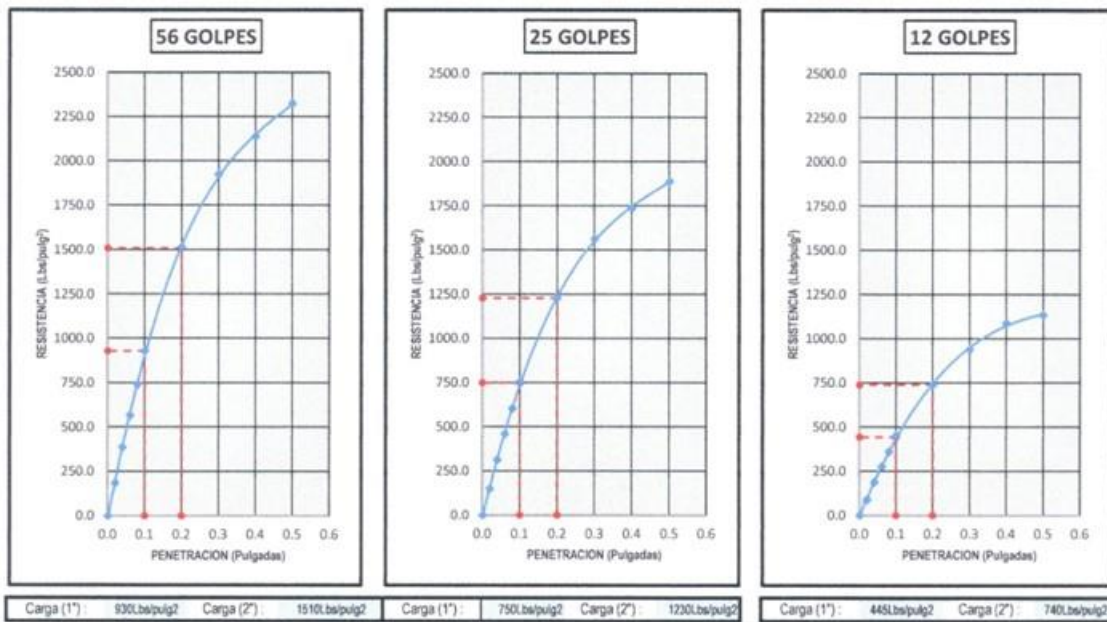
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.50 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.29	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	93.00
Humedad Óptima (%)	6.62%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	60.00



A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

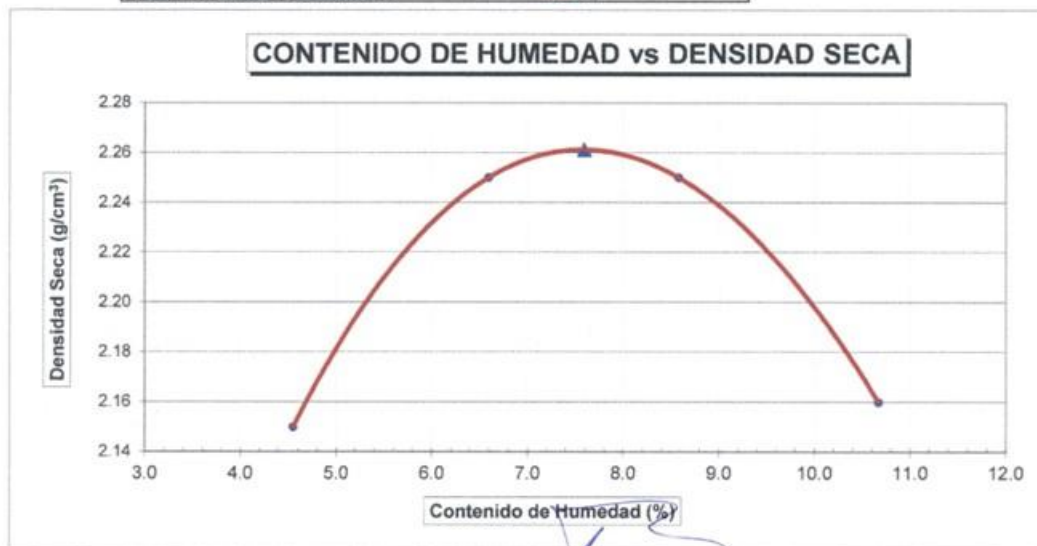
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saú Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

SOLICITANTE : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
 MATERIAL : BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 2.50 cm  
 CANTERA : TRES TOMAS  
 FECHA : 14/09/2022.

PROCTOR MODIFICADO				
MOLDE N°	:			
VOLUMEN	:	<b>2127</b>	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	<b>AASHTO T - 180 D</b>		
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	11185	11506	11597
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4780	5101	5192
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.247	2.398	2.441
Recipiente N°		5	30	26
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	748.00	658.00	741.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	719.00	622.00	689.00
Tara	(g)	81.00	76.00	83.00
Peso de Agua	(g)	29.00	36.00	52.00
Peso de Suelo Seco	(g)	638.00	546.00	606.00
Contenido de agua	(%)	4.55	6.59	8.58
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.25	2.25

Máxima Densidad Seca : **2.26 gr/cm<sup>3</sup>**  
 Optimo Contenido de Humed : **7.59 %**



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
*Cristhian Miguel Arrunategui Brown*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

<b>SOLICITANTE</b>	: VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>CANTERA</b>	: BASE - SUB BASE / BIAXIAL - 3.00 cm
<b>MUESTRA</b>	: TRES TOMAS
<b>FECHA</b>	: 14/09/2022

**C.B.R.**

CONDICION DE MUESTRA	6		2		8	
	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
MOLDE Nº	6		2		8	
CAPAS Nº	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12,758	12,853	13,141	13,272	14,955	15,319
PESO DEL MOLDE (g)	6,972	6,972	7,600	7,600	7,646	7,646
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5786	5881	5541	5672	7309	7673
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,379	2,379	2,343	2,343	3,217	3,217
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.43	2.47	2.36	2.42	2.27	2.39
CAPSULA Nº	2	21	18	54	41	17
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	108.18	126.69	108.51	135.36	98.71	139.58
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	104.40	121.67	104.07	129.78	95.41	131.80
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.78	5.02	4.44	5.58	3.3	7.78
PESO DE CAPSULA (g)	54.68	65.35	48.66	74.34	52.38	69.51
PESO DE SUELO SECO (g)	49.72	56.32	55.41	55.44	43.0	62.29
HUMEDAD (%)	7.60%	8.91%	8.01%	10.06%	7.67%	12.49%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.26	2.27	2.18	2.2	2.11	2.12

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 8			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		201.80	444	148.00		163.60	359.9	120.00		98.20	216	72.00	
0.040		420.00	924.0	308.00		342.30	753.1	251.00		204.50	449.9	150.00	
0.060		615.00	1353.0	451.00		500.50	1101.1	367.00		300.00	660	220.00	
0.080		807.30	1776.1	592.00		657.30	1446.1	482.00		394.10	867	289.00	
0.100	1000	1009.10	2220.0	740.00	74.00	820.90	1806	602.00	59.00	492.30	1083.1	361.00	35.00
0.200	1500	1644.50	3617.9	1206.00		1337.70	2942.9	981.00		801.80	1764	588.00	
0.300		2089.10	4596	1532.00		1699.10	3738	1246.00		1018.60	2240.9	747.00	
0.400		2320.90	5106	1702.00		1888.60	4154.9	1385.00		1180.90	2598	866.00	
0.500		2522.70	5549.9	1850.00		2052.30	4515.1	1505.00		1231.40	2709.1	903.00	

  
**A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L**  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIR. Nº 174530





**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

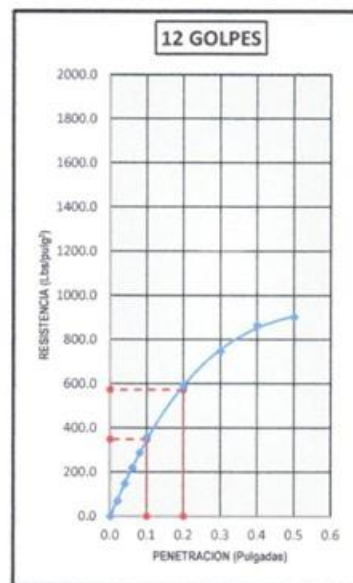
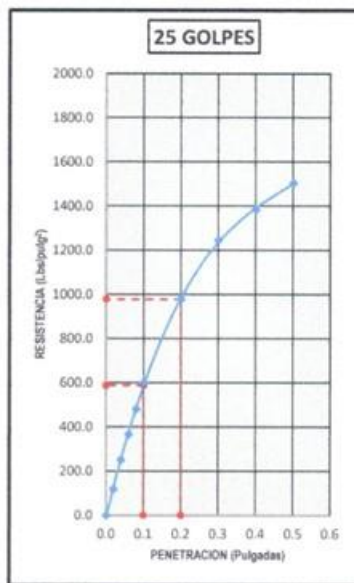
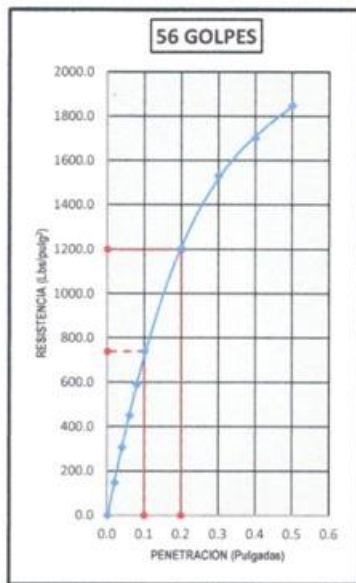
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

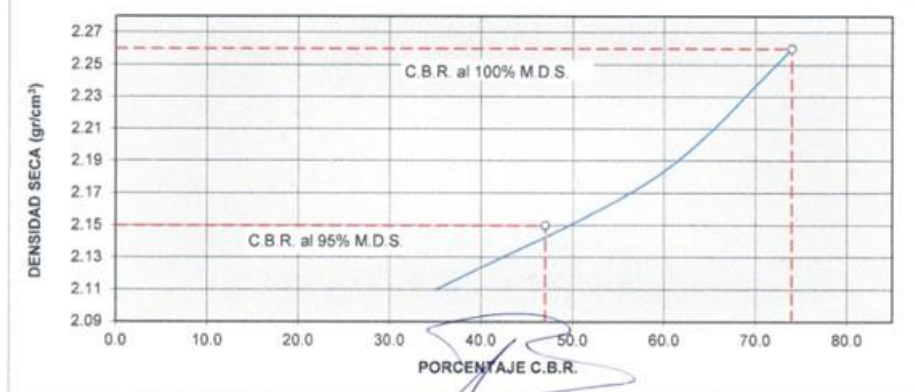
**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE :** VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO :** EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA :** BASE - SUB BASE / BIAIXIAL - 3.00 cm  
**MUESTRA :** TRES TOMAS  
**FECHA :** 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.26	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	74.00
Humedad Óptima (%)	7.60%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	47.00



Carga (1°) : 740lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 1200lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (1°) : 590lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 980lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (1°) : 350lb/pulg<sup>2</sup>    Carga (2°) : 575lb/pulg<sup>2</sup>



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arranategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

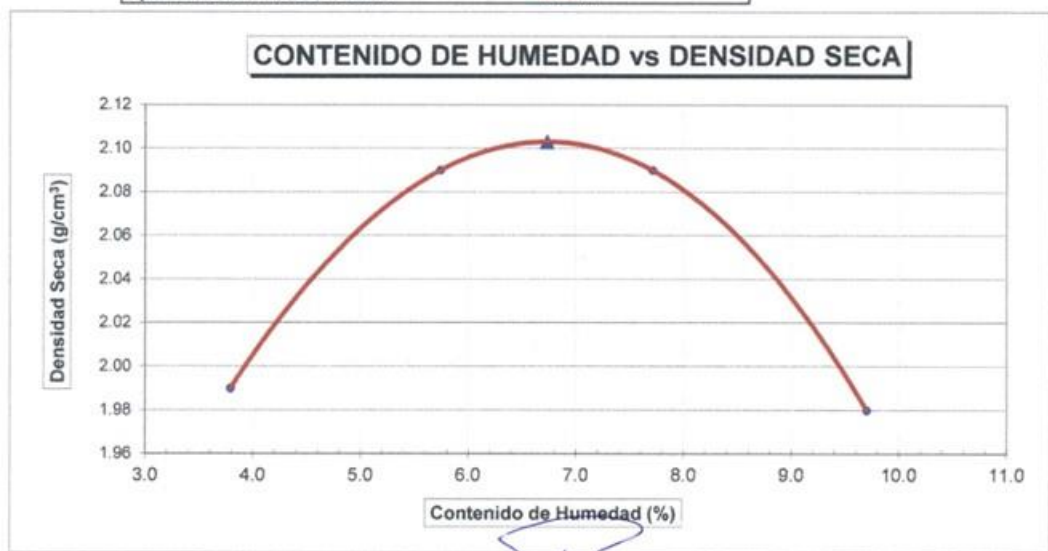
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 1.00 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO				
MOLDE N°	:			
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D		
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	10789	11097	11189
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4384	4692	4784
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.061	2.206	2.249
Recipiente N°		5	20	36
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	649.00	752.00	846.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	628.00	716.00	791.00
Tara	(g)	74.00	89.00	78.00
Peso de Agua	(g)	21.00	36.00	55.00
Peso de Suelo Seco	(g)	554.00	627.00	713.00
Contenido de agua	(%)	3.79	5.74	7.71
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	1.99	2.09	2.09

Máxima Densidad Seca : 2.10 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humed : 6.73 %



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIR. N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicarsl.com aycexploraciongeotecnicarsl@hotmail.com

### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

<b>SOLICITANTE</b>	: VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM
<b>PROYECTO</b>	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
<b>CANTERA</b>	: BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 1.00 cm
<b>MUESTRA</b>	: TRES TOMAS
<b>FECHA</b>	: 14/09/2022

#### C.B.R.

MOLDE Nº	4		5		1	
CAPAS Nº	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12,277	12,364	12,641	12,763	12,248	12,490
PESO DEL MOLDE (g)	7,118	7,118	7,636	7,636	7,451	7,451
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5159	5246	5005	5127	4797	5039
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,302	2,302	2,302	2,302	2,304	2,304
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.24	2.28	2.17	2.23	2.08	2.19
CAPSULA Nº	41	22	38	65	45	47
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	110.01	129.45	113.88	117.95	104.57	132.88
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	106.68	124.94	109.94	112.87	101.66	125.66
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.33	4.51	3.94	5.08	2.91	7.22
PESO DE CAPSULA (g)	56.98	68.64	54.55	57.45	58.65	63.39
PESO DE SUELO SECO (g)	49.7	56.3	55.39	55.42	43.0	62.27
HUMEDAD (%)	6.70%	8.01%	7.11%	9.17%	6.77%	11.59%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.11	2.03	2.04	1.95	1.96

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

#### PENETRACION

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 1			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		128.20	282	94.00		103.60	227.9	76.00		62.70	137.9	46.00	
0.040		267.30	588.1	196.00		216.80	477	159.00		129.50	284.9	95.00	
0.060		391.40	861.1	287.00		317.70	698.9	233.00		190.90	420	140.00	
0.080		512.70	1127.9	376.00		417.30	918.1	306.00		249.50	548.9	183.00	
0.100	1000	640.90	1410.0	470.00	47.00	520.90	1146	382.00	38.00	312.30	687.1	229.00	
0.200	1500	1044.50	2297.9	766.00		849.50	1868.9	623.00		508.60	1118.9	373.00	
0.300		1326.80	2919	973.00		1078.60	2372.9	791.00		646.40	1422.1	474.00	
0.400		1474.10	3243	1081.00		1198.60	2636.9	879.00		750.00	1650	550.00	
0.500		1602.30	3525.1	1175.00		1302.30	2865.1	955.00		781.40	1719.1	573.00	

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

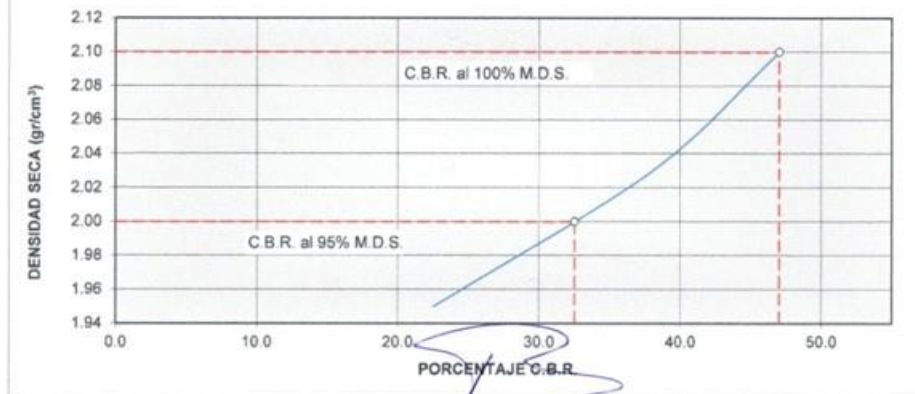
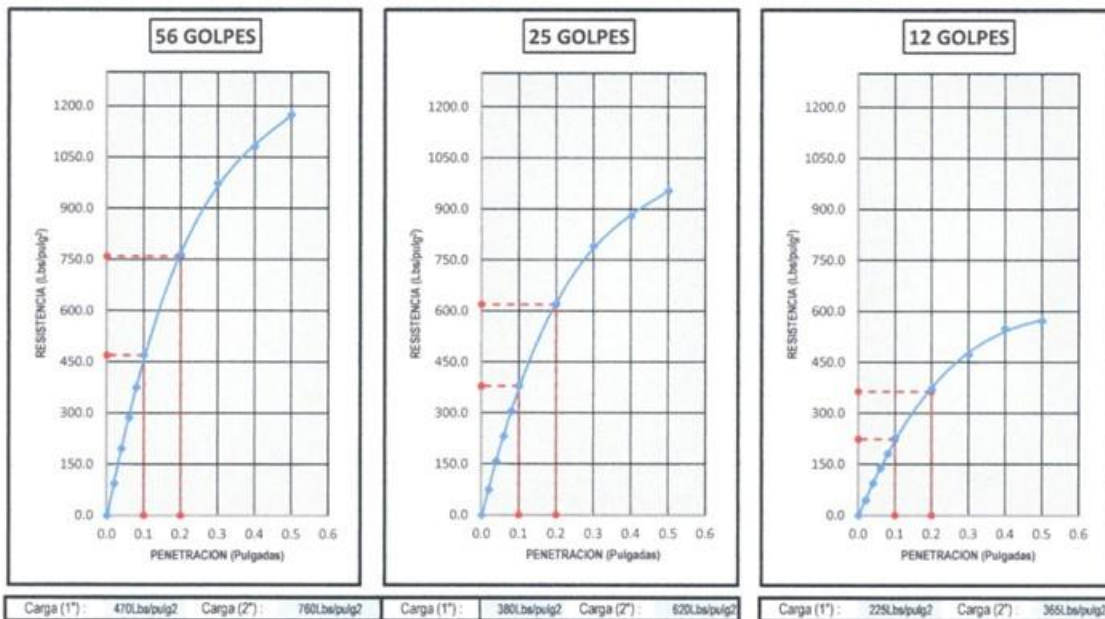
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 1.00 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.10	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	47.00
Humedad Óptima (%)	6.70%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	32.50



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
*Cristhian Miguel Arrunategui Brown*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

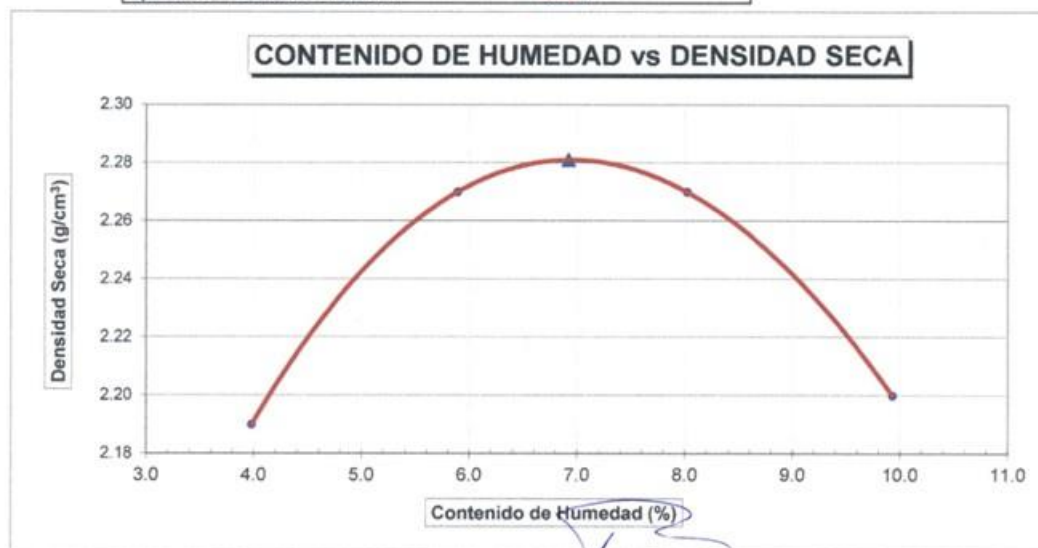
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.ayceploraciongeotecnicasrl.com ayceploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.00 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO					
MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)	11254	11515	11617	11545
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4849	5110	5212	5140
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.280	2.402	2.450	2.417
Recipiente N°		33	17	45	51
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	789.00	834.00	841.00	711.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	762.00	792.00	785.00	654.00
Tara	(g)	84.00	79.00	87.00	80.00
Peso de Agua	(g)	27.00	42.00	56.00	57.00
Peso de Suelo Seco	(g)	678.00	713.00	698.00	574.00
Contenido de agua	(%)	3.98	5.89	8.02	9.93
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.19	2.27	2.27	2.20

Máxima Densidad Seca : **2.28 gr/cm<sup>3</sup>**  
 Optimo Contenido de Humed: **6.92 %**



Nota :

A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 T.C. CIR N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.00 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

**C.B.R.**

	3		6		8	
<b>MOLDE Nº</b>						
<b>CAPAS Nº</b>	5		5		5	
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56		25		12	
<b>CONDICION DE MUESTRA</b>	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	13,479	13,580	12,615	12,748	14,974	15,341
PESO DEL MOLDE (g)	7,464	7,464	6,972	6,972	7,646	7,646
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	6015	6116	5643	5776	7328	7695
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,468	2,468	2,379	2,379	3,217	3,217
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.44	2.48	2.37	2.43	2.28	2.39
<b>CAPSULA Nº</b>	52	50	65	48	74	98
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	100.60	113.58	109.11	113.28	97.62	133.77
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	97.17	108.96	105.05	108.09	94.62	126.43
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.43	4.62	4.06	5.19	3	7.34
PESO DE CAPSULA (g)	47.46	52.65	49.65	52.66	51.60	64.15
PESO DE SUELO SECO (g)	49.71	56.31	55.4	55.43	43.0	62.28
HUMEDAD (%)	6.90%	8.20%	7.33%	9.36%	6.97%	11.79%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.28	2.29	2.21	2.22	2.13	2.14

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 6				MOLDE Nº 8			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		201.80	444	148.00		163.60	359.9	120.00		98.20	216	72.00	
0.040		420.00	924.0	308.00		342.30	753.1	251.00		204.50	449.9	150.00	
0.060		615.00	1353.0	451.00		500.50	1101.1	367.00		300.00	660	220.00	
0.080		807.30	1776.1	592.00		657.30	1446.1	482.00		394.10	867	289.00	
0.100	1000	1009.10	2220.0	740.00	74.00	820.90	1806	602.00	60.00	492.30	1083.1	361.00	
0.200	1500	1644.50	3617.9	1206.00		1337.70	2942.9	981.00		801.80	1764	588.00	
0.300		2089.10	4596	1532.00		1699.10	3738	1246.00		1018.60	2240.9	747.00	
0.400		2320.90	5106	1702.00		1888.60	4154.9	1385.00		1180.90	2598	866.00	
0.500		2522.70	5549.9	1850.00		2062.30	4515.1	1505.00		1231.40	2709.1	903.00	

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

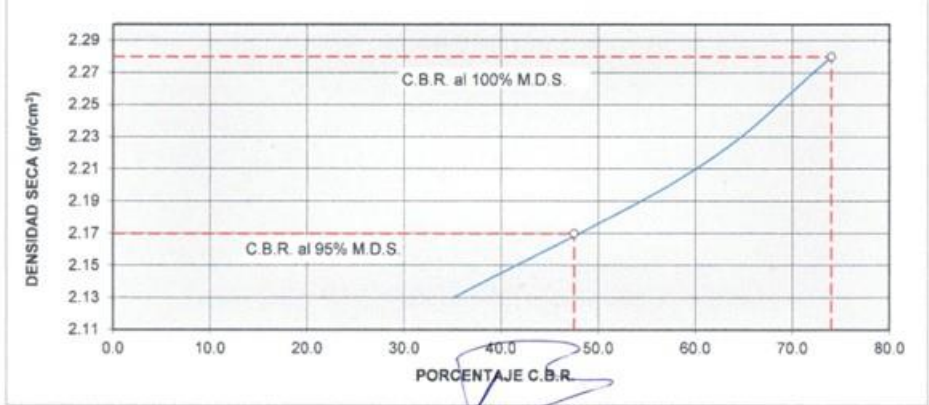
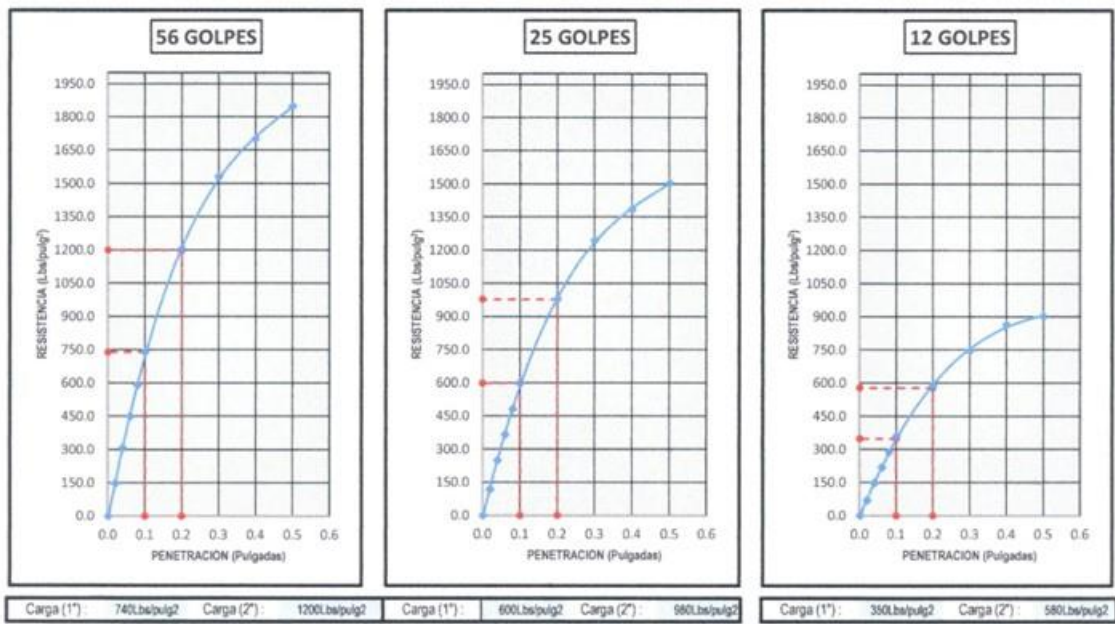
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE :** VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO :** EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA :** BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.00 cm  
**MUESTRA :** TRES TOMAS  
**FECHA :** 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.28	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	74.00
Humedad Óptima (%)	6.90%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	47.50



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP. N° 174530



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

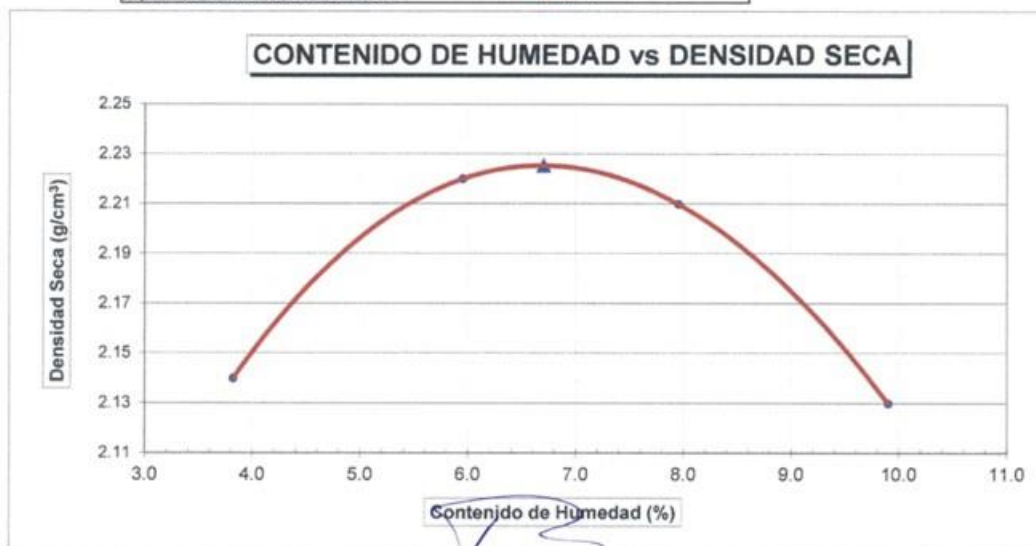
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

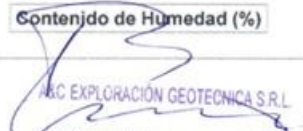
**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.50 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO					
MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	--- pie <sup>3</sup>	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	11132	11403	11475	11385
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4727	4998	5070	4980
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.222	2.350	2.384	2.341
Recipiente N°		70	65	13	22
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	864.00	684.00	745.00	725.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	835.00	650.00	696.00	667.00
Tara	(g)	75.00	79.00	80.00	81.00
Peso de Agua	(g)	29.00	34.00	49.00	58.00
Peso de Suelo Seco	(g)	760.00	571.00	616.00	586.00
Contenido de agua	(%)	3.82	5.95	7.95	9.90
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.14	2.22	2.21	2.13

Máxima Densidad Seca : 2.23 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humed : 6.70 %



Nota :

  
 A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristhian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. CIP N° 174530





**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.50 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

**C.B.R.**

	1		7		2	
<b>MOLDE Nº</b>						
<b>CAPAS Nº</b>	5		5		5	
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56		25		12	
<b>CONDICION DE MUESTRA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>	<b>SIN MOJAR</b>	<b>MOJADA</b>
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	12,932	13,024	12,039	12,165	12,804	13,064
PESO DEL MOLDE (g)	7,451	7,451	6,752	6,752	7,600	7,600
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5481	5573	5287	5413	5204	5464
VOLUMEN DEL SUELO (cm <sup>3</sup> )	2,304	2,304	2,285	2,285	2,343	2,343
DENSIDAD HUMEDA (g/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.42	2.31	2.37	2.22	2.33
<b>CAPSULA Nº</b>	2	5	10	35	68	41
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)	106.62	129.45	111.21	134.95	104.47	120.12
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	103.29	124.94	107.27	129.87	101.56	112.90
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	3.33	4.51	3.94	5.08	2.91	7.22
PESO DE CAPSULA (g)	53.59	68.64	51.88	74.45	58.55	50.63
PESO DE SUELO SECO (g)	49.7	56.3	55.39	55.42	43.0	62.27
HUMEDAD (%)	6.70%	8.01%	7.11%	9.17%	6.77%	11.59%
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	2.23	2.24	2.16	2.17	2.08	2.09

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg <sup>2</sup> )	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 2			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%	Lectura	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	%
0.020		121.40	267.1	89.00		98.20	216	72.00		58.60	128.9	43.00	
0.040		252.30	555.1	185.00		205.90	453	151.00		122.70	269.9	90.00	
0.060		369.50	812.9	271.00		301.40	663.1	221.00		180.00	396	132.00	
0.080		485.50	1068.1	356.00		395.50	870.1	290.00		237.30	522.1	174.00	
0.100	1000	606.80	1335.0	445.00	44.00	493.60	1085.9	362.00	35.50	295.90	651.0	217.00	
0.200	1500	988.60	2174.9	725.00		804.50	1769.9	590.00		482.70	1061.9	354.00	
0.300		1255.90	2763	921.00		1021.40	2247.1	749.00		612.30	1347.1	449.00	
0.400		1396.40	3072.1	1024.00		1135.90	2499	833.00		710.50	1563.1	521.00	
0.500		1517.70	3338.9	1113.00		1234.10	2715	905.00		740.50	1629.1	543.00	

  
 A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 REG. C.O. Nº 174830



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

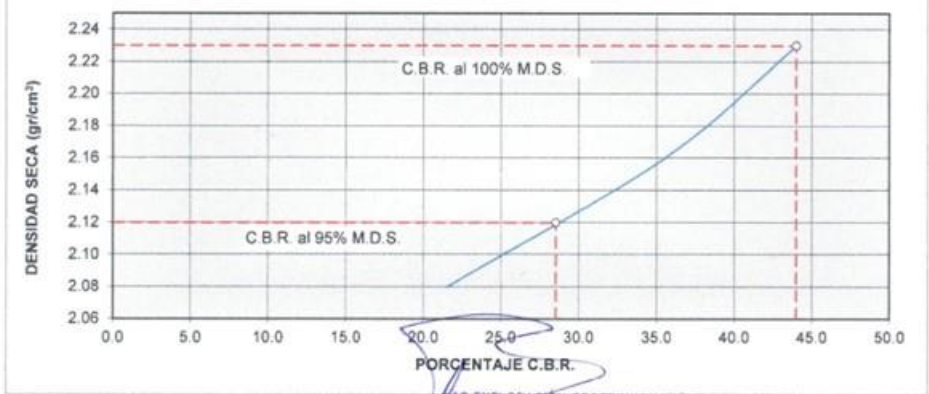
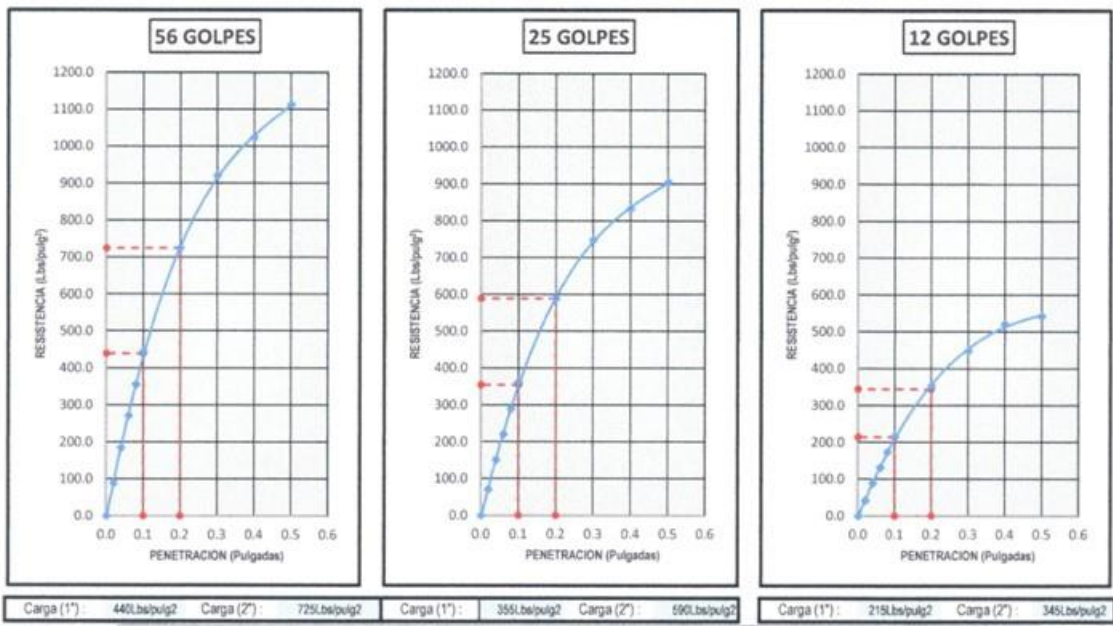
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE :** VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO :** EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA :** BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 2.50 cm  
**MUESTRA :** TRES TOMAS  
**FECHA :** 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.23	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	44.00
Humedad Óptima (%)	6.70%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	28.50



A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 R.N.C. CIR N° 174930



## A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

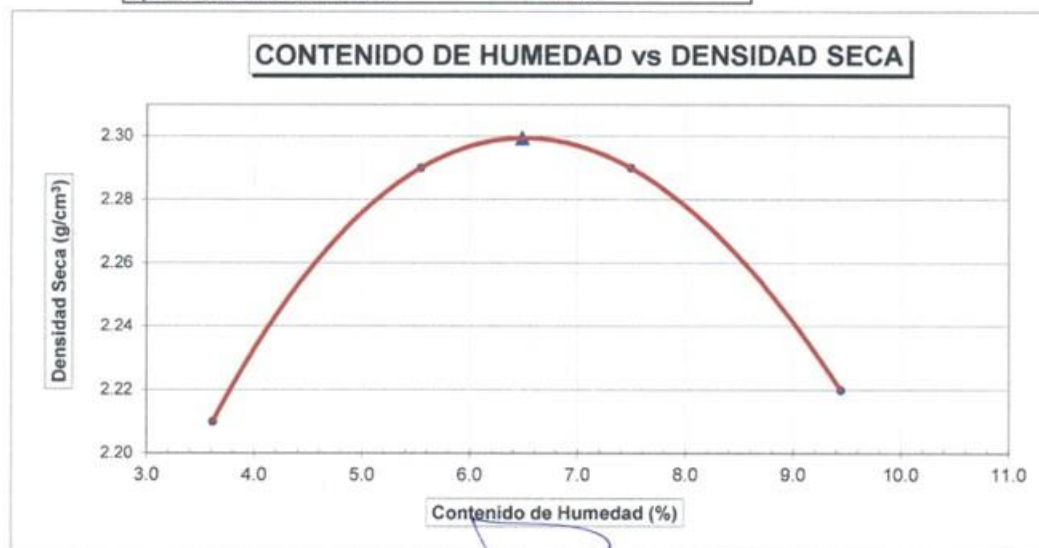
-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos  
 -Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**MATERIAL** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 3.00 cm  
**CANTERA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

PROCTOR MODIFICADO				
MOLDE N°	:			
VOLUMEN	:	2127	cm <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D		
Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	11278	11535	11645
Peso de Molde	(g)	6405	6405	6405
Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	4873	5130	5240
Peso Volumétrico Húmedo	(g)	2.291	2.412	2.464
Recipiente N°		23	52	31
Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	745.00	798.00	768.00
Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	722.00	760.00	720.00
Tara	(g)	85.00	74.00	79.00
Peso de Agua	(g)	23.00	38.00	48.00
Peso de Suelo Seco	(g)	637.00	686.00	641.00
Contenido de agua	(%)	3.61	5.54	7.49
Peso Volumétrico Seco	(g/cm <sup>3</sup> )	2.21	2.29	2.29

Máxima Densidad Seca : 2.30 gr/cm<sup>3</sup>  
 Optimo Contenido de Humed : 6.48 %



Nota :

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  
 Cristian Miguel Arrunategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 R.F.C. CIP. N° 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 3.00 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

**C.B.R.**

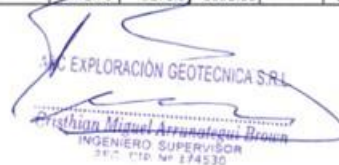
	4	2	6
<b>MOLDE Nº</b>	5	5	5
<b>CAPAS Nº</b>	56	25	12
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	12
<b>CONDICION DE MUESTRA</b>	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR
	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR
<b>PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)</b>	12,758	12,852	13,186
<b>PESO DEL MOLDE (g)</b>	7,118	7,118	7,600
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO (g)</b>	5640	5734	5586
<b>VOLUMEN DEL SUELO (cm³)</b>	2,302	2,302	2,343
<b>DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)</b>	2.45	2.49	2.38
<b>CAPSULA Nº</b>	32	5	85
<b>PESO CAPSULA + SUELO HUMEDC (g)</b>	117.65	125.89	117.95
<b>PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)</b>	114.41	121.48	114.11
<b>PESO DE AGUA CONTENIDA (g)</b>	3.24	4.41	3.84
<b>PESO DE CAPSULA (g)</b>	64.64	65.11	58.65
<b>PESO DE SUELO SECO (g)</b>	49.77	56.37	55.46
<b>HUMEDAD (%)</b>	6.51%	7.82%	6.92%
<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>	2.30	2.31	2.23

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
				NO REGISTRA							

**PENETRACION**

PENETRACION pulg.	CARGA ESTÁNDAR (lbs/pulg²)	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
		Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		141.80	312	104.00		115.90	255	85.00		69.50	152.9	51.00	
0.040		295.90	651.0	217.00		240.00	528	176.00		144.50	317.9	106.00	
0.060		432.30	951.1	317.00		351.80	774	258.00		211.40	465.1	155.00	
0.080		567.30	1248.1	416.00		460.90	1014	338.00		276.80	609	203.00	
0.100	1000	709.10	1560.0	520.00	52.00	576.80	1269	423.00	42.00	346.40	762.1	254.00	
0.200	1500	1156.40	2544.1	848.00		939.50	2066.9	689.00		564.50	1241.9	414.00	
0.300		1467.30	3228.1	1076.00		1194.50	2627.9	876.00		717.30	1578.1	526.00	
0.400		1630.90	3588	1196.00		1326.80	2919	973.00		831.80	1830	610.00	
0.500		1772.70	3899.9	1300.00		1442.70	3173.9	1058.00		865.90	1905	635.00	

  
 Pristhian Miguel Arzategui Brown  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 D.T.C. C.I.D. Nº 174530



**A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.**

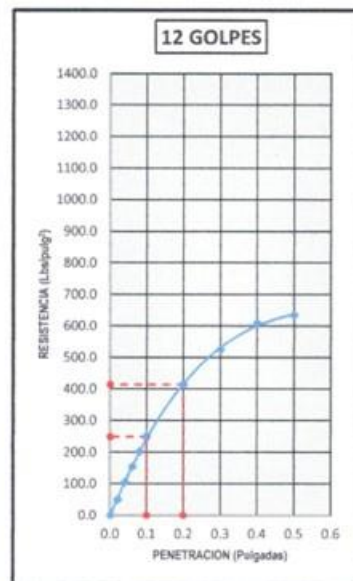
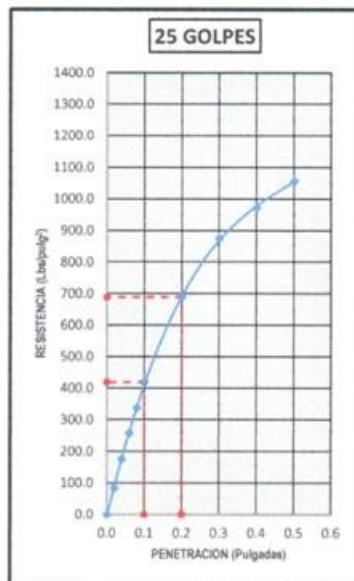
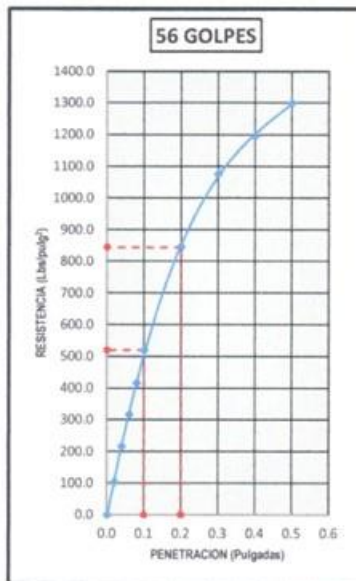
- Mecánica de Suelos    - Concreto    - Asfalto    - Rotura de testigos
- Cimentaciones        - Laboratorio    - Canteras    - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804  
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com    aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

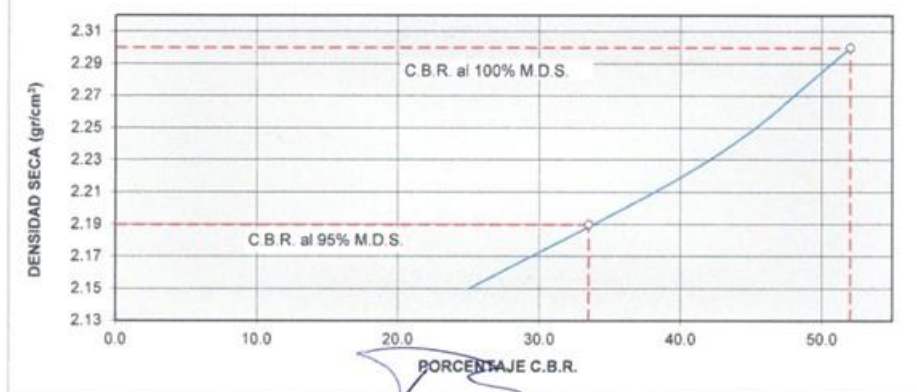
**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO**

**SOLICITANTE** : VILCHEZ RUIZ NILS WILLIAM  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHICLAYO - PROVINCIA DE CHICLAYO - DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE  
**CANTERA** : BASE - SUB BASE / TRIAXIAL - 3.00 cm  
**MUESTRA** : TRES TOMAS  
**FECHA** : 14/09/2022

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL C.B.R.	
Densidad Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.30	C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	52.00
Humedad Óptima (%)	6.51%	C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	33.50



Carga (1') : 520Lbs/pulg²    Carga (2') : 840Lbs/pulg²    Carga (1') : 420Lbs/pulg²    Carga (2') : 690Lbs/pulg²    Carga (1') : 250Lbs/pulg²    Carga (2') : 415Lbs/pulg²



A&C EXPLORACIÓN GEOTECNICA S.R.L.  
*Miguel Arrunategui Brown*  
 INGENIERO SUPERVISOR  
 S.C. Nº 174570

Anexo 5. Características de los agregados de canteras.



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

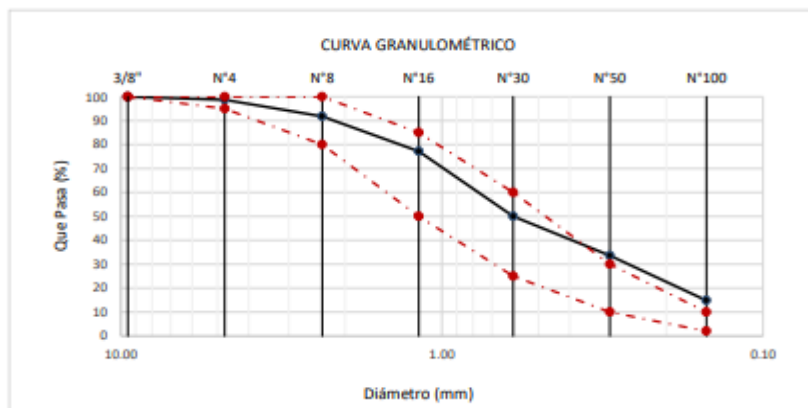
Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de apertura : 25 de ABRIL del 2022.

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa Cantera : Pátapo - "La Victoria"

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	1.3	1.3	98.7	95 - 100
Nº 8	2.360	6.9	8.2	91.8	80 - 100
Nº 16	1.180	14.6	22.8	77.2	50 - 85
Nº 30	0.600	27.1	50.0	50.0	25 - 60
Nº 50	0.300	16.4	66.4	33.6	10 - 30
Nº 100	0.150	18.8	85.2	14.8	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>2.34</b>



Observaciones:  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. EN INGENIERÍA DE MATERIALES Y SUELOS

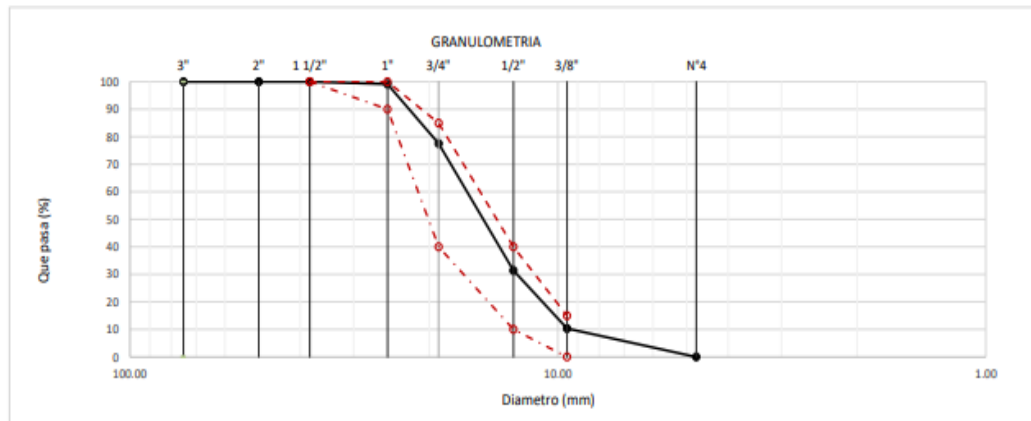
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25de ABRIL del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pátapo - "La Victoria"

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.9	0.9	99.1	90 - 100
3/4"	19.00	21.6	22.5	77.5	40 - 85
1/2"	12.70	46.1	68.6	31.4	10 - 40
3/8"	9.52	21.0	89.6	10.4	0 - 15
N°4	4.75	10.4	100.0	0.0	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>1"</b>


**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Pátapo - "La Victoria".

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1383.70
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1372.63
Contenido de Humedad	(%)	0.81

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1555.05
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1542.61
Contenido de Humedad	(%)	0.81

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: Pátapo - "La Victoria"

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1474.31
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1466.32
Contenido de Humedad	(%)	0.55
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1575.53
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1566.98
Contenido de Humedad	(%)	0.55

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Canreta : Pátapo - "La Victoria".

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.29
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.44

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON CLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Pátapo - "La Victoria".

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.08
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.57

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



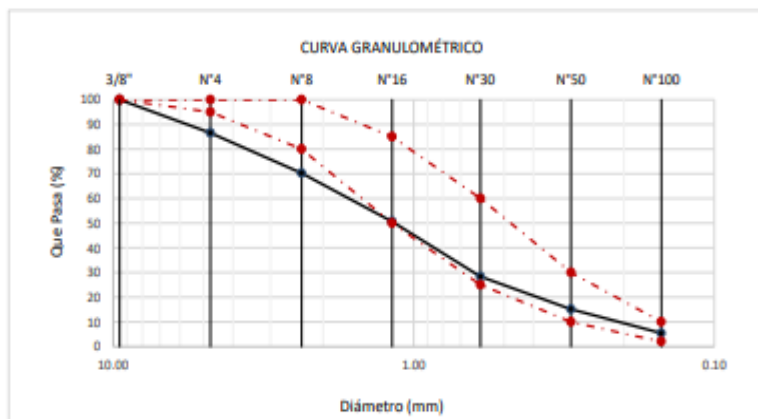
**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. EN OBRAS DE MAESTRANZAS Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
**Proyecto** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
**Ubicación** : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
**Fecha de apertura** : 25 de ABRIL del 2022.  
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 400.012  
**Muestra** : Arena Gruesa Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	13.4	13.4	86.6	95 - 100
Nº 8	2.360	16.3	29.7	70.3	80 - 100
Nº 16	1.180	19.7	49.4	50.6	50 - 85
Nº 30	0.600	22.4	71.7	28.3	25 - 60
Nº 50	0.300	13.1	84.9	15.1	10 - 30
Nº 100	0.150	9.7	94.6	5.4	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.44</b>



**Observaciones:**

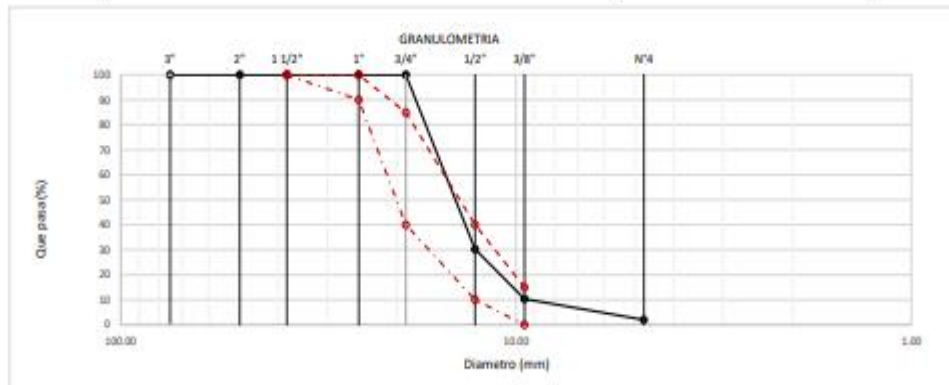
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Tres Tomas - Ferretale

Análisis Granulométrico por tamizado					HUSO 56
N° Tamiz	Apertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	40 - 85
1/2"	12.70	89.8	89.8	10.2	10 - 40
3/8"	9.52	19.8	89.6	10.4	0 - 15
N°4	4.75	8.4	98.0	2.0	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					1/2"


**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Canreta : Tres Tomas.

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.39
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.04

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"

Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Tres Tomas.

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.68
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.95

## OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
**Proyecto** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
**Ubicación** : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
**Fecha de recepción** : 25de ABRIL del 2022.  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Tres Tomas.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1373.36
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1355.94
Contenido de Humedad	(%)	1.28

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1578.01
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1557.99
Contenido de Humedad	(%)	1.28

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada

Cantera: Tres Tomas.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1483.22
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1467.97
Contenido de Humedad	(%)	1.04

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1576.52
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1560.31
Contenido de Humedad	(%)	1.04

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



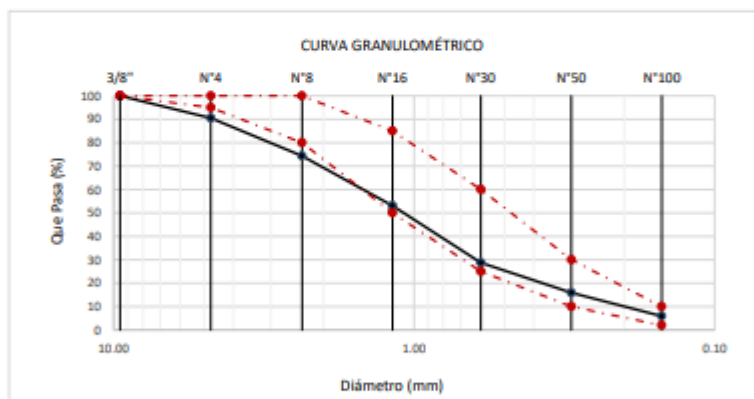
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
**Proyecto** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
  
**Ubicación** : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
**Fecha de apertura** : 25de ABRIL del 2022.  
  
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
**NORMA** : N.T.P. 400.012  
  
**Muestra** : Arena Gruesa    **Cantera** : Pacherras.

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa	GRADACIÓN
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado	"C"
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
N° 4	4.750	9.5	9.5	90.5	95 - 100
N° 8	2.360	16.1	25.7	74.3	80 - 100
N° 16	1.180	21.3	47.0	53.0	50 - 85
N° 30	0.600	24.3	71.3	28.7	25 - 60
N° 50	0.300	12.8	84.1	15.9	10 - 30
N° 100	0.150	10.0	94.1	5.9	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.32</b>



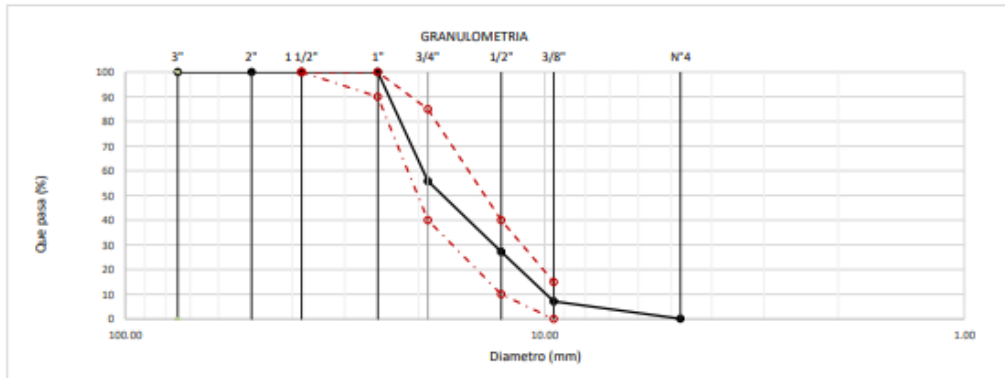
**Observaciones:**  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : "Pacherres".

Análisis Granulométrico por tamizado					HUSO 56
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	44.2	44.2	55.8	40 - 85
1/2"	12.70	28.6	72.8	27.2	10 - 40
3/8"	9.52	20.1	92.9	7.1	0 - 15
N°4	4.75	7.0	99.9	0.1	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					<b>3/4"</b>


**OBSERVACIONES :**

- Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : Pachерres.

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.16
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.53

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: Pacherras.

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.49
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.44

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
 Proyecto : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
 Ubicación : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
 Fecha de recepción : 25 de ABRIL del 2022.  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa

Cantera: Pachерres.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1361.94
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1351.22
Contenido de Humedad	(%)	0.79

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1576.29
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1563.88
Contenido de Humedad	(%)	0.79

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ  
**Proyecto** : TESIS "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"  
  
**Ubicación** : CHICLAYO, LAMBAYEQUE  
**Fecha de recepción** : 25 de ABRIL del 2022.  
  
**Ensayo** : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
**Referencia** : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: Pachерres.

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1508.09
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1499.86
Contenido de Humedad	(%)	0.55
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1608.22
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1599.44
Contenido de Humedad	(%)	0.55

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

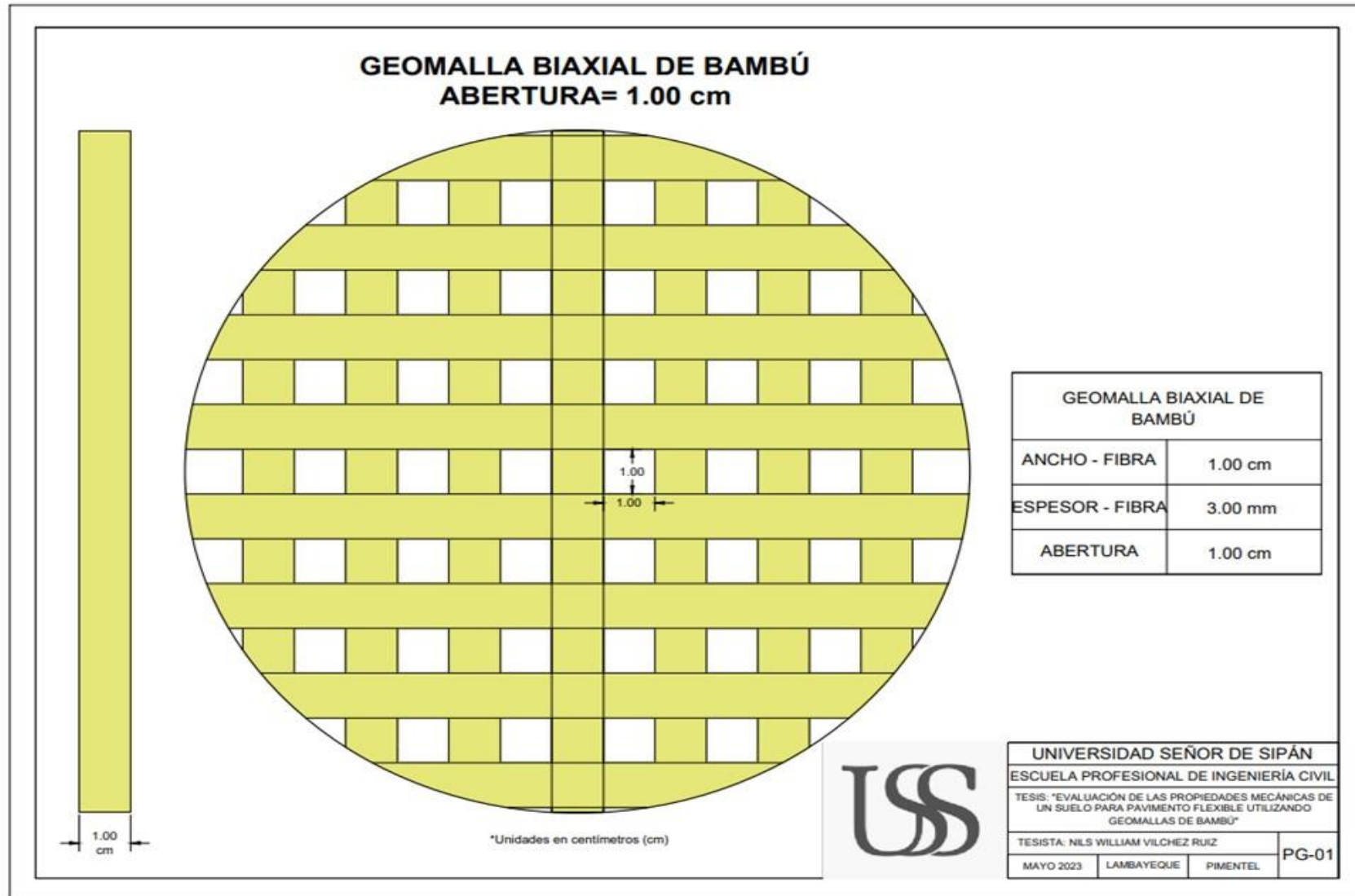



**LEMS W&C** EIRL  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



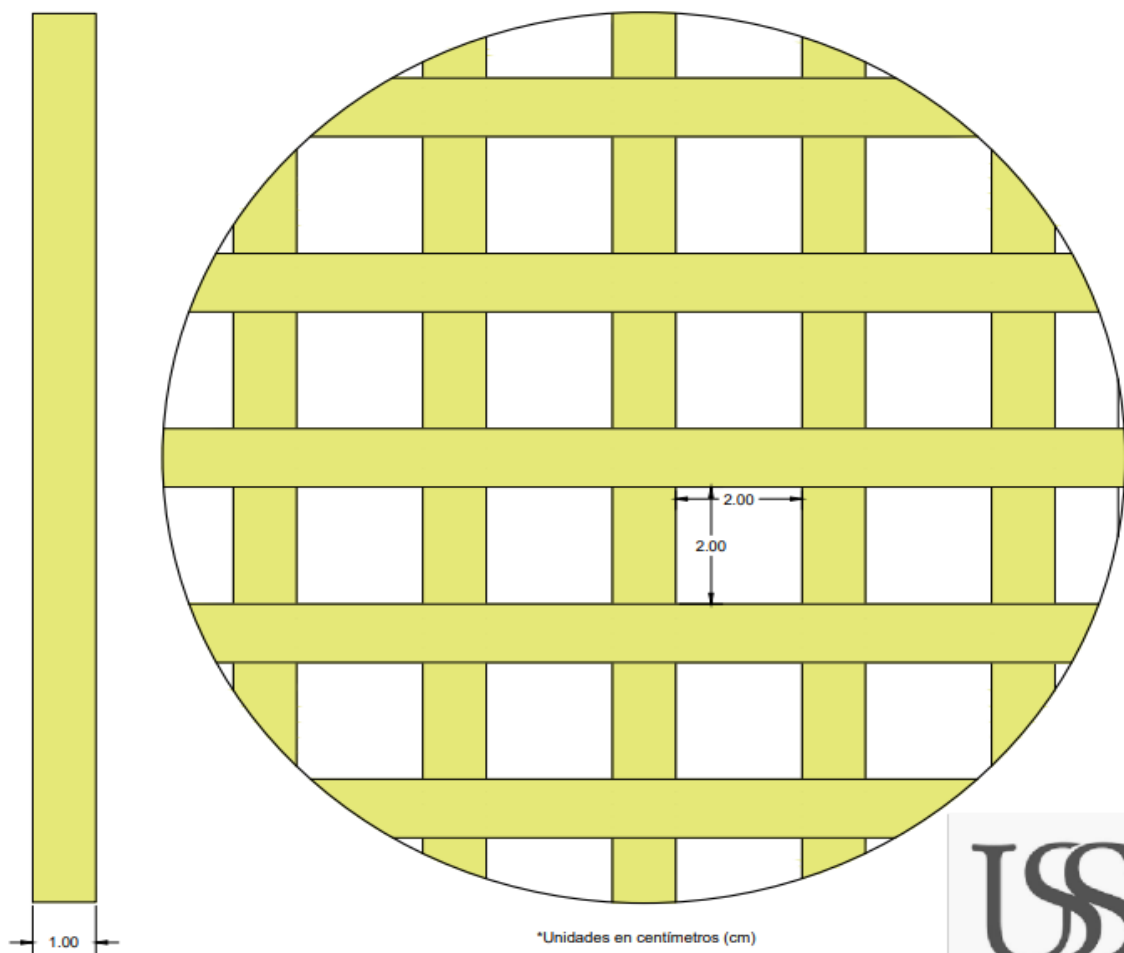

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Anexo 6. Planos de prototipo de geomallas.





**GEOMALLA BIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 2.00 cm**



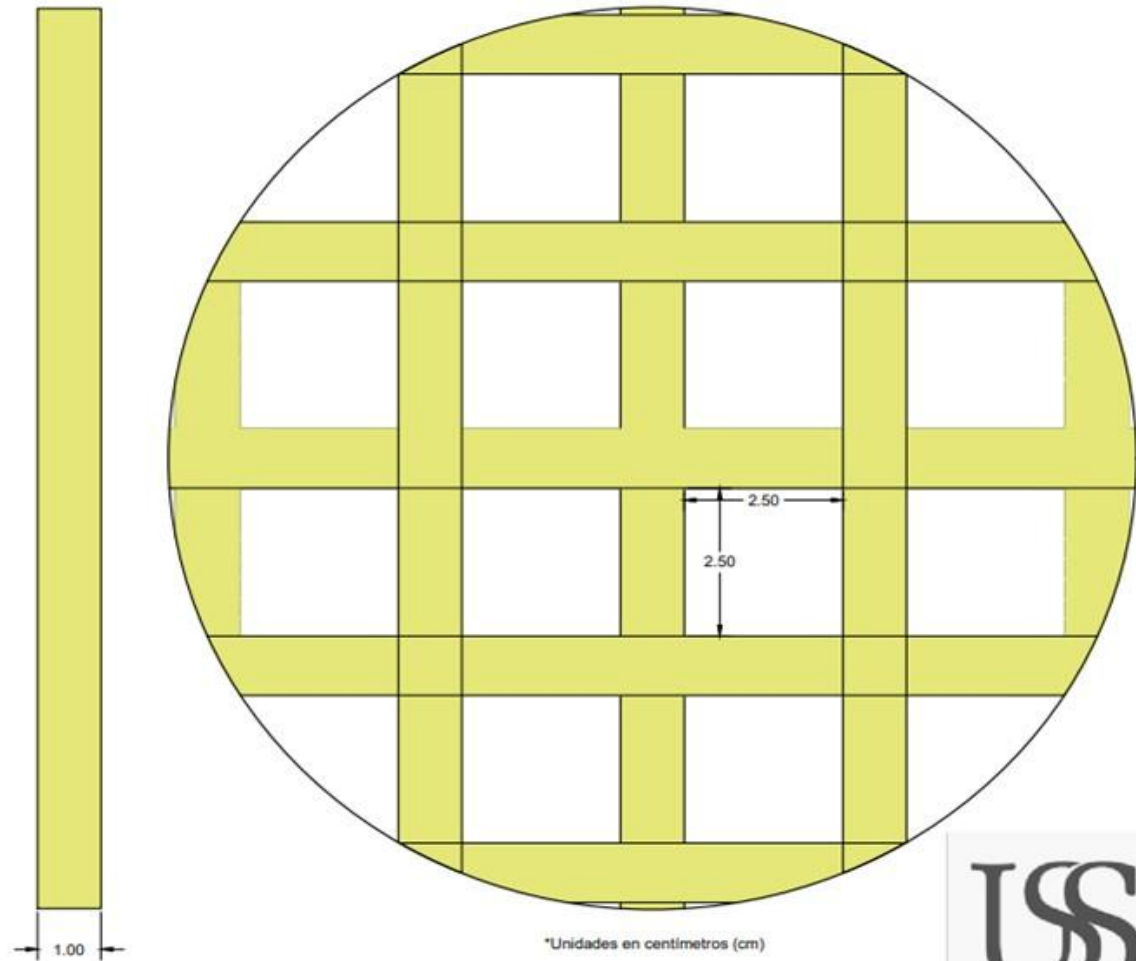
\*Unidades en centímetros (cm)

GEOMALLA BIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPESOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	2.00 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"			
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ			PG-02
MAYO 2023	LAMBAYEQUE	PIMENTEL	

**GEOMALLA BIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 2.50 cm**

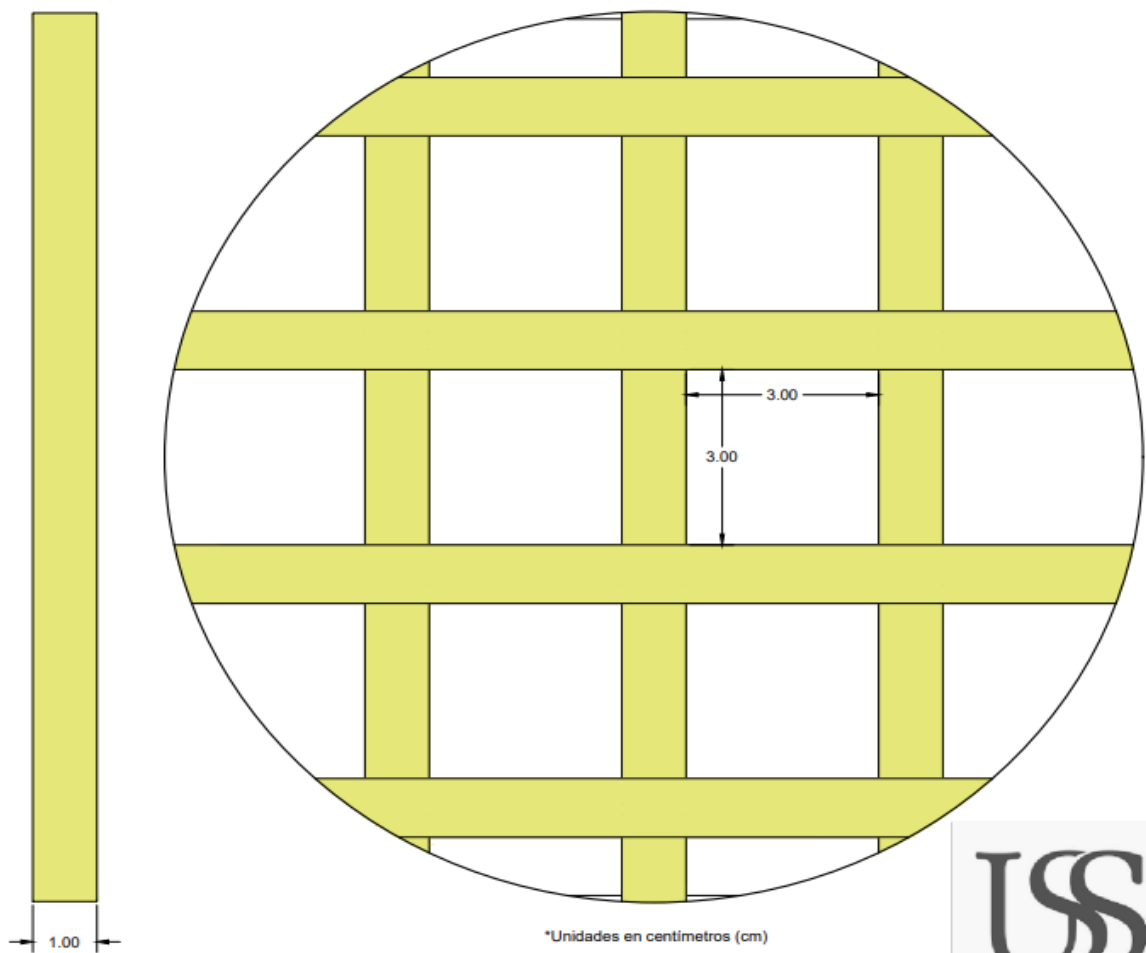


GEOMALLA BIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPESOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	2.50 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"		
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ		PG-03
MAYO 2023	LAMBAYEQUE PIMENTEL	

**GEOMALLA BIAIXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 3.00 cm**



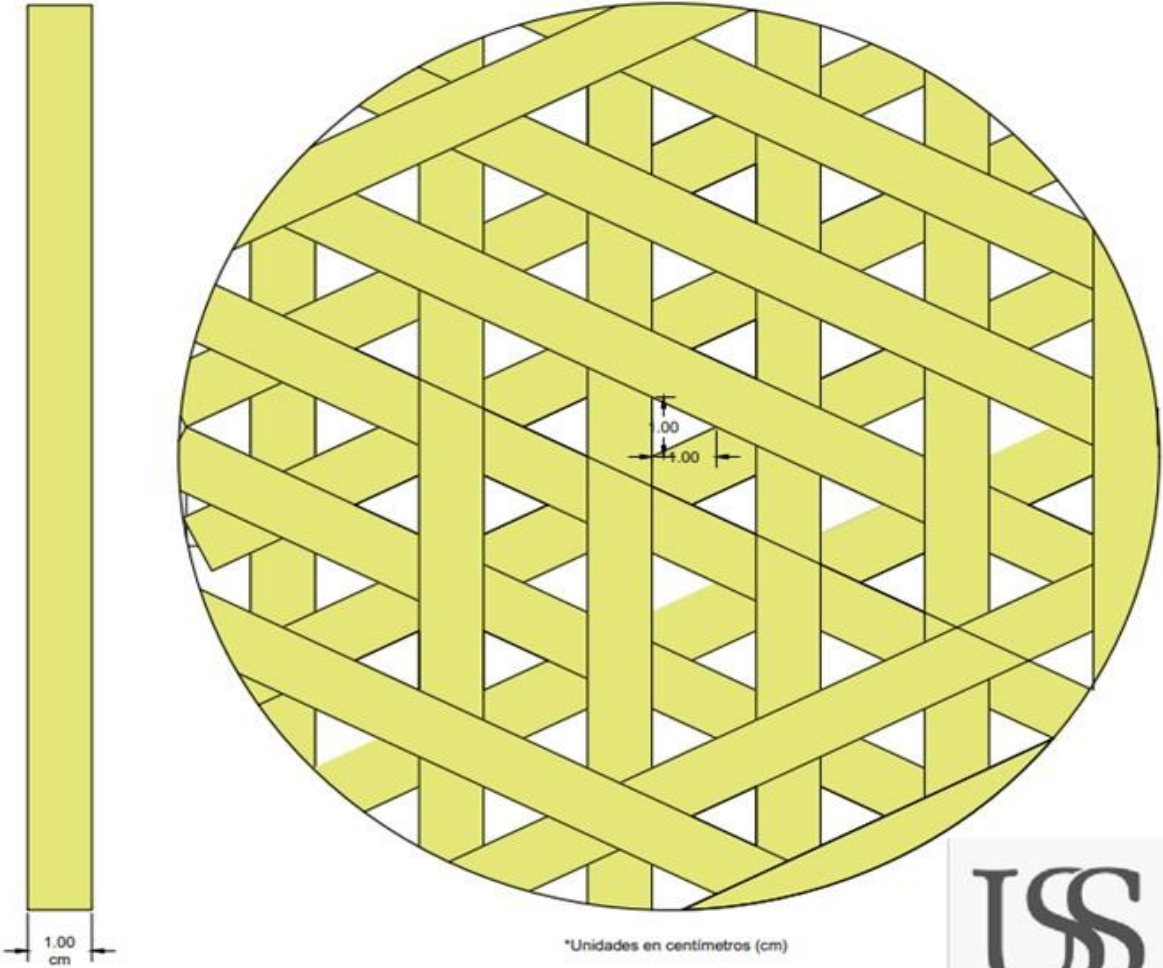
\*Unidades en centímetros (cm)

GEOMALLA BIAIXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPEJOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	3.00 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"			
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ			PG-04
MAYO 2023	LAMBAYEQUE	PIMENTEL	

**GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 1.00 cm**

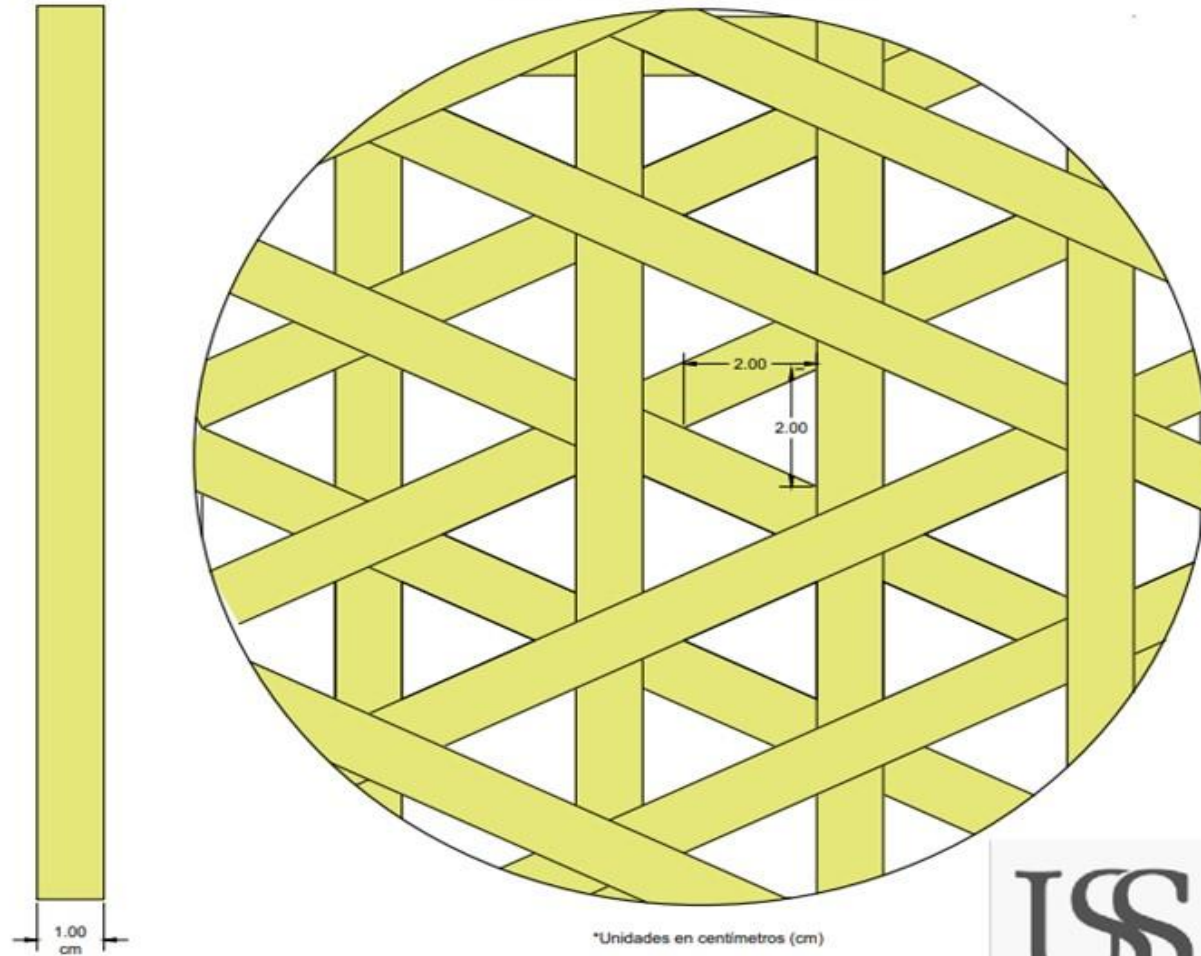


GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPESOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	1.00 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"		
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ		PG-05
MAYO 2023	LAMBAYEQUE PIMENTEL	

**GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 2.00 cm**

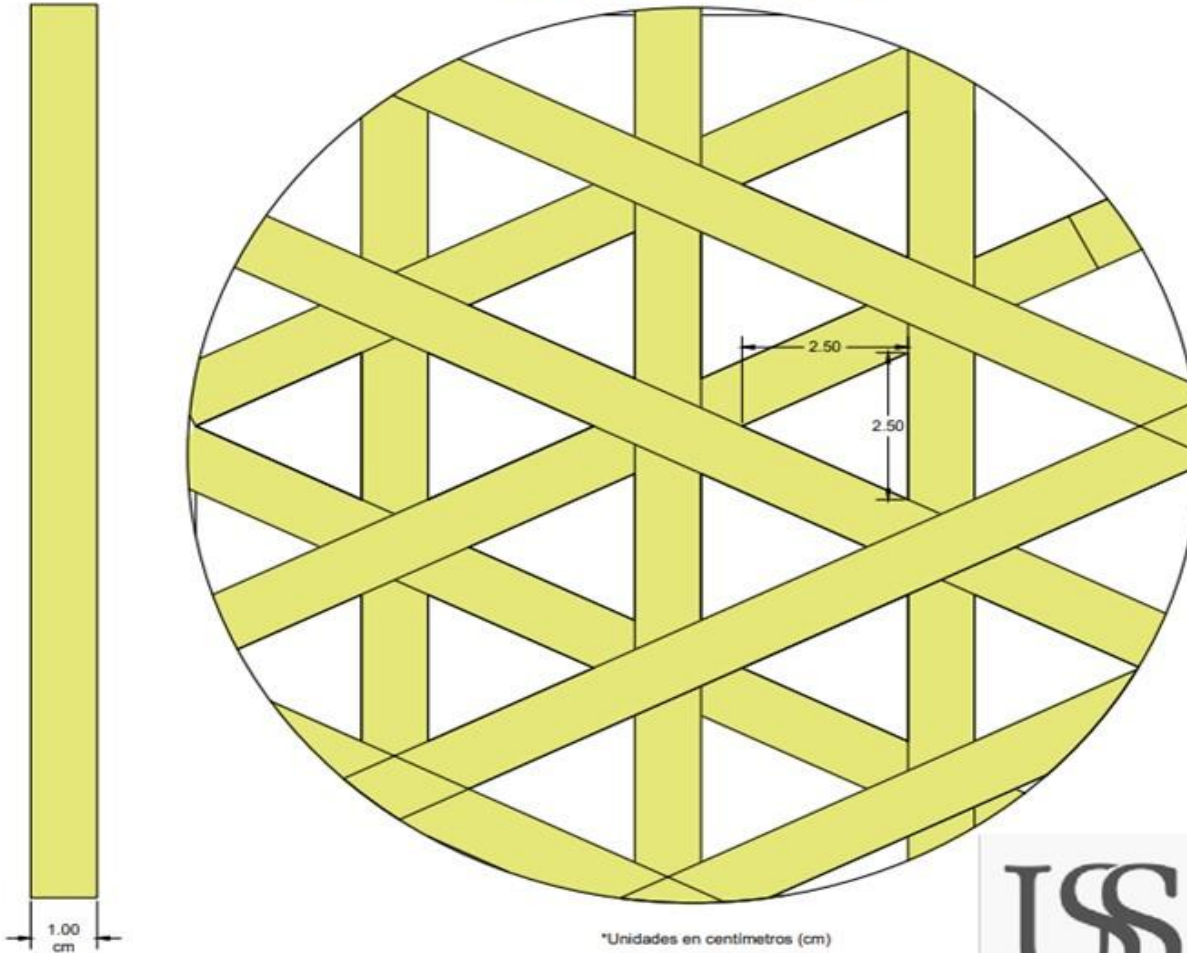


GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPEJOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	2.00 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"			
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ			PG-06
MAYO 2023	LAMBAYEQUE	PIMENTEL	

**GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 2.50 cm**

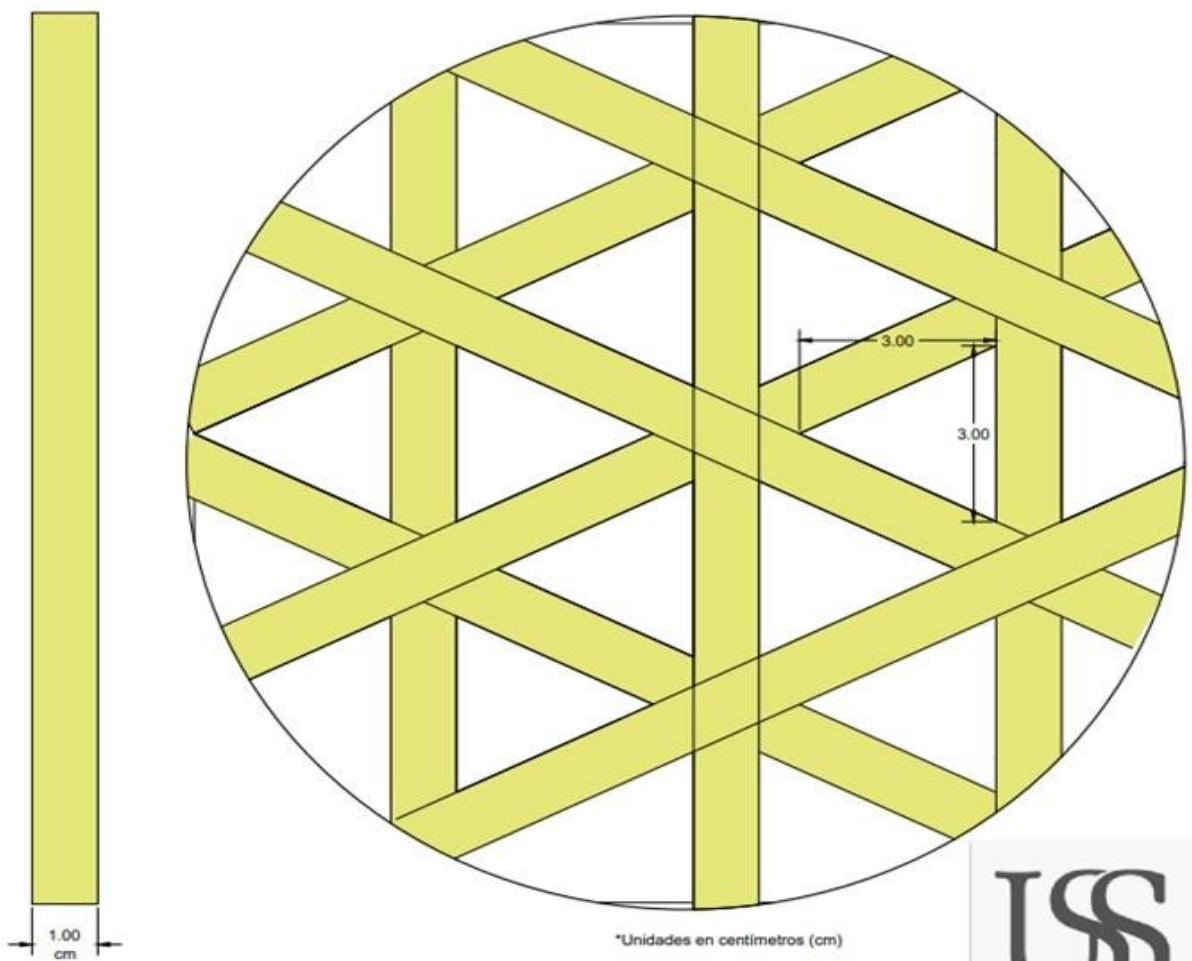


GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPEJOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	2.50 cm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"			
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ			PG-07
MAYO 2023	LAMBAYEQUE	PIMENTEL	

**GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ**  
**ABERTURA= 3.00 cm**



GEOMALLA TRIAXIAL DE BAMBÚ	
ANCHO - FIBRA	1.00 cm
ESPESOR - FIBRA	3.00 mm
ABERTURA	3.00 mm



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN SUELO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ"			
TESISTA: NILS WILLIAM VILCHEZ RUIZ			PG-08
MAYO 2023	LAMBAYEQUE	PIMENTEL	

*Anexo 7. Evidencias de ejecución.*

Obtención del material granular para los ensayos



Elaboración del ensayo de granulometría





Límites de Atterberg



## Elaboración equivalente de arena



## Elaboración ensayo partículas fracturadas



Elaboración ensayo de abrasión.



Muestras para ensayar a flexión y a tracción



## Elaboración ensayo de flexión



## Elaboración ensayo de tracción



## Elaboración de geomallas



## Elaboración ensayo de Proctor y CBR

