



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**Comportamiento mecánico de suelos con tres tipos de geomalla en el
centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

PRESENTADO POR:

Burgos Pascual, Rubí Leslie
Gómez Ramírez, Moisés Alonso

BARRANCA – PERÚ

2025

Mg. Pablo Adrian Pezo Morales

PRESIDENTE

Mg. Roman Aguirre Ortiz

MIEMBRO

Mtro. Cristian Milton Mendoza Flores

MIEMBRO

Dr. Sleyther Arturo De la Cruz Vega

ASESOR



Barranca, 15 de diciembre de 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los integrantes del Jurado Evaluador

Presidente: Mg. PABLO ADRIAN PEZO MORALES
Miembro : Mg. ROMAN AGUIRRE ORTIZ
Miembro : Mtro. CRISTIAN MILTON MENDOZA FLORES
Asesor : Dr. SLEYTHER ARTURO DE LA CRUZ VEGA

Se reúnen para evaluar la sustentación de la tesis titulada:

“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARANCA, 2024”

Presentado por los graduados:

Rubi Leslie Burgos Pascual

Moises Alonso Gomez Ramirez

Para optar el Título Profesional de INGENIERO CIVIL

Luego de haber evaluado la sustentación de la tesis, concluye en calificar a:

Rubi Leslie Burgos Pascual Moises Alonso Gomez Ramirez			Nota: <i>15 (QUINCE)</i>	
Sobresaliente ()	Muy bueno ()	Bueno <i>X</i>	Regular ()	Desaprobado ()

Los miembros del Jurado Evaluador firman en señal de conformidad

Presidente

Miembro

Miembro

Asesor

INFORME_TESIS_UNAB_2025.docx

ORIGINALITY REPORT

18%	15%	3%	8%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	2%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	2%
3	repositorio.unab.edu.pe Internet Source	2%
4	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Internet Source	1%
5	repositorio.uan.edu.co Internet Source	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de Barranca Student Paper	1%
7	repositorio.continental.edu.pe Internet Source	1%
8	repositorio.upla.edu.pe Internet Source	1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	<1%

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme siempre, darme fuerza cuando la necesitaba y mostrarme el camino incluso en los momentos más complicados. Gracias por recordarme que nunca estoy sola.

A mi familia, por su amor sin condiciones, su paciencia y su apoyo en cada etapa. Son quienes me impulsan a seguir adelante y quienes han sido clave en todo lo que he logrado.

Rubí Leslie Burgos Pascual

A Dios, por darme la salud, la sabiduría y la fuerza para llegar hasta aquí.

A mis padres, por su apoyo sin condiciones y por motivarme siempre; gracias a ellos he podido cumplir todo lo que me propuse.

A mis hermanos, por acompañarme y estar allí en cada momento importante.

A mis abuelos, por sus consejos, su cariño y todo lo que me han enseñado en este camino.

Moisés Alonso Gómez Ramírez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza, la claridad y la constancia para terminar este trabajo. Sentí su guía en cada decisión y en cada etapa del camino.

A mi familia, por su apoyo de siempre, por levantarme en los momentos difíciles y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

A mis docentes y asesores, por todo lo que me enseñaron, por su tiempo y por la paciencia con la que me orientaron, su ayuda hizo crecer esta investigación.

Rubí Leslie Burgos Pascual

A Dios, por darme la salud, la fuerza y la claridad para llegar a esta meta que tanto soñé.

A mi familia, y sobre todo a mis padres, gracias por su amor, su apoyo de siempre y por enseñarme a no rendirme. Todo lo que he avanzado ha sido también por ustedes.

A mis hermanos, por estar ahí con sus ánimos, su compañía y ese apoyo que siempre llega cuando más lo necesito.

A mis abuelos, por su cariño, sus consejos y esa presencia que da calma y fuerza en los momentos difíciles.

Moisés Alonso Gómez Ramírez

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Rubí Leslie Burgos Pascual, identificada con DNI N° 75791628, y Moisés Alonso Gómez Ramírez, identificado con DNI N° 70399703, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en calidad de autores de la tesis titulada: “Comportamiento mecánico de suelos con tres tipos de geomalla en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024”, declaramos bajo juramento que:

La presente investigación ha sido elaborada de manera íntegra, honesta y responsable, respetando los principios de la ética académica. Todas las fuentes de información utilizadas han sido debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas establecidas por el estilo APA, sin haber incorporado información externa sin el debido reconocimiento.

Asimismo, manifestamos que este trabajo es original y no ha sido presentado, en forma parcial ni total, en ninguna otra institución, ni por otros autores, con el propósito de obtener grados académicos u otros fines.

Tenemos conocimiento de que la presente tesis será sometida a evaluación mediante el sistema de detección de similitud TURNITIN, como parte del proceso de verificación de originalidad establecido por la universidad.

En caso de detectarse el uso indebido de material intelectual ajeno sin la correspondiente citación, asumimos la responsabilidad y aceptamos las disposiciones que determine la comisión de ética institucional, conforme a la normativa vigente.

Firmamos la presente declaración en señal de conformidad y veracidad.



Rubí Leslie Burgos Pascual

DNI: 75791628



Moisés Alonso Gómez Ramírez

DNI: 70399703

ÍNDICE

I.	INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1.	Título de la tesis	1
1.2.	Autores	1
1.3.	Asesor.....	1
1.4.	Tipo de Investigación	1
1.5.	Programa y Línea de Investigación	1
1.6.	Duración del Proyecto.....	1
1.7.	Localización del Proyecto	1
II.	RESUMEN DEL PROYECTO	2
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3.1.	Situación del problema.....	3
3.2.	Formulación del problema	4
3.2.1	Problema general.....	4
3.2.2	Problemas específicos	4
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	5
4.1.	Justificación teórica.....	5
4.2.	Justificación social	5
4.3.	Justificación económica	5
4.4.	Justificación metodológica.....	6
4.5.	Justificación científica.....	7
4.6.	Justificación ambiental.....	7
V.	ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE	8
5.1.	Antecedentes	8
5.1.1	Antecedentes Internacionales.....	8

5.1.2	Antecedentes Nacionales.....	12
5.2.	Bases teóricas	15
VI.	HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO	23
6.1.	Hipótesis.....	23
6.1.1	Hipótesis General	23
6.1.2	Hipótesis Específicos	23
6.2.	Variables de estudio	23
6.2.1	Variable cuantitativa I.....	23
6.2.2	Variable cuantitativa II.....	23
6.3.	Operacionalización de variables.....	24
VII.	OBJETIVOS	25
7.1.	Objetivo general	25
7.2.	Objetivos específicos.....	25
VIII.	METODOLOGÍA.....	26
8.1.	Tipo de investigación	26
8.2.	Nivel de investigación.....	26
8.3.	Diseño de investigación	27
8.4.	Enfoque de investigación	27
8.5.	Población y muestra	28
8.5.1	Población.....	28
8.5.2	Muestra.....	28
8.5.3	Unidad de análisis	29
8.6.	Técnicas e instrumentos	29
8.6.1	Técnicas para el procesamiento de información	30

8.7.	Procesamiento y recolección de datos.....	31
8.8.	Análisis de la información.....	32
IX.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	33
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
10.1.	Resultados	34
10.1.1	Resultados descriptivos	34
10.1.2	Resultados estadísticos	39
10.1.3	Análisis económico	47
10.2.	Discusión.....	54
XI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
11.1.	Conclusiones	56
11.2.	Recomendaciones.....	57
XII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
XIII.	ANEXOS	66
	ANEXO N° 1: Matriz de consistencia.....	66
	ANEXO N° 2: Panel fotográfico	67
	ANEXO N° 3: Análisis de laboratorio	77
	ANEXO N° 4: Diseño de pavimentos	138
	ANEXO N° 5: Fichas técnicas de geomallas	158
	ANEXO N° 6: Cotización de geomalla triaxial.....	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	24
Tabla 2. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación	30
Tabla 3. Valores descriptivos de la máxima densidad seca (g/cm^3).....	40
Tabla 4. Resultados del ANOVA de un factor	40
Tabla 5. Prueba post-hoc (Tukey HSD)	41
Tabla 6. Valores descriptivos del CBR (penetración 0.2”)	42
Tabla 7. Resultados del ANOVA de un factor	42
Tabla 8. Prueba post-hoc (Tukey HSD)	42
Tabla 9. Valores descriptivos del CBR (penetración 0.1”)	43
Tabla 10. Resultados del ANOVA de un factor	43
Tabla 11. Prueba Post-Hoc (Tukey HSD)	44
Tabla 12. Valores descriptivos del CBR (penetración 95%).....	44
Tabla 13. Resultados del ANOVA de un factor	45
Tabla 14. Prueba post-hoc (Tukey HSD)	45
Tabla 15. Espesores de la estructura del pavimento (cm)	46
Tabla 16. Resultados del ANOVA de un factor (espesor total)	46
Tabla 17. Prueba post-hoc (Tukey HSD)	47
Tabla 18. Comparación económica	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital de muestras en el acceso al C. P. La Ensenada	29
Figura 2. Análisis del proctor con geomallas	34
Figura 3. Óptimo contenido de humedad	35
Figura 4. CBR del suelo con geomallas	36
Figura 5. Detalle de pavimento flexible sin refuerzo	37
Figura 6. Detalle de pavimento flexible con refuerzo uniaxial	37
Figura 7. Detalle de pavimento flexible con refuerzo biaxial	38
Figura 8. Detalle de pavimento flexible con refuerzo triaxial.....	38
Figura 9. Espesores de pavimento con geomallas	38
Figura 10. Comparación de costos	54

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título de la tesis

Comportamiento mecánico de suelos con tres tipos de geomalla en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

1.2. Autores

Burgos Pascual, Rubí Leslie
Gómez Ramírez, Moisés Alonso

1.3. Asesor

Dr. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo

1.4. Tipo de Investigación

Aplicada

1.5. Programa y Línea de Investigación

Programa: Ingeniería de construcción sostenible

Línea de Investigación: Geotecnia.

1.6. Duración del Proyecto

6 meses

1.7. Localización del Proyecto

Vía: Acceso al centro poblado La Ensenada

Distrito de Barranca – Región Lima provincias.

II. RESUMEN DEL PROYECTO

La falta de infraestructura vial debido a muchos factores como la baja resistencia de los suelos o los drásticos cambios climáticos genera que la calidad de vida no sea óptima para las personas. Se evaluó de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024. La metodología empleada es de investigación aplicada, el diseño de la investigación se describe como cuasi experimental. Se trata de una investigación de enfoque cuantitativo, realizada en un período específico y basada en el análisis de datos cuantitativos debido a que implica la recolección y el análisis de datos numéricos. En las pruebas el suelo natural obtuvo una máxima densidad seca de 1.901 gr/cm³, suelo con geomalla uniaxial de 1.913 gr/cm³, suelo con geomalla biaxial de 1.924 gr/cm³ y suelo con geomalla triaxial de 1.933 gr/cm³. El CBR de 0.2” para el suelo natural obtuvo 22.3%, suelo con geomalla uniaxial de 26.9%, suelo con geomalla biaxial de 29.7% y suelo con geomalla triaxial de 31.6%, mostrando incrementos del 41% con respecto al suelo natural. La aplicación de tres tipos de geomallas reduce en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024. Se obtuvo un espesor del pavimento para el suelo natural de 20 subbase (SB), 20 base (B) y 5 carpeta asfáltica (CA), suelo con geomalla uniaxial tiene 20 SB, 17 B y 5 CA, suelo con geomalla biaxial tiene 20 SB, 15 B y 5 CA y suelo con geomalla triaxial tiene 19 SB, 15 B y 5 CA. El uso de geomallas en el diseño de pavimentos aporta una mejora importante al desempeño estructural del sistema.

Palabras claves: Pavimento, geomalla, infraestructura, capacidad, resistencia.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Situación del problema

Muchas construcciones se han colocado en suelos flexibles, lo que ha provocado problemas de asentamiento y muy baja resistencia. Según Sánchez (2005) la falta de propiedades óptimas del suelo aumenta las dificultades provocadas de las partículas finas, por tal razón los ingenieros civiles, como solución alternativa, cubren el suelo natural con capas de material de préstamo (afirmado), que luego se compactan (Marín y Evangelista, 2021).

A nivel internacional, la infraestructura vial presenta desafíos significativos debido a la falta de mantenimiento y a la variabilidad climática. El crecimiento poblacional ha incrementado el tráfico vehicular y peatonal, lo que acelera el deterioro de pavimentos y genera problemas como grietas y baches. Estas condiciones afectan la transitabilidad y representan riesgos para la seguridad de los usuarios (Chen, Jahanbakhsh, & Gudipudi, 2021).

La falta de infraestructura vial sigue siendo una de las principales preocupaciones en diversas regiones del Perú. A medida que crecen las ciudades y los pueblos, también aumentan las necesidades de movilidad segura y eficiente. Sin embargo, muchas comunidades aún enfrentan dificultades por caminos en mal estado, especialmente aquellos que conectan con escuelas o centros de salud. Esta situación no solo limita el desarrollo, sino que también afecta la calidad de vida de miles de personas. Como señala el Observatorio ESAN (2022), se requiere una intervención urgente para cerrar estas brechas y garantizar el acceso digno a servicios básicos.

El deterioro de las carreteras sin pavimentar suele deberse a varios factores que, en conjunto, afectan su durabilidad. Entre ellos se encuentran el constante tránsito de vehículos, las condiciones climáticas adversas como lluvias intensas, un drenaje deficiente que impide evacuar el agua adecuadamente, la falta de mantenimiento oportuno, el uso de materiales de baja calidad, así como errores en el diseño y la construcción de la vía (Rodrigo y Cieza, 2024)

Los suelos arenosos generalmente se compactan menos que los arcillosos debido a que la compactación es una disminución de la macroporosidad del suelo. Los suelos con

estructura arenosa tienen una mayor prevalencia de macroporos, lo cual tiene un impacto en la calidad del suelo y en las vías que se construyen sobre él. (Silva et al., 2011).

La ciudad de Barranca, en Perú, enfrenta una realidad problemática relacionada con la falta de infraestructura vial en los centros poblados. En esta ciudad costera, se pueden encontrar ejemplos de pavimentos deteriorados en las calles y caminos de acceso por problemas en la base y subbase. Las condiciones climáticas, como la humedad y la cercanía al mar, pueden acelerar el deterioro, lo que resulta en la formación de grietas y baches que afectan la transitabilidad y representan riesgos para conductores y peatones.

3.2. Formulación del problema

3.2.1 Problema general

PG: ¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?

3.2.2 Problemas específicos

PE1: ¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?

PE2: ¿En qué medida la aplicación de tres tipos de geomallas varía en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?

PE3: ¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas varía en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?

IV. JUSTIFICACIÓN

4.1. Justificación teórica

La presente investigación aporta nuevos fundamentos teóricos sobre el comportamiento mecánico de suelos reforzados con geomallas uniaxiales, biaxiales y triaxiales analizadas de manera independiente, dado que cada una presenta orientaciones estructurales y respuestas mecánicas distintas; por ello, evaluar los tres tipos resulta indispensable para obtener una comprensión completa, evitar conclusiones parciales y generar comparaciones sólidas que no serían posibles si se empleara solo una o dos geomallas. Este enfoque permite identificar cómo cada configuración influye en el confinamiento, la distribución de esfuerzos y el desempeño geotécnico del suelo, fortaleciendo así el marco conceptual y proporcionando un aporte significativo para su aplicación práctica en la ingeniería civil.

4.2. Justificación social

La investigación se justifica socialmente debido a los beneficios de las personas que transitan con vehículos, la reducción de la dificultad de las personas para trasladar sus productos a los mercados y trasladarse a otras ciudades, menos probabilidad de enfermarse por estar expuesto al polvo y a los ácaros, y la tranquilidad de los conductores al circular por la vía, así como a los pasajeros de la zona.

La justificación social de la investigación se basa en beneficiar a la comunidad cercana, promover el desarrollo sostenible y servir como referente para futuros proyectos de en la región.

4.3. Justificación económica

La investigación se justifica económicamente porque permite analizar una alternativa técnica que optimiza el diseño estructural del pavimento a partir del aprovechamiento de las condiciones reales del suelo existente, evitando intervenciones más invasivas y costosas. Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de geomallas mejora de manera significativa la capacidad de soporte del suelo, lo que se refleja en el incremento del índice

CBR y en la posibilidad de reducir los espesores de las capas granulares del pavimento flexible.

Esta reducción estructural implica una disminución directa en el volumen de materiales requeridos para la construcción de la vía, lo cual se traduce en menores demandas de extracción, transporte y colocación de agregados. En contextos como el del centro poblado La Ensenada, donde el acceso a canteras puede representar un componente importante del costo total de obra, la optimización del uso de materiales adquiere especial relevancia desde el punto de vista económico.

Asimismo, el uso de geomallas permite intervenir la vía sin recurrir al reemplazo total de la subrasante ni a procesos extensivos de mejoramiento del suelo, los cuales suelen requerir mayor tiempo de ejecución, mayor consumo de recursos y una mayor movilización de maquinaria. Al mejorar el comportamiento mecánico del suelo existente, el refuerzo con geomallas se presenta como una alternativa que contribuye a un uso más eficiente del presupuesto destinado a infraestructura vial, sin comprometer el desempeño estructural del pavimento.

En ese sentido, la investigación aporta información técnica que puede servir como base para la toma de decisiones en futuros proyectos viales, permitiendo evaluar soluciones que equilibren adecuadamente el desempeño estructural y la optimización de recursos económicos, especialmente en zonas con características geotécnicas similares a las estudiadas.

4.4. Justificación metodológica

La investigación se justifica metodológicamente porque no basta con probar y ver qué pasa; se necesita un enfoque ordenado, confiable y bien planteado que permita evaluar el estado real de la vía, planificar cómo se va a intervenir y comprobar con datos si la propuesta realmente funciona frente al tráfico, la carga y las condiciones del terreno. Usar una metodología sólida asegura que cada paso desde el diagnóstico del suelo hasta las pruebas finales esté bien hecho, que los datos que se recojan sean útiles y que las conclusiones tengan sustento. Además, permite repetir el proceso, comparar resultados, identificar mejoras y demostrar con evidencia que la solución planteada no solo es práctica,

sino también resistente, eficiente y aplicable en contextos similares. Esto evita improvisaciones, reduce errores y garantiza que el estudio cumpla con sus objetivos de manera clara y verificable.

4.5. Justificación científica

Este análisis también abre la puerta para que se generen nuevas tesis, más antecedentes y, en general, una forma distinta y más completa de estudiar el suelo. Los resultados y métodos usados en este trabajo pueden motivar a otros estudiantes e investigadores a seguir explorando cómo se comportan los suelos cuando se combinan con diferentes tipos de geomallas, probando nuevas técnicas, variables y enfoques que permitan entender mejor sus propiedades y cómo mejorarlas. Además, este estudio demuestra que aún hay mucho por investigar en temas de estabilización y refuerzo, lo que puede llevar a desarrollar modelos más precisos, ensayos más completos y soluciones más eficientes para problemas reales de ingeniería. Con esto, no solo se amplía el conocimiento dentro de la universidad, sino que también se impulsa una manera más moderna, práctica y creativa de abordar los desafíos relacionados con el suelo, favoreciendo que futuras promociones continúen investigando y generando aportes que mejoren la calidad de las obras y el desarrollo de la región.

4.6. Justificación ambiental

La justificación ambiental de esta investigación se basa en que el uso de geomallas en pavimentos flexibles permite reducir la extracción de agregados, el transporte de suelos inadecuados y la generación de residuos de construcción, por lo tanto, se reducirá el polvo, el impacto de emisión de carbono de las maquinarias que generan los movimientos de tierra, esto porque al incorporar la geomalla reduciría los espesores de capas del pavimento. Además, al aumentar la durabilidad de las vías, disminuye la frecuencia de mantenimiento y las intervenciones en el terreno, contribuyendo a la conservación del entorno y a la reducción de la huella ambiental asociada a la construcción vial.

V. ANTECEDENTES Y/O ESTADO DEL ARTE

5.1. Antecedentes

5.1.1 *Antecedentes Internacionales*

Díaz (2021) en su investigación tuvo como objetivo general desarrollar un compendio sobre las ventajas mecánicas e hidráulicas de las geomallas para reforzar y estabilizar el suelo, y de qué manera estos geosintéticos mejoran la capacidad de carga en vías sin pavimentar, suelos blandos o subrasantes débiles. Además, buscó minimizar los desplazamientos laterales, reducir las capas de rodadura y asegurar la estabilidad estructural a largo plazo, en comparación con las soluciones convencionales, logrando así ahorros en los costos totales del proyecto. La investigación se desarrolló con un enfoque cualitativo. El estudio se armó a partir de una revisión amplia y un análisis crítico de información tomada únicamente de fuentes académicas y científicas. El autor buscó comprobar los beneficios de usar geomallas para reforzar subrasantes débiles y, revisando distintos trabajos y estudios, encontró que este material realmente mejora el refuerzo estructural de las vías, ayudando a distribuir mejor las cargas que generan los vehículos y reduciendo el deterioro en la superficie de la carretera. Se presentaron 3 casos, por lo cual, se realizó el cálculo de la capacidad de carga que admite el suelo de la base y de la subrasante sin refuerzo, además se realizó el cálculo del espesor de la capa base y subrasante con refuerzo; el Caso I sin refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 1.0%, CBR de base de 15.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.504 m; para el Caso I con refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 1.0%, CBR de base de 15.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.181 m; para el Caso II sin refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 1.5%, CBR de base de 30.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.57 m; para el Caso II con refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 1.5%, CBR de base de 30.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.223 m; para el Caso III sin refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 2.0%, CBR de base de 40.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.366 m; para el Caso III con refuerzo, se detalla CBR de subrasante de 2.0%, CBR de base de 40.0%, espesor de la capa base encontrada de 0.112 m. El investigador demostró que el uso de geomallas multiaxiales resulta en una reducción significativa del espesor de las capas de la subrasante. Su investigación muestra que esta solución es económicamente eficiente porque reduce el uso de agregado granular, mejora la

compactación del suelo y aporta mayor estabilidad a largo plazo, evitando problemas como el socavamiento y el desplazamiento lateral.

Alimohammadi, et al., (2021) en su investigación plantearon como objetivo evaluar el rendimiento de la pavimentación flexible mediante el reforzamiento con georedes a través de la revisión de estudios de laboratorio a gran escala. El reforzamiento con georedes puede optimizar la eficiencia de la pavimentación flexible al extender su vida útil o reducir el espesor de la capa base. Sin embargo, se identificó una falta de comparaciones integrales entre los diversos estudios. Esta revisión de la literatura revela que la mejora en el rendimiento debido al reforzamiento con georedes se relaciona con varios factores y variables, como la rigidez y geometría de las georedes, su ubicación/profundidad, el espesor de la superficie de asfalto y agregado, y la rigidez de la subbase. Mediante la síntesis de estudios de pruebas de laboratorio, se propone un método basado en regresión para estimar el factor de Equivalente Granular (GE) del reforzamiento con georedes en pavimentos flexibles. El modelo predictivo es sólido, ya que incluye los parámetros clave mencionados anteriormente. Esta fórmula se desarrolló a partir de un análisis de regresión mediante el cálculo inverso de la variedad de resultados de las pruebas experimentales realizadas utilizando el método de diseño AASHTO1993 para evaluar el espesor equivalente de la capa base de secciones reforzadas en comparación con secciones no reforzadas. El beneficio de este estudio radica en comprender los beneficios estructurales de las georedes y aplicar los factores GE en el diseño de pavimentos para reducir el espesor de grava y/o asfalto, y consecuentemente extender la durabilidad y reducir los costos asociados al mantenimiento. El autor concluyó que el uso apropiado de georedes pueda generar ahorros significativos por proyecto. Los estudios muestran que el uso de geomallas incrementa notablemente la capacidad de carga y reduce la deformación de los pavimentos. La efectividad depende de la rigidez, la geometría y la colocación de las geomallas, así como del grosor del agregado. También se desarrolló un modelo predictivo para optimizar el grosor de los materiales, prolongando la vida útil de los pavimentos y disminuyendo los costos de mantenimiento.

Goud, et al., (2022) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar los coeficientes de capa (LCR) para bases reforzadas con georedes en pavimentos flexibles. En este estudio, se llevaron a cabo una serie de Experimentos de Modelo a Gran Escala (LSMEs) para cuantificar los LCRs considerando capas base no reforzadas y capas base reforzadas con georedes sobre subbases desde suaves hasta rígidas. En las pruebas LSME

realizadas en capas base reforzadas se encontró que los coeficientes de capa (LCR) estuvieron entre 1.01 y 1.33. A partir de estos resultados, la metodología tradicional para diseñar pavimentos flexibles se amplió para incluir diseños que incorporen georedes usando estos valores de LCR. Estos rangos muestran que las bases reforzadas aumentan su módulo, lo que indica que el uso de geomallas realmente ayuda a mejorar la capacidad de carga y la durabilidad del pavimento. La investigación concluye que colocar geomallas en las bases de pavimentos flexibles mejora de manera importante su desempeño, y que los valores obtenidos entre 1.01 y 1.33 confirman su efectividad como refuerzo. En general, estos resultados demuestran que las geomallas son una alternativa útil y eficiente para aumentar la vida útil del pavimento y reducir los costos de mantenimiento.

Goud, et al., (2020) En su investigación, el objetivo fue analizar el diseño y la sostenibilidad de pavimentos flexibles reforzados con georedes desde la realidad de la India. En la construcción de pavimentos, usar georedes y otros geosintéticos puede hacer más complejo el proceso de diseño, ya que se deben considerar nuevas variables y comportamientos del material. En su país, se emplea la teoría de elasticidad junto con el programa de análisis de pavimentos IITPAVE para analizar las deformaciones debidas a la carga de rueda sobre un sistema de suelo multicapa y diseñar secciones de pavimento no reforzadas según las directrices del Congreso de Carreteras de la India (IRC-37, 2018). La investigación concluye que la incorporación de geomallas en pavimentos flexibles incrementa notablemente su capacidad de carga y durabilidad. Los coeficientes de capa (LCR) oscilaron entre 1.01 y 1.33, señalando una mejora en el módulo de las bases reforzadas, adicionalmente, se observó que las geomallas disminuyen el uso de agregados y los costos de construcción, además de reducir la huella de carbono en un 58-85% frente a los pavimentos sin refuerzo. La investigación proporciona una visión completa sobre el diseño y desarrollo sostenible de pavimentos flexibles reforzados con geomallas en India. Al mostrar que las geomallas aumentan la capacidad de carga y la durabilidad, reducen el uso de agregados y los costos de construcción, y disminuyen significativamente la huella de carbono, el estudio destaca su potencial como una solución efectiva y sostenible para la infraestructura vial.

Alimohammadi et al. (2021) realizaron un estudio donde revisaron distintos trabajos de campo sobre pavimentos flexibles reforzados con geosintéticos. Para hacerlo, eligieron proyectos en varias regiones con climas y niveles de tránsito diferentes, reunieron datos de

desempeño a largo plazo y compararon directamente secciones de pavimento con refuerzo y sin refuerzo. El análisis se enfocó en ver cómo cambiaban la durabilidad, el comportamiento estructural, los costos y la huella de carbono, con la idea de evaluar qué tan viable y rentable era usar geosintéticos. Los resultados mostraron que la efectividad del refuerzo depende de varios factores: la rigidez de la subbase, el espesor y la calidad del agregado, las características del asfalto caliente y también la rigidez y la ubicación de las georedes. Para medir la mejora utilizaron el deflectómetro de peso caído (FWD), con el que calcularon el Granular Equivalent (G.E.) y compararon los valores entre las secciones reforzadas y las que no tenían refuerzo. A partir de esas comparaciones, desarrollaron una fórmula para estimar el G.E. tomando en cuenta los factores de refuerzo encontrados. Aunque los autores señalan que todavía hacen falta más estudios para afinar el método y aplicarlo de forma más general, sus conclusiones aportan información importante para el diseño estructural de pavimentos reforzados. El estudio muestra que los geosintéticos mejoran la capacidad portante, reducen deformaciones permanentes y aumentan la vida útil del pavimento.

Baadiga, et al., (2021) en su artículo de investigación tuvieron como objetivo llevar a cabo extensos experimentos a gran escala de modelos de pavimentos que consisten en un total de veintiuna secciones de pavimentos superpuestas en diferentes condiciones de subbase (de pobre a firme) para determinar la relación de beneficio del tráfico (TBR). El TBR se cuantifica como la relación entre el número acumulativo de ciclos de carga para llegar a un estado de deformación/falla definida en la sección reforzada en comparación con la sección sin reforzar con la misma geometría y constitución de materiales. Se consideraron georedes biaxiales fabricadas con poliéster y polipropileno de diversas resistencias a la tracción. La experimentación controlada se realizó en una cámara de prueba de gran tamaño con dimensiones de 1.5 m de longitud, 1.5 m de ancho y 1.0 m de profundidad. Para simular la carga de rueda en el pavimento en una condición de campo real, se aplicó carga repetitiva en forma de carga haversiana mediante un sistema de actuador lineal de capacidad de 100 kN. Basado en los estudios, se encontró que la geored ubicada a un tercio del espesor de la capa base era la profundidad óptima de refuerzo. Los resultados muestran que el TBR de los pavimentos reforzados variaban entre 1 y 52 y que el tipo de geomalla y la resistencia de la subrasante influyen significativamente en la TBR, con geomallas más rígidas y subrasantes más débiles mostrando mayores beneficios. Finalmente, el diseño de pavimentos basado en la Relación de Mejora del Balasto (Tensile Ballast Ratio, TBR) fue ilustrado mediante un

ejemplo práctico con parámetros de entrada definidos. Los resultados indicaron que, para el rango de valores del Índice de Soporte de California (CBR) y TBR considerados, el espesor de las capas de agregado se redujo entre un 7.5 % y un 29 %. En conclusión, el estudio demuestra que la incorporación adecuada de geomallas puede incrementar de manera significativa la durabilidad y eficiencia estructural de los pavimentos flexibles.

5.1.2 Antecedentes Nacionales

Cuicapuza (2022) evaluó la aplicación de geomallas biaxiales en el mejoramiento de la capacidad de carga de pavimentos flexibles. Su enfoque fue cuantitativo y orientado a la práctica, basado en la recolección y el análisis de datos numéricos que permitieran medir los beneficios del refuerzo. Para ello, realizó un estudio de tráfico y excavó tres calicatas de 1,50 m de profundidad, siguiendo las normas de suelos vigentes, con el fin de analizar la clasificación y la estratigrafía del terreno. La población de análisis correspondió a los tramos de carretera del Distrito de Chilca, en Huancayo, y la muestra se conformó por diversos segmentos donde se llevaron a cabo los ensayos de tráfico y las excavaciones necesarias para caracterizar el suelo en detalle.. Esto permitió evaluar la aplicación de geomallas biaxiales en diferentes condiciones de suelo y tráfico, proporcionando una base robusta para los análisis y resultados del estudio. Los resultados mostraron que el uso de geomallas biaxiales incrementó notablemente la capacidad de carga del pavimento, los ensayos CBR reflejaron un valor del 7.9%, considerado regular dentro del rango de 6% a 10%, además el Número Estructural SN se triplicó con el empleo de geomallas Mac Grid EGB20 y EGB30, mejorando tanto la capacidad de carga como la durabilidad del pavimento. Sin embargo, el módulo elástico se redujo en un 10% con EGB20 y en un 25% con EGB30. La investigación concluyó que la utilización de geomallas biaxiales en pavimentos incrementa notablemente su capacidad de carga y duración, a pesar de observarse una reducción en el módulo elástico del pavimento, los costos iniciales se disminuyeron significativamente.

Caballero y Colchado (2022), en su investigación tuvieron como objetivo diseñar un pavimento flexible usando geomallas para reforzar la subrasante en la infraestructura vial entre el periodo de 2012 y 2022. El estudio se abordó mediante una metodología de enfoque cuantitativo y diseño experimental, clasificándose como una investigación de tipo aplicada. En cuanto a la población la investigación abarca tramos viales en la región Parcoy-Llacuabamba y la muestra incluye caminos reforzados con geomallas de diferentes tipos.

Los resultados mostraron que la aplicación de geomallas mejoró la capacidad de carga y redujo la necesidad de material granular, prolongando la durabilidad del pavimento. El estudio concluyó que la utilización de geomallas triaxiales como refuerzo en la subrasante fue efectiva en la reducción de los espesores de material granular, esta implementación de la geomalla no solo mejora la eficiencia estructural del pavimento, sino que también reduce los costos de construcción.

Huamaní (2022), en su tesis de maestría tuvo como objetivo principal determinar cómo beneficia el refuerzo con geomalla al estabilizar la base granular del pavimento flexible en el distrito de Chilca - Huancayo en 2019. Para lograr esto, se realizaron diseños de la estructura tanto con refuerzo como sin refuerzo, tomando en cuenta los beneficios obtenidos en varios tramos, como la Av. Los Próceres, la Av. 9 de Diciembre y la Av. Leoncio Prado. Las geomallas del tipo A de 20 kN/m y del tipo B de 30 kN/m fueron consideradas. Se realizaron análisis de costos unitarios y se utilizaron hojas de cálculo electrónicas para calcular las diferencias de espesor entre las tres estructuras de pavimento. El enfoque cuantitativo, la investigación aplicada y el diseño experimental fueron los métodos empleados. El estudio mostró en sus resultados que la aplicación de la geomalla biaxial de 20 kN/m redujo el espesor de la base granular y subbase en un 5% y 3%, respectivamente, mientras que la geomalla biaxial de tipo 30 kN/m redujo estos espesores en un 5.5% y 3%. En términos de costos, el uso de la geomalla biaxial de 20 kN/m redujo los costos en un 17%, y la geomalla biaxial de 30 kN/m redujo los costos en un 19%. En conclusión, el estudio sugiere que el refuerzo con geomallas es una solución eficiente y económica para mejorar la infraestructura vial.

Bautista y Quispe (2022) en su investigación tuvieron como objetivo principal evaluar la aplicación de la geomalla biaxial como reforzamiento en el pavimento flexible en la subbase de la Provincia General de Sánchez Cerro, Región Moquegua. La metodología adoptada en la investigación es de diseño descriptivo, con un enfoque cuantitativo, la investigación se clasifica como aplicada por su orientación. En cuanto a la población incluyó los tramos de la carretera San Donato, ubicada en la provincia de Mariscal Nieto y el distrito de Moquegua. La muestra específica consistió en el tramo de la carretera entre los progresivos kilómetros 0+000 y 0+356.6481 donde se realizaron alrededor de 15 ensayos diferentes que abarcaron desde la evaluación del tráfico hasta los análisis de laboratorio. Los resultados mostraron que la geomalla Tipo A produce una reducción de 33% en la subbase,

mientras que la geomalla biaxial Tipo B se reduce en un 40% la subbase de la estructura del pavimento flexible. Por otro lado, los costos se reducen en un 3.4% y 2% respectivamente, debido a la comparación entre los tres diseños.

Challco (2022) en su estudio de investigación, tuvo el objetivo principal determinar en qué medida los espesores en el pavimento flexible en la carretera Panamericana Norte del tramo km 499+000 al 503+00, Distrito de Chao, Trujillo, La Libertad, en 2022, se pueden mejorar mediante el análisis comparativo con geomallas multiaxiales TRIAX TX130S con base en el método de AASHTO 93. La metodología adoptada en la investigación es de enfoque cuantitativo y experimental. En cuanto a la población la investigación abarca tramos de la carretera Panamericana Norte, tramo km 499+000 al 503+00, Distrito de Chao, Trujillo, La Libertad, se llevó a cabo un estudio sobre el tráfico de vehículos, el diseño del pavimento, su durabilidad y su número estructural requerido (SN). Para el diseño de pavimentos triaxiales y con geomalla, también se trabajó con el software TENSAR. El método de esta investigación se basó en las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, que se utilizaron para recopilar datos y analizarlos comparativamente. Se llevó a cabo una prueba de muestras de calicatas para determinar el tipo de suelo y el CBR de la subrasante. Los resultados mostraron que al comparar los espesores de la carpeta asfáltica con y sin el refuerzo de las geomallas multiaxiales, se observaron disminuciones en la capa superior de 4 cm, en la sub-base de 8 cm y en la base de 0 cm, estas disminuciones fueron del 43% en la base, del 39% en la sub-base y del 18% en la capa inicial. La investigación concluyó que la incorporación de geomallas multiaxiales triax TX130S en el pavimento flexible permitió una disminución volumétrica de la capa en la carpeta asfáltica, la sub-base y la base, específicamente, se observó una disminución del 33% en la capa superior, 39% en la sub-base y 43% en la base. Estas reducciones mejoraron la eficiencia estructural del pavimento y ofrecieron una solución más económica para la construcción de la infraestructura vial.

Vílchez Ruiz (2022) desarrolló una investigación experimental para analizar cómo las geomallas biaxiales y triaxiales influyen en el comportamiento mecánico de suelos arcillosos. Para ello, utilizó el ensayo Proctor modificado bajo las normas MTC E.117 y ASTM D1557, incorporando geomallas de 15x15 mm (biaxial) y 30x30 mm (triaxial). Los resultados evidenciaron una mejora significativa: la densidad seca máxima aumentó hasta en 5.2 %, pasando de 1.78 g/cm³ a 1.87 g/cm³, mientras que el contenido óptimo de humedad

se redujo de 18.6 % a 16.9 %. Asimismo, el índice CBR se incrementó notablemente, de 9.5 % sin refuerzo a 24.3 % con geomalla triaxial, lo que representa un aumento de más del 150 %. Estos hallazgos confirman que el uso de geomallas no solo optimiza la compactación, sino que también mejora la capacidad de soporte del suelo, haciendo de esta técnica una opción práctica y eficiente para obras de infraestructura vial.

5.2. Bases teóricas

Geomallas

Las geomallas, hechas de materiales geosintéticos poliméricos, se emplean en aplicaciones de estabilización del suelo. Ofrecen capacidades de carga y flexibilidad de diseño para diversas situaciones. (Al-Barqawi, et al., 2021). Las geomallas son rejillas de polímeros de alta resistencia que se utilizan para reforzar los suelos. (Ali, 1993).

Geomalla en el pavimento

La integración de geomallas en el pavimento ha probado ser una estrategia eficaz para incrementar la durabilidad y resistencia de las carreteras. Estas estructuras de refuerzo, hechas de materiales sintéticos de gran resistencia, se incorporan en las capas del pavimento con el objetivo de distribuir de manera uniforme las cargas del tráfico y reducir la aparición de fisuras y deformaciones. El empleo de geomallas no solo mejora la capacidad de carga del pavimento, sino que también ayuda a extender la durabilidad de la carretera al prevenir su deterioro prematuro (Jayalath, et al., 2022).

En las carreteras, las geomallas ayudan a que el pavimento se desgaste menos con el paso de los vehículos, reparten mejor las cargas, facilitan el drenaje, reducen los daños que causan los ciclos de congelación y descongelación, dan más estabilidad a la subrasante y aumentan la resistencia de la capa base (Zheng, 2020).

Geomalla uniaxial

Las geomallas uniaxiales son geosintéticos diseñados para reforzar principalmente en una sola dirección. Gracias a esa resistencia concentrada, se usan bastante en distintos trabajos de ingeniería civil donde se necesita soporte y estabilidad en un sentido específico.

Geomalla biaxial

Las geomallas biaxiales cumplen una función clave en el refuerzo de diferentes estructuras, ya que pueden soportar esfuerzos en dos direcciones. Esto las hace muy útiles en obras como carreteras, cimientos y terraplenes, donde es importante repartir bien las cargas (Huamani, 2021).

Geomalla triaxial

Las geomallas triaxiales han mostrado muy buenos resultados para estabilizar las capas de base y mejorar el suelo, porque su forma permite un interbloqueo fuerte con los materiales granulares como el suelo y la piedra. Gracias a esto, se vuelven una opción muy útil para diferentes obras de infraestructura. Además, se ha visto que no solo estabilizan bien las capas granulares, sino que también mejoran el comportamiento de la subrasante y ayudan a optimizar el diseño del pavimento, sobre todo en zonas donde los suelos tienen baja capacidad de soporte (CBR). Esto permite reducir costos y aumentar la vida útil de las vías (Ren et al., 2022; Mukherjee, 2019).

Espaciamiento entre geomallas

El espaciamiento entre geomallas, es decir, la distancia a la que se colocan dentro del pavimento, es un factor clave en el diseño porque influye directamente en cómo se distribuyen las cargas del tráfico. Si ese espaciamiento se elige bien, el pavimento resiste mejor las deformaciones y las grietas, aumenta su capacidad estructural y dura más tiempo. Esta distancia puede cambiar según el tipo de pavimento, el suelo y la cantidad de vehículos que pasarán por la vía. Cuando el espaciamiento no se define correctamente, la distribución de tensiones no es la adecuada y el refuerzo pierde efectividad. En cambio, una planificación bien hecha ayuda a que la geomalla funcione al máximo, mejore el comportamiento del pavimento y aumente su durabilidad (Bildik & Laman, 2020; Jawad & Shakir, 2021).

Orientación de la geomalla

La orientación de la geomalla, es decir, la dirección en la que se coloca dentro del pavimento, es un factor muy importante porque influye directamente en cómo se reparten

las cargas de los vehículos y en la capacidad del pavimento para evitar deformaciones. Para decidir si la geomalla va en sentido longitudinal o transversal, se toman en cuenta aspectos como la dirección principal del tráfico y las condiciones estructurales de la vía. Una buena elección de la orientación ayuda a reforzar mejor el pavimento y a reducir problemas como agrietamientos, hundimientos y otros daños tempranos. En pavimentos flexibles, la dirección de instalación puede variar según el tipo de cargas y el comportamiento esperado; por ejemplo, en carreteras con mucho tránsito, ajustar la orientación permite aprovechar al máximo el refuerzo y mejorar la durabilidad del pavimento. En general, una instalación bien planificada hace que el pavimento tenga un mejor desempeño y una vida útil más larga (Chen et al., 2021; Zhao et al., 2020).

Porcentaje de geomalla

El porcentaje de geomalla se refiere a qué parte del área del pavimento está cubierta con este material de refuerzo. Este dato es importante porque ayuda a definir cuánto contribuirá la geomalla a mejorar la resistencia y la durabilidad del pavimento. Para elegir el porcentaje adecuado, se toman en cuenta factores como el tipo y la cantidad de tráfico, el estado del suelo y el nivel de desempeño que se busca a largo plazo. Un porcentaje bien definido permite que el pavimento resista mejor las deformaciones, evite agrietamientos y tenga una vida útil más larga. Por eso, lograr un buen equilibrio entre la cantidad de geomalla y el resto del diseño es clave para obtener un pavimento seguro, eficiente y durable (Sadeghi et al., 2020; Akbar et al., 2023).

Relación de geomalla al área total

La proporción entre el área cubierta por geomallas y el área total del pavimento es un punto clave cuando se diseña un refuerzo con este material. Básicamente, este valor indica qué tanto del pavimento está siendo apoyado por la geomalla, y esa cobertura influye bastante en cómo se va a comportar la estructura. Para elegir una proporción adecuada, hay que revisar aspectos como el tipo de tráfico que tendrá la vía, las condiciones del suelo y lo que se busca lograr con el diseño. Si se define bien esta relación, se pueden aprovechar mejor los beneficios del refuerzo, aumentando la resistencia del pavimento, reduciendo deformaciones y ayudando a que la estructura dure más tiempo (Liu et al., 2021).

Esta relación también sirve para medir qué porcentaje del pavimento está reforzado con geomalla. Ese porcentaje tiene un impacto directo en la forma en que la estructura distribuye las cargas de los vehículos y soporta los esfuerzos que genera el tránsito. Para encontrar una proporción adecuada, los ingenieros evalúan factores como el volumen de tráfico, las condiciones del suelo y los objetivos del diseño. Cuando esta relación se define correctamente, se optimiza el refuerzo y se logra que el pavimento tenga un mejor desempeño y una vida útil más larga (Du et al., 2022).

Tasa de deformación

La tasa de deformación es básicamente la velocidad con la que un material o una estructura cambia de forma. En pavimentos, este valor muestra qué tan rápido aparecen deformaciones, grietas o hundimientos por el uso constante y el clima. Medirla y seguirle el rastro es clave para anticipar el desgaste del pavimento, planificar reparaciones a tiempo y alargar la vida útil de la vía. Con mediciones y análisis técnicos, los ingenieros pueden entender cómo esta velocidad de deformación afecta la resistencia del pavimento y decidir qué acciones tomar para evitar daños mayores (Zhao et al., 2022).

También es un parámetro importante para evaluar cómo se comportan los pavimentos con el paso del tiempo. Aquí, la tasa de deformación se refiere a qué tan rápido cambia el perfil de la superficie debido al tráfico y las condiciones ambientales. Mantenerla bajo control es esencial para evitar problemas como hundimientos y grietas prematuras, y para asegurar que la vía siga siendo segura y cómoda. Por eso se aplican diferentes métodos de monitoreo que permiten ver cómo evoluciona esta tasa y tomar decisiones oportunas para conservar el pavimento en buen estado (Zhao et al., 2020).

Uniformidad de deformación

La uniformidad de deformación se refiere a qué tan parejo se distribuyen las deformaciones en una estructura, como un pavimento. En carreteras, mantener esa uniformidad es clave para evitar que ciertas zonas acumulen más esfuerzo que otras, lo que suele terminar en grietas, hundimientos o fallas tempranas. En los pavimentos reforzados con geomallas, estas ayudan bastante a lograr esa distribución pareja, ya que reparten mejor las cargas y tensiones. Revisar este parámetro y ajustarlo cuando haga falta permite mejorar

el rendimiento del pavimento y mantenerlo en buen estado por más tiempo (Jiang et al., 2023).

También puede entenderse como la capacidad del pavimento para deformarse de manera uniforme cuando recibe cargas. En los sistemas reforzados con geomallas, este material está pensado justamente para mejorar esa uniformidad y evitar deformaciones localizadas que puedan generar daños prematuros. Alcanzar una buena uniformidad ayuda a alargar la vida útil del pavimento, mejorar su desempeño y mantener la seguridad de quienes lo usan (Zhao et al., 2022).

Carga máxima soportada

La carga máxima soportada es un parámetro clave en el diseño y la evaluación estructural de puentes y otras obras de infraestructura. Este valor establece el límite de carga que una estructura puede resistir sin presentar deformaciones excesivas ni poner en riesgo su estabilidad. Es fundamental para definir la capacidad operativa del puente y asegurar su funcionamiento seguro con el paso del tiempo. Para estimarlo, se requieren análisis estructurales detallados que consideren tanto las cargas dinámicas del tránsito como las condiciones ambientales que afectarán a la estructura. Una correcta evaluación de este parámetro permite garantizar un desempeño seguro y confiable durante toda la vida útil de la obra (Zhu et al., 2020).

Asimismo, la carga máxima soportada es un indicador esencial del comportamiento del pavimento frente a las solicitaciones del tráfico. Este parámetro define la mayor carga que puede recibir la superficie sin causar deformaciones permanentes ni daños que afecten su funcionalidad. Determinarlo con precisión es indispensable para asegurar la seguridad de los usuarios y prolongar la vida útil del pavimento. Los ensayos y métodos de análisis empleados para este fin son piezas fundamentales en el diseño y verificación de pavimentos capaces de mantener un buen desempeño bajo condiciones de carga exigentes (Du et al., 2022).

Carga de falla

La carga de falla es el punto en el que una estructura ya no puede resistir más y termina colapsando o presentando una falla estructural seria. En diseño y análisis estructural, conocer con precisión este límite es clave para asegurarse de que la infraestructura soporte todas las cargas previstas durante su vida útil. Este valor permite definir márgenes de seguridad adecuados, evitar riesgos y garantizar la estabilidad de elementos como puentes, edificios o pavimentos cuando se enfrentan a cargas extremas (Iñiguez, 2021).

Por su importancia, la carga de falla se considera un parámetro central en la ingeniería estructural y en la planificación de cualquier infraestructura. Representa la mayor carga que una estructura puede resistir antes de deformarse de forma inadmisibles o colapsar por completo. Para determinarla, es necesario un análisis detallado que tome en cuenta las propiedades de los materiales, las condiciones de carga y la geometría de la estructura. Diseñar obras seguras y duraderas depende en gran medida de comprender y calcular correctamente este valor, lo que permite aplicar medidas preventivas y asegurar la estabilidad de la construcción a largo plazo (Horna y Vasquez, 2019).

Comparación de cargas

Esta parte del diseño es clave cuando se trabaja con pavimentos reforzados con geomallas. Aquí se revisan las cargas que van a actuar sobre el pavimento en diferentes condiciones y se compara cómo se comporta con y sin refuerzo. Esto ayuda a entender qué tanto mejora el pavimento al usar geomallas, sobre todo en la distribución de cargas y en la resistencia frente a deformaciones. Esa comparación es la que permite definir cuánta superficie debe cubrir la geomalla dentro del pavimento para lograr un diseño seguro, duradero y que funcione bien (Hussain et al., 2020).

Además, esta etapa es crucial porque muestra de forma clara cómo cambia la respuesta del pavimento cuando se incorporan geomallas, especialmente bajo distintos niveles de tráfico y condiciones ambientales. Al comparar un pavimento reforzado con uno convencional, los ingenieros pueden medir realmente la mejora en resistencia, capacidad de carga y vida útil. Con esa información se ajusta la proporción entre el área reforzada y el

área total del pavimento, garantizando un buen desempeño y extendiendo la durabilidad de la vía (Hussain et al., 2020).

Distribución de tensiones

Esta parte del diseño es clave cuando se trabaja con pavimentos reforzados con geomallas. Aquí se revisan las cargas que van a actuar sobre el pavimento en distintas situaciones y se compara cómo se comporta con y sin refuerzo. Esto permite ver claramente cuánto mejora el pavimento al usar geomallas, sobre todo en cómo distribuye las cargas y en su resistencia a las deformaciones. Gracias a esta comparación se puede definir qué porcentaje del pavimento debe cubrir la geomalla para lograr un diseño que sea seguro, resistente y funcione bien (Hussain et al., 2020).

También es una etapa importante porque muestra cómo cambia el pavimento cuando se le agrega geomalla, considerando diferentes niveles de tráfico y condiciones del entorno. Al comparar un pavimento reforzado con uno normal, se puede medir la mejora en resistencia, capacidad de carga y vida útil. Con esa información se ajusta la proporción entre el área reforzada y el área total, asegurando que el pavimento tenga un buen desempeño y dure más tiempo (Hussain et al., 2020).

Distribución de cargas

La distribución de cargas es básicamente cómo se reparten las fuerzas que genera el tráfico y otras acciones sobre el pavimento. Es importante porque, si las cargas no se distribuyen bien, se generan puntos donde la tensión se concentra y eso termina causando deformaciones, grietas o daños en la estructura. Cuando se usan geomallas en el pavimento, estas funcionan como un refuerzo que ayuda a que las cargas se repartan mejor, evitando estos problemas. Revisar y mejorar cómo se distribuyen las cargas es una parte clave del diseño, porque influye directamente en cuánto va a durar la vía y en qué tan bien va a funcionar con el tiempo (Gong et al., 2019).

Además, la distribución de cargas muestra cómo las fuerzas externas —como las generadas por los vehículos— se mueven a través de una estructura y afectan su comportamiento. Si esa distribución no es uniforme, se forman zonas con demasiada tensión que pueden causar deformaciones grandes, grietas o fallas en el pavimento. Por eso este

tema es tan importante: determina el desempeño y la vida útil de la vía. El uso de geomallas ayuda justamente a mejorar esa distribución, haciendo que el pavimento sea más resistente y duradero (Ling et al., 2019).

VI. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO

6.1. Hipótesis

6.1.1 *Hipótesis General*

HG: La aplicación de tres tipos de geomallas incide significativamente en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

6.1.2 *Hipótesis Específicos*

HE1: La aplicación de tres tipos de geomallas incide moderadamente en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

HE2: La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

HE3: La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

6.2. Variables de estudio

6.2.1 *Variable cuantitativa I*

Comportamiento mecánico de suelos.

6.2.2 *Variable cuantitativa II*

Tres tipos de geomallas.

6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1.
Operacionalización de variables

Variables de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS	El comportamiento mecánico de los suelos se refiere a cómo los suelos reaccionan ante las cargas y esfuerzos aplicados, abarcando aspectos como la deformación, la resistencia, la compresibilidad y la capacidad de carga. Este comportamiento es fundamental para el diseño y la construcción de estructuras, ya que influye directamente en su estabilidad y durabilidad.	Se lleva a cabo técnicas de observación, análisis documental, mecánica de suelos y conteo del tráfico vehicular (método IMDA), además de la metodología AASHTO 93, en el diseño de pavimentos flexibles con geomallas.	Ensayos de mecánica de suelos	Máxima densidad seca	Razón, porcentaje, intervalo.
				CBR	
			Diseño de pavimento	Espesor de pavimento	Razón
TRES TIPOS DE GEOMALLA	Las geomallas, que pertenecen al grupo de geosintéticos, son bidimensionales y están hechas de polímeros, lo que les permite interactuar mejor con el suelo. Se utilizan para recibir y distribuir fuerzas de tracción y tensión, mejorar las características de resistencia y prevenir patologías en el pavimento. (Tex Delta, 2018 p. 1)	Para diseñar el pavimento flexible para cada uno de los tres tipos de geomallas, se emplean las especificaciones técnicas de las fichas técnicas.	Tipos	Uniaxial	Razón
				Biaxial	
				Triaxial	
			Material	Polipropileno	Razón

VII. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

OG: Evaluar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

7.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

OE2: Determinar en qué medida la aplicación de tres tipos de geomallas varía en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

OE3: Determinar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas varía en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

VIII. METODOLOGÍA

8.1. Tipo de investigación

La investigación aplicada es como un faro que ilumina el camino desde la teoría hasta la práctica, transformando el conocimiento en soluciones palpables para la sociedad (Siegmund et al., 2021).

Este estudio se desarrolla dentro del enfoque de investigación aplicada, es decir, un tipo de trabajo que usa el conocimiento científico para proponer soluciones reales y útiles a problemas concretos de la ingeniería civil. Como señalan Hernández et al. (2014), este tipo de investigación busca obtener resultados que puedan usarse directamente en campos prácticos como la ingeniería, la salud o la educación. A diferencia de la investigación básica, que se centra en producir teoría y conocimiento general, la investigación aplicada apunta a resolver situaciones específicas y a mejorar problemas que se presentan en la vida diaria.

8.2. Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación es explicativo, debido a que no solo describe las características del suelo y de las geomallas empleadas, sino que analiza y explica la relación de causa–efecto existente entre la aplicación de los tres tipos de geomallas (uniaxial, biaxial y triaxial) y el comportamiento mecánico del suelo en el centro poblado La Ensenada, Barranca.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación explicativa busca determinar las causas de los fenómenos y explicar por qué ocurren, estableciendo relaciones entre variables. En este estudio, se evalúa cómo la incorporación de geomallas influye directamente en la máxima densidad seca, la capacidad de soporte (CBR) y el espesor de la estructura del pavimento, resultados que se validan mediante ensayos de laboratorio y análisis estadístico.

Asimismo, el nivel explicativo se justifica porque se aplican pruebas experimentales normalizadas, como el ensayo Proctor modificado (MTC E.117 – ASTM D1557) y el ensayo CBR (MTC E.132 – ASTM D1883), además del análisis de varianza (ANOVA) y la prueba post-hoc de Tukey, que permiten establecer con sustento estadístico si las diferencias

observadas entre los suelos reforzados y no reforzados son significativas. Por ello, la investigación no se limita a describir resultados, sino que explica científicamente el efecto del uso de geomallas en el comportamiento mecánico del suelo.

8.3. Diseño de investigación

La investigación cuasiexperimental se ubica justo en el medio entre el rigor científico y las condiciones reales donde ocurren las cosas. Aunque no permite controlar todas las variables como en un experimento totalmente diseñado en laboratorio, sí ayuda a identificar efectos y a entender qué tanto influye una intervención en ciertos resultados, incluso cuando no se tiene el escenario perfecto para evaluar. Este tipo de enfoque es muy útil cuando no se puede trabajar con condiciones ideales, pero igual se necesita medir el impacto de una acción o un cambio específico (Gopalan, Rosinger y Ahn, 2020).

Además, el enfoque cuasiexperimental suele encajar muy bien en situaciones donde no es posible asignar participantes al azar, algo que pasa mucho en escuelas y universidades. Un ejemplo es el estudio de Vásquez et al. (2021), donde evaluaron si una nueva forma de enseñar mejoraba el rendimiento de estudiantes de ingeniería. Aunque no pudieron formar grupos aleatorios, compararon a dos grupos parecidos antes y después de aplicar la estrategia. Los resultados mostraron mejoras claras tanto en la comprensión como en la aplicación de los temas. Este tipo de metodología se convierte en una alternativa confiable para evaluar intervenciones en escenarios reales, sin perder solidez en los resultados.

8.4. Enfoque de investigación

La investigación cuantitativa es una herramienta clave porque convierte los datos numéricos en información clara y útil para entender fenómenos que, de otro modo, serían difíciles de explicar. Gracias al análisis estadístico, no solo se pueden describir comportamientos o tendencias, sino también detectar posibles relaciones de causa y efecto. En ese proceso, los números dejan de ser simples valores y se vuelven una forma concreta de obtener conocimiento que ayuda a entender mejor cómo funciona la realidad (Rudd et al., 2021).

Este tipo de investigación también destaca por su capacidad para ofrecer datos medibles y objetivos. Un ejemplo lo muestran Mendoza y Ramírez (2020), quienes estudiaron la resistencia de mezclas asfálticas sometidas a diferentes cargas. Para hacerlo, realizaron pruebas de laboratorio y analizaron los resultados con métodos estadísticos. Con ese enfoque lograron identificar combinaciones de materiales más eficientes. Esto deja claro cómo la investigación cuantitativa puede generar información confiable y práctica para tomar mejores decisiones en ingeniería civil.

8.5. Población y muestra

8.5.1 Población

Stratton (2021) explica que, en investigación, la población es el grupo total de personas, objetos o elementos que comparten ciertas características. Como analizar a toda la población casi nunca es viable, se trabaja con una muestra que la represente. Esto permite sacar conclusiones válidas sin estudiar cada caso, haciendo el análisis más práctico y manejable.

En la presente investigación, se utilizó como población los 0.75 Km de la vía de acceso al centro poblado La Ensenada.

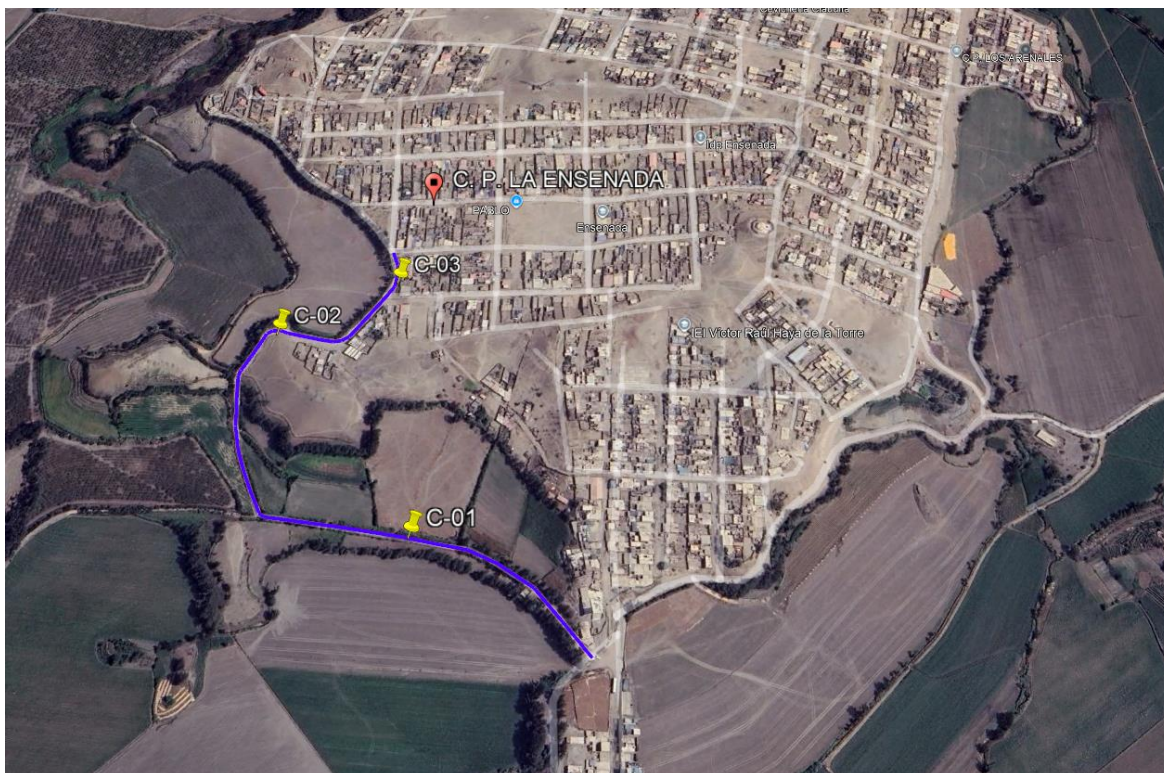
8.5.2 Muestra

Hennink & Kaiser (2022) explican que una muestra es un pequeño grupo que representa una población más amplia. Para reducir los gastos y el tiempo necesarios para recolectar información y llevar a cabo análisis estadísticos, el propósito de trabajar con muestras en la investigación es adquirir información valiosa y significativa acerca de toda la población.

La muestra será seleccionada mediante un muestreo no probabilístico, las cuales fueron analizadas por 3 calicatas en la vía de acceso al centro poblado La Ensenada (véase Figura 1).

Figura 1.

Vista satelital de muestras en el acceso al C. P. La Ensenada



Nota. Adaptado de *Google Maps*.

8.5.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis en la investigación fue el suelo con refuerzo de geomalla que se ha seleccionado como muestra para su posterior análisis. Esta unidad de análisis es el nivel más bajo o individual en el que se recopilarán datos y se realizarán observaciones. En este contexto, estarías examinando y evaluando las características, el rendimiento y los efectos del diseño de pavimento flexible para tres tipos de geomalla en ese tramo particular de la carretera, lo que te permitirá obtener información detallada y específica sobre la implementación de tu propuesta en un contexto concreto.

8.6. Técnicas e instrumentos

En este estudio se usó la observación como técnica principal. Esto permitió anotar directamente lo que iba pasando en los ensayos de laboratorio, desde las características del material hasta cómo se comportaba en cada prueba. Según Hernández, Fernández y Baptista

(2014), la observación estructurada se basa en criterios definidos de antemano, lo que ayuda a recopilar datos claros y consistentes. Esta manera de trabajar es muy útil en mecánica de suelos, porque se necesita registrar con detalle cómo reacciona el suelo frente a la compactación y a la aplicación de cargas.

Como instrumento, se utilizó la ficha de observación, entendida como un formato diseñado para consignar de forma ordenada los datos obtenidos durante la ejecución de cada ensayo. Arias (2012) señala que los instrumentos de registro permiten organizar la información conforme a categorías previamente establecidas, asegurando coherencia entre la toma de datos y las variables de estudio. En esta investigación, las fichas fueron elaboradas de acuerdo con los parámetros de los ensayos incluidos en el Anexo 2, registrándose en ellas los resultados relacionados con la densidad seca máxima, el contenido óptimo de humedad, el índice CBR y demás características que intervienen en el análisis del comportamiento mecánico del suelo reforzado con geomallas.

Tabla 2.
Técnicas e instrumentos empleados en la investigación

Técnica	Instrumento
Observación	Ficha de observación

8.6.1 Técnicas para el procesamiento de información

El procesamiento de información en una investigación resulta esencial para interpretar los datos obtenidos y darles un sentido coherente. Torres (2019) señala que técnicas como la codificación, la categorización y el análisis estadístico permiten organizar y examinar los datos de acuerdo con el enfoque del estudio. En su estudio mezcló métodos cualitativos y cuantitativos. Por un lado, revisó y organizó las respuestas abiertas usando análisis de contenido; por otro, empleó estadísticas descriptivas para procesar las encuestas. Al combinar ambas formas de trabajo, pudo obtener resultados más claros, completos y útiles.

8.7. Procesamiento y recolección de datos

El análisis de un pavimento flexible, desde reunir la información hasta plantear un diseño, es un paso clave en la ingeniería vial. Para hacerlo bien, se necesita seguir una serie de etapas que permitan revisar el estado actual y proponer una solución que realmente funcione. A continuación, se muestra un procedimiento general que ayuda a desarrollar este tipo de trabajo, usando criterios técnicos, datos reales y herramientas de modelado para llegar a un diseño práctico y eficiente.

Fase de toma de datos

Recopilación de datos iniciales: Lo primero es juntar toda la información disponible sobre la vía que se va a estudiar. Esto incluye planos, informes anteriores, datos de mantenimiento, características del suelo y el historial del tráfico. Con todo esto se obtiene una idea clara de cómo es la zona y se puede avanzar con más seguridad en las siguientes etapas.

Evaluación del estado actual: Luego se realiza una revisión en campo para ver cómo se encuentra realmente el pavimento. Aquí se identifican daños visibles como baches, grietas o deformaciones, y también se revisa la subrasante con pruebas específicas. Además, se toman en cuenta las condiciones climáticas de la zona, ya que influyen en el comportamiento del pavimento. Esta evaluación ayuda a determinar cuánto se ha deteriorado la estructura y si es necesario reforzarla o plantear un nuevo diseño.

Fase de diseño de pavimentos

Selección de materiales y geomalla: Con la información reunida y conociendo cómo se comporta el suelo de la zona, se eligen los materiales más adecuados para cada capa del pavimento y para la geomalla que servirá como refuerzo. Esta elección debe seguir las normas técnicas vigentes, ya sea las del MTC, AASHTO u otras que correspondan. Se toman en cuenta aspectos como la resistencia, la durabilidad, el drenaje y que todos los materiales trabajen bien juntos. Esto asegura que el pavimento funcione correctamente y tenga buena vida útil.

Diseño de la estructura del pavimento: Para diseñar el tramo de 0.75 km de pavimento flexible con refuerzo, se usará la relación entre el LCR (coeficiente estructural de capa) y el CBR (índice de soporte California), según los datos que brindan los fabricantes de las tres geomallas que se van a comparar. Esta relación ayuda a definir cuánto aporta realmente la geomalla al comportamiento del pavimento. Todo el proceso se basa en las características del suelo y en las cargas de tráfico esperadas, buscando un diseño eficiente, seguro y durable.

8.8. Análisis de la información

El análisis de la información se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo, utilizando procedimientos estadísticos y criterios de ingeniería vial que permitieron interpretar de forma objetiva los resultados obtenidos en laboratorio y en el diseño estructural del pavimento.

En una primera etapa, los datos provenientes de los ensayos de máxima densidad seca y contenido óptimo de humedad (Proctor Modificado), así como los valores del CBR, fueron organizados en tablas de doble entrada, diferenciando el suelo natural del suelo reforzado con geomallas uniaxial, biaxial y triaxial. Esta organización permitió obtener valores descriptivos como medias, máximos y mínimos para cada condición de ensayo.

Posteriormente, se aplicó el análisis de varianza de un factor (ANOVA) con un nivel de significancia del 5 %, con la finalidad de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de los distintos tipos de geomalla. Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas, se utilizó la prueba post-hoc de Tukey, lo que permitió identificar entre qué pares de tratamientos se presentaban dichas diferencias.

En la etapa final, los valores obtenidos del CBR fueron incorporados al diseño estructural del pavimento flexible mediante el método AASHTO 1993, considerando los coeficientes estructurales y los factores de equivalencia proporcionados por los fabricantes de las geomallas. De este modo, se determinó el espesor requerido de cada capa (subbase, base y carpeta asfáltica) para cada tipo de geomalla, permitiendo comparar técnicamente la eficiencia estructural entre las tres alternativas.

IX. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Durante el desarrollo de esta investigación, se han respetado de manera rigurosa los principios éticos fundamentales que rigen la actividad científica. El estudio se ha conducido en estricto cumplimiento del Reglamento de Investigación de la Universidad Nacional de Barranca (Comisión Organizadora UNAB, 2023), el cual establece directrices sobre ética, gestión de proyectos, derechos de autor y otros aspectos clave para la comunidad académica.

Asimismo, se ha tomado en cuenta el Código Nacional de la Integridad Científica (CONCYTEC, 2019), que promueve principios y normas éticas orientadas a garantizar la integridad en la producción y difusión del conocimiento en el país.

Entre los principios aplicados destaca el del consentimiento informado, el cual se implementó de forma exhaustiva. Todos los participantes fueron plenamente informados sobre los objetivos del estudio, así como sobre los posibles riesgos y beneficios de su participación, asegurando su decisión libre y voluntaria. También se aplicó el principio de justicia, garantizando un trato equitativo para todos los involucrados, sin ningún tipo de discriminación.

Se resguardó en todo momento la confidencialidad de los datos personales, asegurando la privacidad de los participantes a lo largo de todo el proceso investigativo. Estos principios constituyeron pilares esenciales para una conducción ética del estudio, respetando y protegiendo los derechos de todos los involucrados.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Resultados

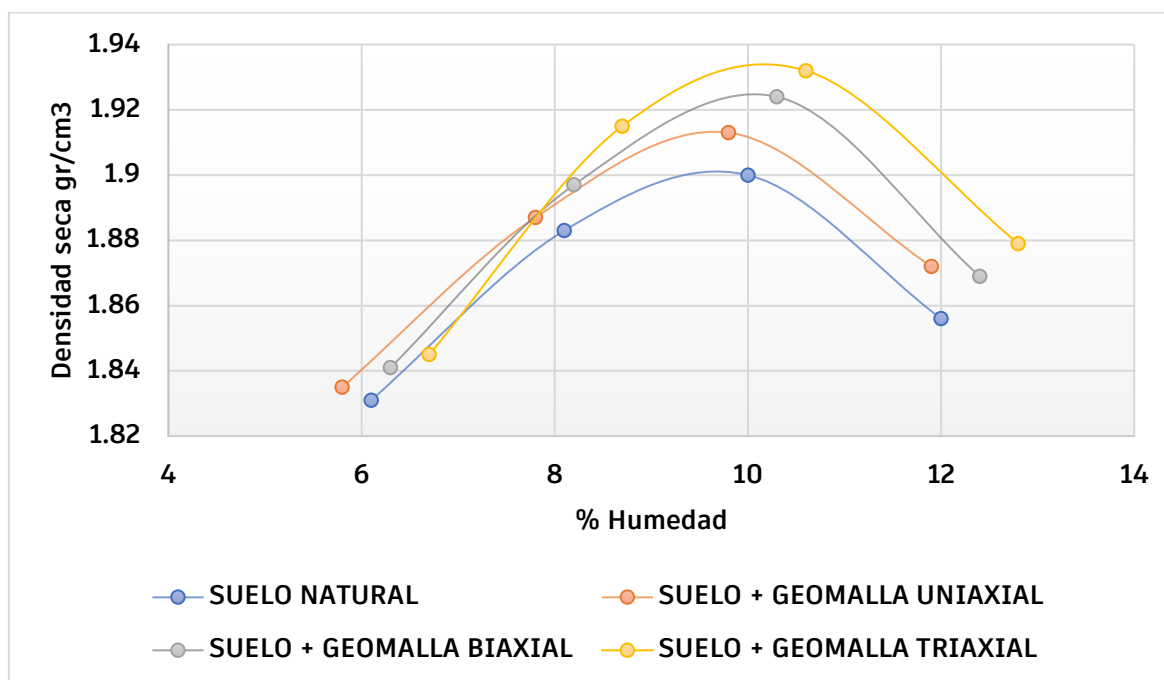
10.1.1 Resultados descriptivos

HE1: La aplicación de tres tipos de geomallas incide en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024

El uso del Proctor modificado es fundamental para asegurar que los suelos en proyectos viales tengan la resistencia y estabilidad necesarias. Esta prueba permite conocer la densidad máxima que puede alcanzar un suelo cuando se compacta adecuadamente. En el contexto peruano, la normativa que regula este ensayo es la MTC E.117, y a nivel internacional se aplica la ASTM D1557.

Figura 2.

Análisis del proctor con geomallas

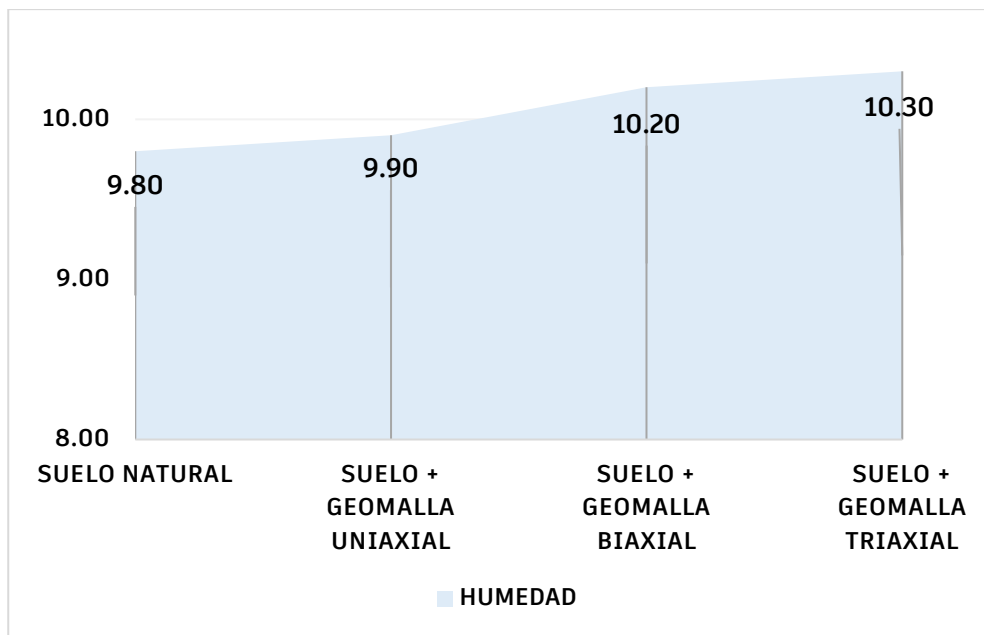


La figura 2, muestra que el ensayo Proctor modificado para el suelo natural obtuvo una máxima densidad seca de 1.901 gr/cm³, suelo con geomalla uniaxial de 1.913 gr/cm³, suelo con geomalla biaxial de 1.924 gr/cm³ y suelo con geomalla triaxial de 1.933 gr/cm³. El comportamiento del suelo en el ensayo Proctor modificado mejora con la inclusión de geomallas, ya que estas actúan como refuerzo, facilitando una mejor compactación y una

distribución más uniforme de la humedad. Según Vélchez Ruiz (2022), la presencia de geomallas biaxiales y triaxiales en mezclas suelo-geomalla permitió alcanzar mayores valores de densidad seca máxima y concuerda con Díaz (2021) que indica que además el refuerzo con geomalla reduce el socavamiento, mejora la compactación del suelo y prolonga la durabilidad de la carretera.

Figura 3.

Óptimo contenido de humedad



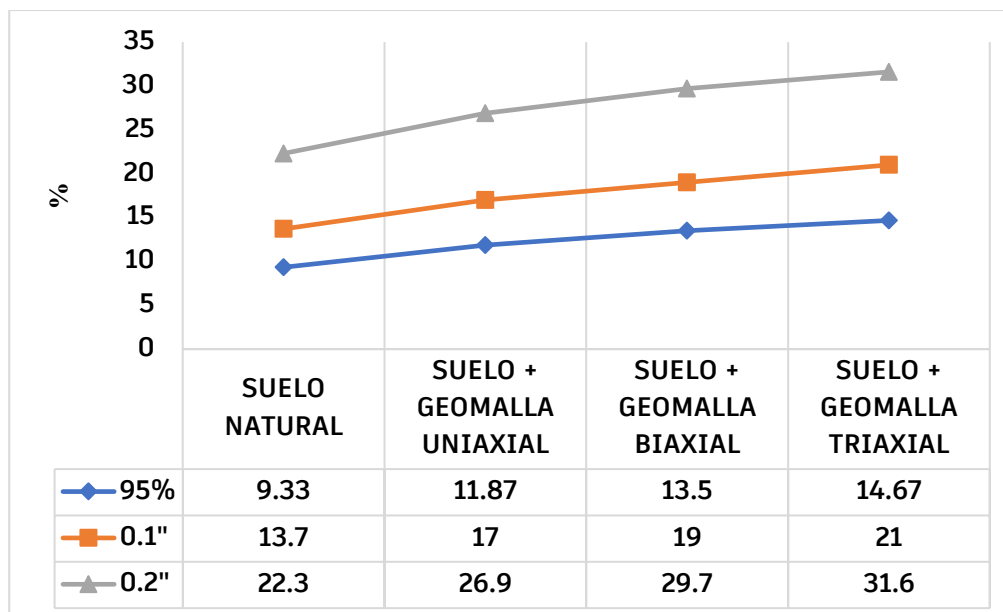
La figura 3, muestra que el ensayo Proctor modificado para el suelo natural obtuvo un óptimo contenido de humedad de 9.80%, suelo con geomalla uniaxial de 9.90%, suelo con geomalla biaxial de 10.20% y suelo con geomalla triaxial de 10.30%, el cual concuerda con Vélchez Ruiz (2022), que afirma que la presencia de geomallas biaxiales y triaxiales en mezclas suelo-geomalla permitió alcanzar mayores valores de óptimo contenido de humedad.

HE2: La aplicación de tres tipos de geomallas varía en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

El ensayo CBR es una prueba que permite conocer qué tan resistente es un suelo, en el Perú sigue la norma del MTC (MTC E 132-2000), mientras que a nivel internacional se aplica la norma ASTM D1883. Ambas indican cómo preparar y compactar el suelo para realizar el ensayo correctamente.

Figura 4.

CBR del suelo con geomallas



La figura 4, muestra que el CBR de 0.2" para el suelo natural de 22.3 %, suelo con geomalla uniaxial de 26.9%, suelo con geomalla biaxial de 29.7% y suelo con geomalla triaxial de 31.6%, mostrando incrementos del 41% con respecto al suelo natural. Cuando se incorporan geomallas al suelo, su comportamiento frente al ensayo CBR mejora considerablemente. Estas mallas actúan como un refuerzo interno que ayuda a distribuir mejor las cargas, lo que hace que el suelo ofrezca mayor resistencia a la penetración y se deforme menos. Al incluir geomallas en la muestra, los valores de CBR aumentan, reflejando una capacidad de soporte superior. Esto concuerda con Cuicapuza (2022) que afirma que el uso de geomallas biaxiales incrementó notablemente la capacidad de carga del pavimento, los ensayos CBR reflejaron un valor del 7.9% y con Vílchez Ruiz (2022) que indica que el índice CBR se incrementó notablemente, de 9.5 % sin refuerzo a 24.3 % con geomalla triaxial, lo que representa un aumento de más del 150 %. Estos hallazgos confirman que el uso de geomallas no solo optimiza la compactación, sino que también mejora la capacidad de soporte del suelo.

HE3: La aplicación de tres tipos de geomallas varía en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.

La metodología AASHTO 93, permite calcular con precisión el espesor de las capas estructurales considerando factores como el tránsito, el tipo de suelo y las condiciones

climáticas. Esta norma facilita decisiones técnicas eficientes en proyectos viales, optimizando materiales y costos. Su aplicación adecuada asegura que el pavimento cumpla su función con durabilidad y buen desempeño en el tiempo.

Figura 5.

Detalle de pavimento flexible sin refuerzo

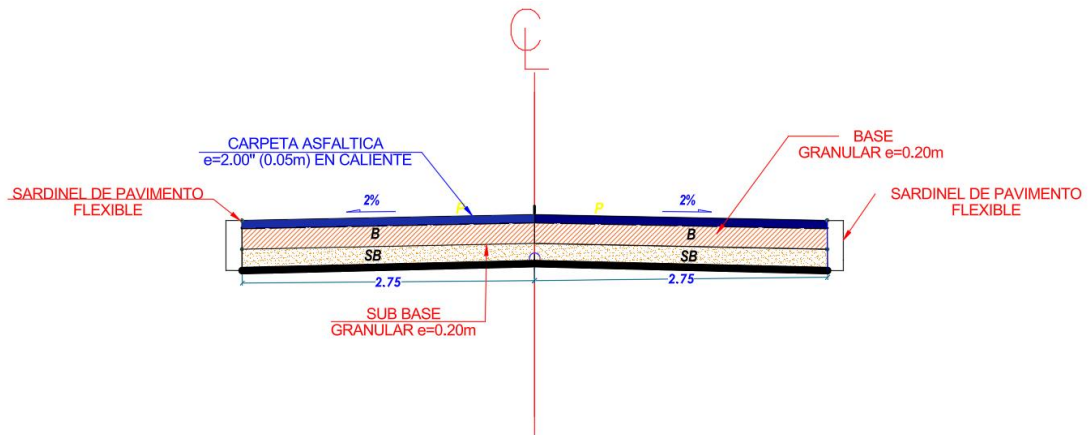


Figura 6.

Detalle de pavimento flexible con refuerzo uniaxial

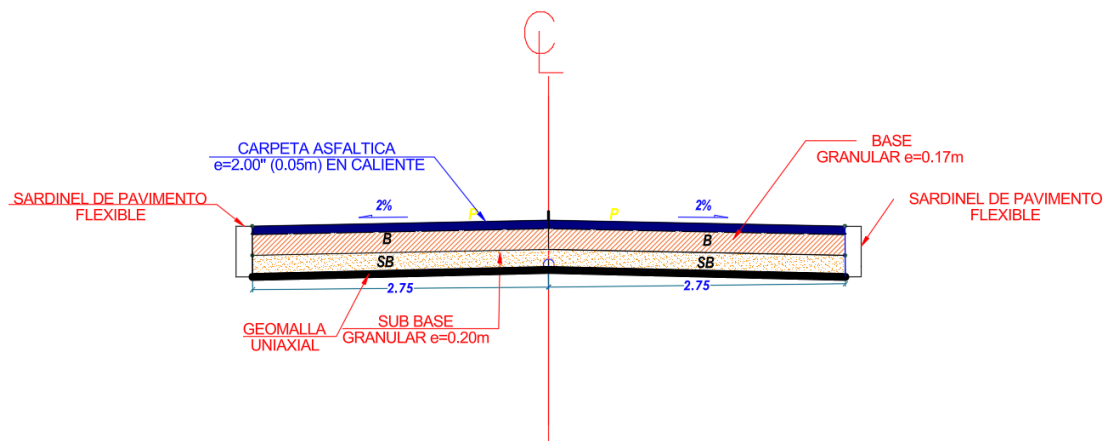


Figura 7.

Detalle de pavimento flexible con refuerzo biaxial

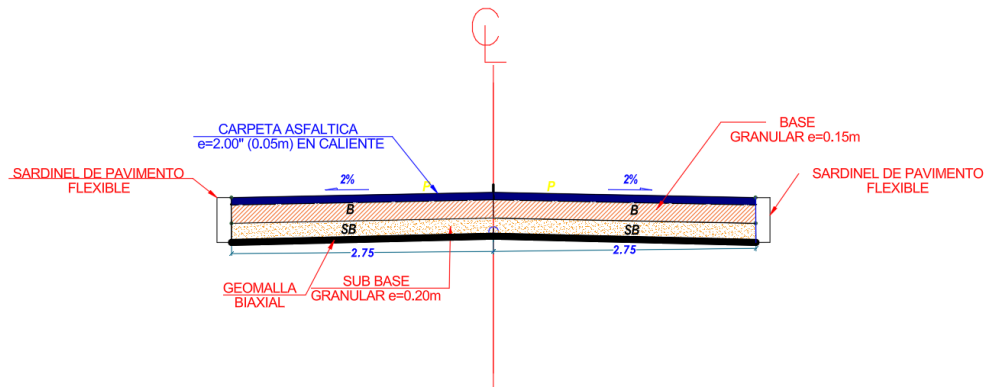


Figura 8.

Detalle de pavimento flexible con refuerzo triaxial

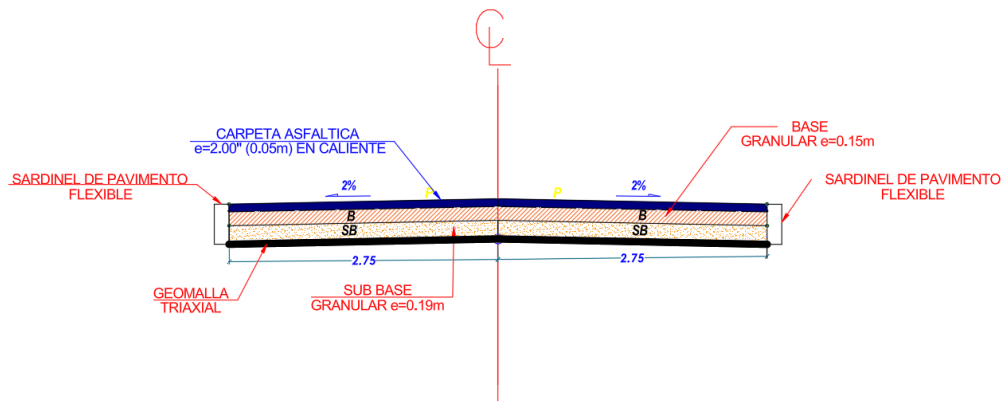
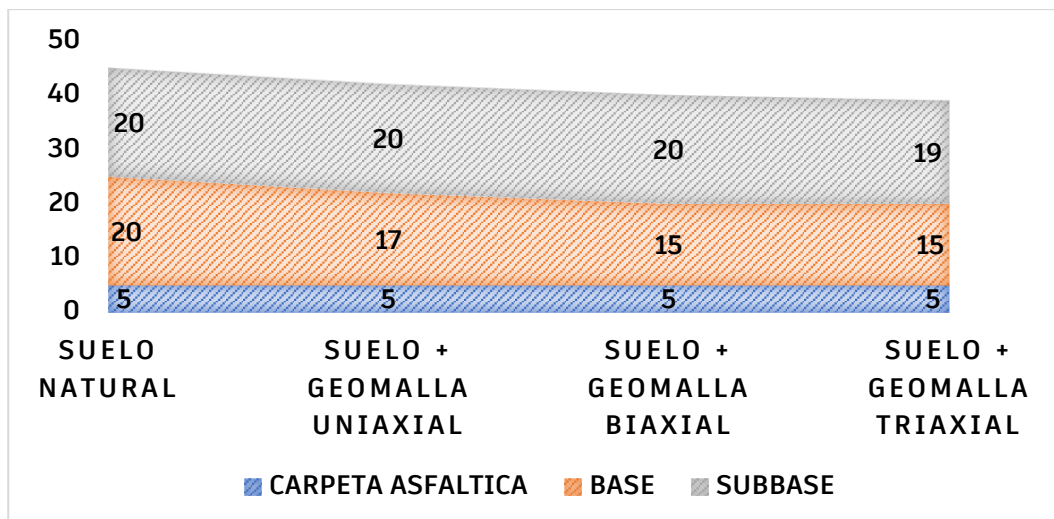


Figura 9.

Espesores de pavimento con geomallas



La figura 9, muestra que el espesor del pavimento para el suelo natural de 20 subbase (SB), 20 base (B) y 5 carpeta asfáltica (CA), suelo con geomalla uniaxial tiene 20 SB, 17 B y 5 CA, suelo con geomalla biaxial tiene 20 SB, 15 B y 5 CA y suelo con geomalla triaxial tiene 19 SB, 15 B y 5 CA. El uso de geomallas en el diseño de pavimentos aporta una mejora importante al desempeño estructural del sistema. Estas mallas actúan como refuerzos que ayudan a distribuir de manera más uniforme las cargas del tránsito, lo que reduce la deformación del suelo y previene fallas tempranas. Al colocarse entre las capas del pavimento, especialmente en zonas con suelos débiles, las geomallas fortalecen la estructura y aumentan su capacidad de soporte. Esto se traduce en pavimentos más resistentes y duraderos, con menores necesidades de mantenimiento a lo largo del tiempo. El cual concuerda con Díaz (2021) la aplicación de geomallas multiaxiales en los tres casos disminuye los espesores de las capas en vías sin pavimentar con suelos blandos, esto genera un menor consumo de agregado, lo que disminuiría el uso de agregado, también con Caballero y Colchado (2022) fue efectiva en la reducción de los espesores de material granular, esta implementación de la geomalla no solo mejora la eficiencia estructural del pavimento, sino que también reduce los costos de construcción y con Chalco (2022) al comparar los espesores de la carpeta asfáltica con y sin el refuerzo de las geomallas multiaxiales, se observaron disminuciones en la capa superior.

10.1.2 Resultados estadísticos

El ANOVA de un factor es el procedimiento más adecuado cuando se quiere comprobar si realmente existen diferencias significativas entre más de dos medias, evitando los errores que se generan al hacer varias comparaciones por separado. En este estudio se aplicó porque se trabajó con cuatro grupos (suelo natural, geomalla uniaxial, biaxial y triaxial), todos con el mismo tamaño de muestra ($n = 10$) y con datos independientes entre sí, lo que cumple perfectamente las condiciones para usar este análisis. Además, el objetivo era saber si las variaciones encontradas en la densidad seca, el CBR y el espesor del pavimento se deben al tipo de geomalla y no al azar. El ANOVA permitió identificar si los cambios entre grupos eran realmente significativos y, una vez confirmado esto, la prueba Tukey ayudó a ver con claridad cuáles geomallas generaban mejoras más notorias. Por estas razones se decidió aplicar ANOVA, ya que es la manera más clara y confiable de comparar los cuatro tipos de condiciones evaluadas.

HE1: La aplicación de tres tipos de geomallas incide moderadamente en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024

Tabla 3.

Valores descriptivos de la máxima densidad seca (g/cm³)

Condición del suelo	Media (g/cm³)	N
Suelo Natural (Sin geomalla)	1.901	10
Geomalla uniaxial	1.913	10
Geomalla biaxial	1.924	10
Geomalla triaxial	1.933	10

La densidad seca máxima mostró un patrón de incremento al incorporar geomallas, siendo la geomalla triaxial la que alcanzó los valores más altos.

Tabla 4.

Resultados del ANOVA de un factor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Fisher	Significancia (p)
Entre grupos	0.006	3.00	0.002	5.12	0.005
Dentro de grupos	0.014	36.00	0.0004		
Total	0.020	39.00			

Tabla 5.
Prueba post-hoc (Tukey HSD)

Comparación	Diferencia de medias	Significancia (p)	Interpretación
Suelo Natural – Uniaxial	-0.012	0.08	No significativa
Suelo Natural – Biaxial	-0.023	0.03	Significativa
Suelo Natural – Triaxial	-0.032	0.01	Significativa
Uniaxial – Biaxial	-0.011	0.09	No significativa
Uniaxial – Triaxial	-0.020	0.04	Significativa
Biaxial – Triaxial	-0.009	0.12	No significativa

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias leves pero estadísticamente significativas entre los grupos evaluados ($F(3,36) = 5.12$; $p = 0.005 < 0.05$), atribuibles al comportamiento propio del suelo al interactuar con los diferentes tipos de refuerzo. Posteriormente, la prueba Post-Hoc de Tukey corroboró que las geomallas biaxial y triaxial producen incrementos significativos en la máxima densidad seca en comparación con el suelo natural (sin refuerzo), mientras que la geomalla uniaxial no mostró variaciones relevantes. En consecuencia, se procede al rechazo de la hipótesis nula y a la aceptación de la hipótesis de investigación, lo que confirma que la incorporación de geomallas influye de manera moderada en la máxima densidad seca de los suelos del Centro Poblado La Ensenada, Barranca.

HE2: La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024

CBR (penetración 0.2”)

Tabla 6.
Valores descriptivos del CBR (penetración 0.2”)

Condición del suelo	Media (%)	N
Suelo natural (sin geomalla)	22.3	10
Geomalla uniaxial	26.9	10
Geomalla biaxial	29.7	10
Geomalla triaxial	31.6	10

Tabla 7.
Resultados del ANOVA de un factor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Fisher	Significancia (p)
Entre grupos	210.5	3.00	70.17	12.84	0.00001
Dentro de grupos	196.8	36.00	5.46		
Total	407.3	39.00			

Tabla 8.
Prueba post-hoc (Tukey HSD)

Comparación	Diferencia de medias	Significancia (p)	Interpretación
Natural – Uniaxial	-4.6	0.02	Significativa
Natural – Biaxial	-7.4	0.01	Significativa
Natural – Triaxial	-9.3	0.001	Significativa
Uniaxial – Biaxial	-2.8	0.08	No significativa
Uniaxial – Triaxial	-4.7	0.03	Significativa
Biaxial – Triaxial	-1.9	0.12	No significativa

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de soporte de los suelos reforzados con geomallas ($F(3,36) = 12.84$; $p = 0.00001 < 0.05$). La prueba post-hoc de Tukey corroboró que las geomallas biaxial y triaxial producen incrementos relevantes en el CBR respecto al suelo natural,

mientras que la geomalla uniaxial mostró únicamente un efecto moderado. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación, confirmando que la incorporación de geomallas incrementa de manera significativa la capacidad de soporte de los suelos en La Ensenada, Barranca.

CBR (penetración 0.1”)

Tabla 9.

Valores descriptivos del CBR (penetración 0.1”)

Condición del suelo	Media (%)	N
Suelo natural (sin geomalla)	13.7	10
Geomalla uniaxial	17.0	10
Geomalla biaxial	19.0	10
Geomalla triaxial	21.0	10

Tabla 10.

Resultados del ANOVA de un factor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Fisher	Significancia (p)
Entre grupos	180.2	3	60.07	14.32	0.00001
Dentro de grupos	151.2	36	4.20		
Total	331.4	39			

Tabla 11.
Prueba Post-Hoc (Tukey HSD)

Comparación	Diferencia de medias	Significancia (p)	Interpretación
Natural – Uniaxial	-3.3	0.02	Significativa
Natural – Biaxial	-5.3	0.01	Significativa
Natural – Triaxial	-7.3	0.001	Significativa
Uniaxial – Biaxial	-2.0	0.07	No significativa
Uniaxial – Triaxial	-4.0	0.03	Significativa
Biaxial – Triaxial	-2.0	0.09	No significativa

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de soporte de los suelos reforzados con geomallas ($F(3,36) = 14.32$; $p = 0.00001 < 0.05$). La prueba post-hoc de Tukey corroboró que las geomallas biaxial y triaxial producen incrementos relevantes en el CBR respecto al suelo natural, mientras que la geomalla uniaxial mostró únicamente un efecto moderado. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis de investigación, confirmando que la incorporación de geomallas incrementa de manera significativa la capacidad de soporte de los suelos en La Ensenada, Barranca.

CBR (penetración 95%)

Tabla 12.
Valores descriptivos del CBR (penetración 95%)

Condición del suelo	Media (%)	N
Suelo natural (sin geomalla)	9.33	10
Geomalla uniaxial	11.87	10
Geomalla biaxial	13.50	10
Geomalla triaxial	14.67	10

Tabla 13.
Resultados del ANOVA de un factor

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Fisher	Significancia (p)
Entre grupos	165.4	3	55.13	13.72	0.00001
Dentro de grupos	144.5	36	4.01		
Total	309.9	39			

Tabla 14.
Prueba post-hoc (Tukey HSD)

Comparación	Diferencia de medias	Significancia (p)	Interpretación
Natural – Uniaxial	-2.54	0.02	Significativa
Natural – Biaxial	-4.17	0.01	Significativa
Natural – Triaxial	-5.34	0.001	Significativa
Uniaxial – Biaxial	-1.63	0.07	No significativa
Uniaxial – Triaxial	-2.80	0.03	Significativa
Biaxial – Triaxial	-1.17	0.09	No significativa

El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de soporte de los suelos reforzados con geomallas ($F(3,36) = 13.72$; $p = 0.00001 < 0.05$). La prueba post-hoc de Tukey demostró que las geomallas biaxial y triaxial producen incrementos relevantes en el CBR respecto al suelo natural, mientras que la geomalla uniaxial evidenció únicamente un efecto moderado. Este comportamiento confirma que la incorporación de geomallas incrementa la capacidad portante del suelo, siendo la geomalla triaxial la que ofrece el mayor efecto de mejora. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis de investigación, confirmando que la

incorporación de geomallas incrementa de manera significativa la capacidad de soporte de los suelos en La Ensenada, Barranca.

HE3: La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024

Tabla 15.
Espesores de la estructura del pavimento (cm)

Condición del suelo	Subbase	Base	Carpeta asfáltica	Espesor total
Suelo natural (sin geomalla)	20	20	5	45
Geomalla uniaxial	20	17	5	42
Geomalla biaxial	20	15	5	40
Geomalla triaxial	19	15	5	39

Tabla 16.
Resultados del ANOVA de un factor (espesor total)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	Fisher	Significancia (p)
Entre grupos	78.2	3	26.07	11.25	0.00005
Dentro de grupos	83.4	36	2.31		
Total	161.6	39			

Tabla 17.
Prueba post-hoc (Tukey HSD)

Comparación	Diferencia de medias	Significancia (p)	Interpretación
Natural – Uniaxial	-3	0.02	Significativa
Natural – Biaxial	-5	0.01	Significativa
Natural – Triaxial	-6	0.001	Significativa
Uniaxial – Biaxial	-2	0.07	No significativa
Uniaxial – Triaxial	-3	0.03	Significativa
Biaxial – Triaxial	-1	0.09	No significativa

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas en el espesor total de la estructura del pavimento reforzado con geomallas ($F(3,36) = 11.25$; $p = 0.00005 < 0.05$). La prueba Post-Hoc de Tukey demostró que las geomallas biaxial y triaxial generan una reducción significativa en el espesor de la base respecto al suelo natural, mientras que la geomalla uniaxial mostró únicamente un efecto moderado. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se valida la hipótesis de investigación, confirmando que la incorporación de geomallas contribuye a optimizar el diseño estructural del pavimento en La Ensenada, Barranca. El mayor impacto se obtuvo con la geomalla triaxial, que disminuyó el espesor total de 45 cm (suelo natural) a 39 cm, lo que representa una reducción aproximada del 13 %, evidenciando su mayor eficiencia en condiciones de carga y en el uso de materiales, optimizando el diseño del pavimento.

10.1.3 Análisis económico

El análisis económico se desarrolló tomando como referencia, por un lado, el costo total del pavimento flexible sin refuerzo y por el otro, el resultado que tuvo mayor impacto en la reducción de la estructura de la carpeta asfáltica, el cual es el costo total del pavimento flexible con refuerzo de geomalla triaxial. Los presupuestos que se presentan a continuación, son los presupuestos base de lo que costaría realizar el proyecto de pavimentación sin refuerzo y con refuerzo en el Centro Poblado La Ensenada.

Para este análisis económico, se tomó en cuenta el costo de los insumos actualizados según el Suplemento técnico del mes de marzo de 2025 y de su colocación, se realizó el metrado de las principales partidas correspondientes al diseño de pavimento flexible sin refuerzo y con refuerzo de geomalla triaxial, también, se tomó en cuenta los costos unitarios de las principales partidas involucradas, con los cuales se calculó los costos totales.

Pavimento flexible sin refuerzo

En el presupuesto que se presenta a continuación, se puede apreciar el costo total del pavimento flexible sin refuerzo que según el diseño de pavimentos tiene 45cm de espesor.

PRESUPUESTO REFERENCIAL

REFERENCIA : COMPORTAMIENTO MECANICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024.
 PRESUPUESTO : PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO
 UBICACION : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Total
01	PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO				344,916.75
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				186,986.25
01.01.01	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE C/MAQUINARIA PESADA	m ²	4,125.00	5.22	21,532.50
01.01.02	CONFORMACION DE SUBBASE GRANULARE=0.20 M	m ²	4,125.00	19.71	81,303.75
01.01.03	CONFORMACION DE BASE GRANULARE=0.20 M	m ²	4,125.00	20.40	84,150.00
01.02	OBRAS DE ASFALTO EN PAVIMENTO				157,930.50
01.02.01	IMPRIMACION ASFALTICA	m ²	4,215.00	6.70	28,240.50
01.02.02	CARPETA ASFALTICA e=2.00" (.05 m) EN CALIENTE	m ²	4,125.00	31.44	129,690.00

Costo Directo			344,916.75
Gastos Generales		10.00%	34,491.68
Utilidad		10.00%	34,491.68
Parcial			413,900.11
I.G.V.		18.00%	74,502.02
TOTAL :			488,402.13

[Son: Cuatrocientos ochenta y ocho mil cuatrocientos dos soles con 13/100 céntimos]

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

REFERENCIA : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024.

PRESUPUESTO : PAVIMENTO FLEXIBLE SIN REFUERZO

UBICACION : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

Partida: 01.01.01		Rendimiento: 2000 m ² /día				
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE C/MAQUINARIA PESADA		Costo unit.				5.22
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.16
470020007	PEON	hh	2	0.008	20.22	0.16
MATERIALES						2.47
390020001	AGUA	m ³	-	0.1	3.8	0.38
130020004	YESO BOLSA 28 kg	bol	-	0.095	22	2.09
EQUIPO						2.59
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	1	0.004	227.2	0.91
480010009	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122HP 1500GL	hm	1	0.004	179.81	0.72
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.004	239.48	0.96

Partida: 01.01.02		Rendimiento: 1100 m ² /día				
CONFORMACION DE SUBBASE GRANULAR E=0.20 M		Costo unit.				19.71
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.8
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0073	28.39	0.21
470020007	PEON	hh	4	0.0291	20.22	0.59
MATERIALES						15.83
390020001	AGUA	m ³	-	0.06	3.8	0.23
380010002	MATERIAL GRANULAR CLASIFICADO	m ³	-	0.26	60	15.6
EQUIPO						3.08
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	0.8	0.02
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	0.5	0.0036	227.2	0.82
480031784	CAMION CISTERNA 4x2 AGUA 122 HP 2,000 GAL	hm	0.5	0.0036	136.2	0.49
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0073	239.48	1.75

Partida: 01.01.03		Rendimiento: 1000 m ² /día				
CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=0.20 M		Costo unit.				20.40
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.2
470020001	OPERARIO	hh	1	0.008	28.39	0.23
470020007	PEON	hh	6	0.048	20.22	0.97
MATERIALES						15.79
390020001	AGUA	m ³	-	0.05	3.8	0.19
380010002	MATERIAL GRANULAR CLASIFICADO	m ³	-	0.26	60	15.6
EQUIPO						3.41
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	1.2	0.04
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	0.5	0.004	227.2	0.91
480031784	CAMION CISTERNA 4x2 AGUA 122 HP 2,000 GAL	hm	0.5	0.004	136.2	0.54
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.008	239.48	1.92

Partida: 01.02.01					Rendimiento: 1500 m ² /día	
IMPRIMACION ASFALTICA					Costo unit.	6.70
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.8
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0053	28.39	0.15
470020007	PEON	hh	6	0.032	20.22	0.65
MATERIALES						2.96
130010001	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	-	0.265	10.17	2.7
40010002	AGREGADO FINO ZARANDEADO	m ³	-	0.01	25.72	0.26
EQUIPO						2.94
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	0.8	0.02
490020224	COMPRESORA NEUMATICA DE 150 HP	hm	1	0.0053	239.96	1.27
490010005	CAMION IMPRIMADOR 210 HP 2000 GLN	hm	1	0.0053	236.85	1.26
490010006	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1	0.0053	73.92	0.39

Partida: 01.02.02					Rendimiento: 1200 m ² /día	
CARPETA ASFALTICA e=2.00' (.05 m) EN CALIENTE					Costo unit.	31.44
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.57
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0067	28.39	0.19
470020006	OFICIAL	hh	2	0.0133	22.33	0.3
470020007	PEON	hh	8	0.0533	20.22	1.08
MATERIALES						26.02
130010002	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³	-	0.05	510.17	25.51
40010002	AGREGADO FINO ZARANDEADO	m ³	-	0.02	25.72	0.51
EQUIPO						3.85
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	1.57	0.05
490010008	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP	hm	1	0.0067	198	1.33
490010007	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70/100 HP, 7-9 TON	hm	1	0.0067	144.07	0.97
490010009	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP	hm	1	0.0067	223.4	1.5

Pavimento flexible con geomalla triaxial

En el presupuesto que se presenta a continuación, se puede apreciar el costo total del pavimento flexible con refuerzo de geomalla triaxial con un espesor total de la estructura del pavimento de 39cm.

PRESUPUESTO REFERENCIAL

REFERENCIA : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024.

PRESUPUESTO : PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA TRIAXIAL

UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Total
1.00	<u>PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA TRIAXIAL</u>				360,550.50
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				202,620.00
01.01.01	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE C/MAQUINARIA PESADA	m ²	4,125.00	5.22	21,532.50
01.01.02	GEOMALLA TRIAXIAL PARA REFUERZO DE LA SUBRASANTE	m ²	4,125.00	7.98	32,917.50
01.01.03	CONFORMACION DE SUBBASE GRANULAR E=0.19 M	m ²	4,125.00	18.93	78,086.25
01.01.04	CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=0.15 M	m ²	4,125.00	16.99	70,083.75
01.02	OBRAS DE ASFALTO EN PAVIMENTO				157,930.50
01.02.01	IMPRIMACION ASFALTICA	m ²	4,215.00	6.70	28,240.50
01.02.02	CARPETA ASFALTICA e=2.00" (.05 m) EN CALIENTE	m ²	4,125.00	31.44	129,690.00

Costo Directo	360,550.50
Gastos Generales	10.00% 36,055.05
Utilidad	10.00% 36,055.05
Parcial	432,660.60
I.G.V.	18.00% 77,878.91
TOTAL :	510,539.51

[Son: Quinientos diez mil quinientos treinta y nueve soles con 51/100 céntimos]

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

REFERENCIA : COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024.

PRESUPUESTO : PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO DE GEOMALLA TRIAXIAL

UBICACIÓN : BARRANCA - BARRANCA - LIMA

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
Partida: 01.01.01 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE C/MAQUINARIA PESADA						Rendimiento: 2000 m ² /día
						Costo unit. 5.22
MANO DE OBRA						
470020007	PEON	hh	2	0.008	20.22	0.16
MATERIALES						
390020001	AGUA	m ³	-	0.1	3.8	0.38
130020004	YESO BOLSA 28 kg	bol	-	0.095	22	2.09
EQUIPO						
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	1	0.004	227.2	0.91
480010009	CAMION CISTERNA 4X2(AGUA) 122HP 1500GL	hm	1	0.004	179.81	0.72
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.004	239.48	0.96

Partida: 01.01.02					Rendimiento: 750 m ² /día	
GEOMALLA TRIAXIAL PARA REFUERZO DE LA SUBRASANTE					Costo unit.	7.98
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.52
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0107	28.39	0.3
470020007	PEON	hh	1	0.0107	20.22	0.22
MATERIALES						7.44
300010050	GEOMALLA TRIAXIAL	m ²	-	1.1	6.76	7.44
EQUIPO						0.02
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	0.52	0.02

Partida: 01.01.03					Rendimiento: 1100 m ² /día	
CONFORMACION DE SUBBASE GRANULAR E=0.19 M					Costo unit.	18.93
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.8
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0073	28.39	0.21
470020007	PEON	hh	4	0.0291	20.22	0.59
MATERIALES						15.05
390020001	AGUA	m ³	-	0.06	3.8	0.23
380010002	MATERIAL GRANULAR CLASIFICADO	m ³	-	0.247	60	14.82
EQUIPO						3.08
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	0.8	0.02
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	0.5	0.0036	227.2	0.82
480031784	CAMION CISTERNA 4x2 AGUA 122 HP 2,000 GAL	hm	0.5	0.0036	136.2	0.49
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0073	239.48	1.75

Partida: 01.01.04					Rendimiento: 900 m ² /día	
CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=0.15 M					Costo unit.	16.99
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.33
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0089	28.39	0.25
470020007	PEON	hh	6	0.0533	20.22	1.08
MATERIALES						11.89
390020001	AGUA	m ³	-	0.05	3.8	0.19
380010002	MATERIAL GRANULAR CLASIFICADO	m ³	-	0.195	60	11.7
EQUIPO						3.77
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	1.33	0.04
490010010	RODILLO LISO VIBRAT. AUTOP10-12TN-101-135HP	hm	0.5	0.0044	227.2	1
480031784	CAMION CISTERNA 4x2 AGUA 122 HP 2,000 GAL	hm	0.5	0.0044	136.2	0.6
490022195	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1	0.0089	239.48	2.13

Partida: 01.02.01					Rendimiento: 1500 m ² /día	
IMPRIMACION ASFALTICA					Costo unit.	6.70
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.8
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0053	28.39	0.15
470020007	PEON	hh	6	0.032	20.22	0.65
MATERIALES						2.96
130010001	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gln	-	0.265	10.17	2.7
40010002	AGREGADO FINO ZARANDEADO	m ³	-	0.01	25.72	0.26
EQUIPO						2.94
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	0.8	0.02
490020224	COMPRESORA NEUMATICA DE 150 HP	hm	1	0.0053	239.96	1.27
490010005	CAMION IMPRIMADOR 210 HP 2000 GLN	hm	1	0.0053	236.85	1.26
490010006	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1	0.0053	73.92	0.39

Partida: 01.02.02					Rendimiento: 1200 m ² /día	
CARPETA ASFALTICA e=2.00" (.05 m) EN CALIENTE					Costo unit.	31.44
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.57
470020001	OPERARIO	hh	1	0.0067	28.39	0.19
470020006	OFICIAL	hh	2	0.0133	22.33	0.3
470020007	PEON	hh	8	0.0533	20.22	1.08
MATERIALES						26.02
130010002	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m ³	-	0.05	510.17	25.51
40010002	AGREGADO FINO ZARANDEADO	m ³	-	0.02	25.72	0.51
EQUIPO						3.85
370020001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	-	3	1.57	0.05
490010008	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP	hm	1	0.0067	198	1.33
490010007	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70/100 HP, 7- 9 TON	hm	1	0.0067	144.07	0.97
490010009	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP	hm	1	0.0067	223.4	1.5

Comparación económica

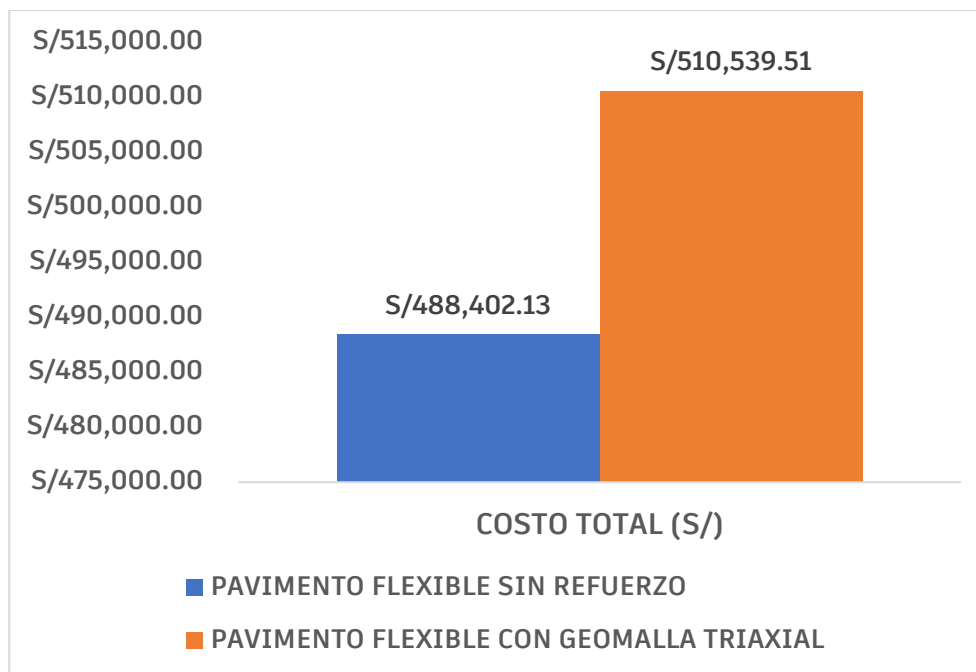
En la siguiente tabla se puede apreciar el costo total para el pavimento flexible sin refuerzo y con refuerzo de geomalla triaxial, según el diseño estimado de la estructura del pavimento con el Método AASHTO 93.

Tabla 18.
Comparación económica

	Pavimento Flexible sin refuerzo	Pavimento flexible con geomalla triaxial
Costo total (S/)	S/ 488,402.13	S/ 510,539.51

Figura 10.

Comparación de costos



La figura 10, muestra que el pavimento flexible para el suelo natural con 45cm de espesor de la estructura del pavimento, tiene un costo menor en comparación con la geomalla triaxial que tiene 39cm de espesor de la estructura del pavimento, esto debido al costo de la geomalla triaxial.

10.2. Discusión

Los resultados alcanzados en este estudio permiten corroborar que la incorporación de geomallas ejerce un impacto significativo sobre las propiedades mecánicas y estructurales de los suelos del centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024. El incremento del índice CBR y la densidad seca máxima, así como la reducción del espesor estructural requerido, son coherentes con estudios previos que documentan la capacidad de las geomallas para mejorar la rigidez y la respuesta a esfuerzos del suelo. El mayor desempeño de la geomalla triaxial se explica por su estructura geométrica, que proporciona una mejor distribución de esfuerzos y un confinamiento más efectivo en múltiples direcciones, lo cual coincide con lo señalado por autores especializados en refuerzo de suelos. A continuación, se presentan los hallazgos en relación con cada hipótesis específica:

Discusión 1: Máxima densidad seca

Se confirmó que la geomalla triaxial permitió un incremento en la MDS de 1.901 gr/cm³ a 1.933 gr/cm³. Este resultado se atribuye a que la geomalla, al interactuar con el suelo, facilita una mejor trabazón entre las partículas durante el proceso de compactación. Este fenómeno es consistente con lo reportado por Vílchez Ruiz (2022), quien también encontró que la inclusión de geomallas favorece la Densidad Seca Máxima en suelos granulares. Por lo tanto, se verifica que la geomalla actúa como un mejorador de la compactación, condición favorable para la base del pavimento.

Discusión 2: Capacidad de soporte (CBR)

La geomalla triaxial resultó ser la más efectiva, elevando el valor del CBR en un 41%, lo que implica una ganancia significativa en capacidad portante. La mejora es resultado del mecanismo de confinamiento lateral que genera la geomalla en la masa del suelo, restringiendo el desplazamiento horizontal del material. Este principio es validado por Baadiga et al. (2021), quienes establecieron que las geomallas incrementan la rigidez del sistema de pavimento, mejorando la resistencia a la deformación bajo carga. Esto confirma el alto potencial de la geomalla triaxial para ser utilizada como solución de refuerzo en subrasantes con capacidad portante limitada.

Discusión 3: Espesor de la estructura del pavimento

La optimización del diseño permitió reducir el espesor total de la estructura del pavimento de 45 cm (sin refuerzo) a 39 cm con la geomalla triaxial. Esta disminución de 6 cm es posible porque la geomalla asume parte de la función estructural, permitiendo que el diseñador sustituya material granular por un refuerzo geotécnico más eficiente. Este ahorro material concuerda con los estudios de Alimohammadi et al. (2021), quienes resaltan que la aplicación de georedes es una estrategia efectiva para reducir los costos de construcción sin comprometer la vida útil del pavimento. En consecuencia, la reducción del espesor no solo valida el desempeño estructural, sino que ofrece una solución económicamente más viable para proyectos viales.

XI.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

1.- La aplicación de tres tipos de geomallas mejora el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024, al incrementar las características del proctor modificado, incrementar las características de soporte del suelo y disminuir el espesor del pavimento con el empleo de las geomallas triaxiales.

2.- La aplicación de tres tipos de geomallas mejora la máxima densidad seca de los suelos en La Ensenada, Barranca. Se obtuvieron valores de 1.901 gr/cm³ para el suelo natural, 1.913 gr/cm³ con geomalla uniaxial, 1.924 gr/cm³ con geomalla biaxial y el máximo de 1.933 gr/cm³ con geomalla triaxial. Esta mejora se debe a que las geomallas actúan como un elemento de confinamiento que reduce la deformación lateral del suelo durante la compactación, permitiendo un reacomodo más eficiente de las partículas. A mayor capacidad de confinamiento —especialmente en las geomallas biaxiales y triaxiales— mayor es la densidad que el suelo puede alcanzar, lo que explica el incremento observado en los valores de densidad seca máxima.

3.- La aplicación de tres tipos de geomallas incrementa la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024. El CBR de 0.2” para el suelo natural obtuvo 22.3%, suelo con geomalla uniaxial de 26.9%, suelo con geomalla biaxial de 29.7% y suelo con geomalla triaxial de 31.6%, mostrando incrementos del 41% con respecto al suelo natural. Cuando se incorporan geomallas triaxiales al suelo mejora su comportamiento frente al ensayo CBR mejora considerablemente. Estas mallas actúan como un refuerzo interno que ayuda a distribuir mejor las cargas, lo que hace que el suelo ofrezca mayor resistencia a la penetración y se deforme menos, reflejando una capacidad de soporte superior.

4.- La aplicación de tres tipos de geomallas reduce en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024. Se obtuvo un espesor del pavimento para el suelo natural de 20 subbase (SB), 20 base (B) y 5 carpeta asfáltica (CA), suelo con geomalla uniaxial tiene 20 SB, 17 B y 5 CA, suelo con geomalla biaxial tiene 20 SB, 15 B y 5 CA y suelo con geomalla triaxial tiene 19 SB,

15 B y 5 CA. El uso de geomallas en el diseño de pavimentos aporta una mejora importante al desempeño estructural del sistema. Estas mallas actúan como refuerzos que ayudan a distribuir de manera más uniforme las cargas del tránsito, lo que reduce la deformación del suelo y previene fallas tempranas. Al colocarse entre las capas del pavimento, especialmente en zonas con suelos débiles, las geomallas fortalecen la estructura y aumentan su capacidad de soporte.

11.2. Recomendaciones

1.- Se recomienda a los diseñadores de infraestructura vial considerar la geomalla triaxial como el elemento de refuerzo óptimo, debido a que demostró el mayor desempeño estructural, logrando el incremento más significativo en la capacidad de soporte (CBR) y la mayor reducción en el espesor total del pavimento (de 45 cm a 39 cm), lo cual optimiza el uso de materiales y reduce los costos constructivos.

2.- Se recomienda que futuras investigaciones desarrollen un análisis comparativo técnico y económico entre el mejoramiento del suelo y el refuerzo con geomallas (especialmente triaxiales) a lo largo de la totalidad de la vía de acceso al centro poblado La Ensenada.

3.- Para futuras investigaciones, se sugiere replicar el estudio explorando variables adicionales, como el espaciamiento óptimo entre capas de geomallas o la combinación de distintos tipos (uniaxial, biaxial y triaxial) a diferentes profundidades, con el objetivo de alcanzar una optimización estructural aún mayor.

4.- Para el diseño de pavimento, se recomienda que este refleje los valores reales encontrados en campo, para brindar una alternativa de solución real a la población de influencia que beneficiaría la tesis.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo El-Naga, I., Elsiragy, M. N., & Ragab, M. (2020). Utilization of synthetic reinforcement for enhancement of oil-contaminated subgrade soil in highway pavement. *Innovative Infrastructure Solutions*, 5(2), 38.
- Akbar, A., Bhat, J. A., & Mir, B. A. (2023). Laboratory Study on Pressure Settlement Behavior of Shallow Foundation on Bitumen Coated Geogrid Reinforced Soil Bed with Varying Percentage of Prestress. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 16(3), 544-562.
- Al-Barqawi, M., Aqel, R., Wayne, M., Titi, H., & Elhajjar, R. (2021). Polymer Geogrids: A Review of Material, Design and Structure Relationships. *Materials*, 14. <https://doi.org/10.3390/ma14164745>.
- Ali, F. (1993). Field behaviour of a geogrid-reinforced slope. *Geotextiles and Geomembranes*, 12, 53-72. [https://doi.org/10.1016/0266-1144\(93\)90036-N](https://doi.org/10.1016/0266-1144(93)90036-N).
- Alimohammadi, H., Schaefer, V. R., Zheng, J., & Li, H. (2021). Performance evaluation of geosynthetic reinforced flexible pavement: a review of full-scale field studies. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14, 30-42.
- Alimohammadi, H., Zheng, J., Schaefer, V. R., Siekmeier, J., & Velasquez, R. (2021). Evaluation of geogrid reinforcement of flexible pavement performance: A review of large-scale laboratory studies. *Transportation Geotechnics*, 27, 100471.
- Alvarez, F. O., & Alzamora, X. (2020). *Refuerzo sísmico en edificaciones de viviendas de adobe para brindar seguridad y sostenibilidad* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3843>
<https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3843>
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Editorial Episteme.
- Assogba, O. C., Tan, Y., Zhou, X., Zhang, C., & Anato, J. N. (2020). Numerical investigation of the mechanical response of semi-rigid base asphalt pavement under traffic load and nonlinear temperature gradient effect. *Construction and Building Materials*, 235, 117406.
- Baadiga, R., Balunaini, U., Saride, S., & Madhav, M. R. (2021). Effect of geogrid type and subgrade strength on the traffic benefit ratio of flexible pavements. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 1-31.

- Baadiga, R., Balunaini, U., Saride, S., & Madhav, M. R. (2021). Influence of geogrid properties on rutting and stress distribution in reinforced flexible pavements under repetitive wheel loading. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(12), 04021338.
- Bautista, H. O., & Quispe, E. F. (2022). *Análisis comparativo entre el diseño de pavimento flexible tradicional y el pavimento flexible reforzado con geomallas*, Moquegua [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104293>
- Bildik, S., & Laman, M. (2020). Effect of geogrid reinforcement on soil-structure-pipe interaction in terms of bearing capacity, settlement and stress distribution. *Geotextiles and Geomembranes*, 48(6), 844-853.
- Caballero, E., & Colchado, M. A. (2022). *Diseño de un pavimento flexible utilizando geomalla como refuerzo en la subrasante para la infraestructura vial Parcoy-Llacuabamba, Pataz* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/32575>
- Challco, Y. N. (2022). *Análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales TriAX TX 130S, carretera Panamericana Norte, tramo: km 499+ 000 al 503 + 000, distrito Chao, Trujillo, departamento La Libertad* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/32384>
- Chen, X., Jahanbakhsh, H., & Gudipudi, P. (2021). Multidimensional comparative analysis of future climate change impacts on road infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, 103123. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103123>
- Chen, J. F., Gu, Z. A., Rajesh, S., & Yu, S. B. (2021). Pullout Behavior of triaxial geogrid embedded in a transparent soil. *International Journal of Geomechanics*, 21(3), 04021003.
- Choi, S., & Do, M. (2019). Development of the road pavement deterioration model based on the deep learning method. *Electronics*, 9(1), 3.
- Comisión Organizadora UNAB. (2023). Reglamento de Investigación de la Universidad Nacional de Barranca. Barranca, Perú.

- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2019). Código Nacional de la Integridad Científica.
- Cuicapuza, J. S. (2022). *Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabayllo* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97457>
- Díaz, E. A. (2021). *Uso de geomallas multiaxiales como refuerzo en vías sin pavimentar con suelos blandos o subrasantes débiles* [Tesis de grado, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio Institucional de la Universidad Antonio Nariño. <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/397e72e7-2a10-4f77-a73d-9208dcf9e8df/content>
- Deng, Y., Luo, X., Gu, F., Zhang, Y., & Lytton, R. L. (2019). 3D simulation of deflection basin of pavements under high-speed moving loads. *Construction and Building Materials*, 226, 868-878.
- DeJong, J. T., Soga, K., Kavazanjian, E., Burns, S. E., Paassen, L. A. v., Qabany, A. A., ... & Weaver, T. J. (2013). Biogeochemical processes and geotechnical applications: progress, opportunities and challenges. *Géotechnique*, 63(4), 287-301. <https://doi.org/10.1680/geot.sip13.p.017>
- Du, C., Niu, B., Wang, L., Yi, F., & Liang, L. (2022). Experimental study of reasonable mesh size of geogrid reinforced tailings. *Scientific Reports*, 12(1), 10037.
- Fathi, A., Mazari, M., Saghafi, M., Hosseini, A., & Kumar, S. (2019). Parametric study of pavement deterioration using machine learning algorithms. In *International Airfield and Highway Pavements Conference 2019* (pp. 31-41). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Gong, M., Xiong, Z., Chen, H., Deng, C., Chen, X., Yang, J., ... & Hong, J. (2019). Evaluation on the cracking resistance of semi-flexible pavement mixture by laboratory research and field validation. *Construction and Building Materials*, 207, 387-395.
- Gopalan, M., Rosinger, K., & Ahn, J. Bin. (2020). Use of Quasi-Experimental Research Designs in Education Research: Growth, Promise, and Challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 218-243. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903302>

- Goud, G. N., Mouli, S. S., Umashankar, B., Sireesh, S., & Madhira, R. M. (2020). Design and sustainability aspects of geogrid-reinforced flexible pavements—An Indian perspective. *Frontiers in Built Environment*, 6, 71.
- Goud, G. N., Ramu, B., Umashankar, B., Sireesh, S., & Madhav, M. R. (2022). Evaluation of layer coefficient ratios for geogrid-reinforced bases of flexible pavements. *Road Materials and Pavement Design*, 23(1), 199-210.
- Guevara, G. R., & Cieza Sánchez, E. (2024). *Factores que influyen en el deterioro de carreteras sin pavimentar: Una revisión*. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 7(2), 262–275. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2024v7n2p262>
- Guo, M., & Zhou, X. (2019). Tire-pavement contact stress characteristics and critical slip ratio at multiple working conditions. *Advances in Materials Science and Engineering*, 5(1), 34-45
- Gutierrez W. (2013). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado, 6925. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/5834>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hennink, M., & Kaiser, B. N. (2022). Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. *Social Science & Medicine*, 292, 114523. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114523>
- Horna, C. A., & Vasquez, V. E. (2019). *Determinación de la resistencia del pavimento, criterios de falla y propuesta de mejoramiento, utilizando el software Kenpave, en la av. Teodoro Valcárcel, Trujillo-La Libertad* [Tesis de grado, Universidad Antenor Orrego]. Repositorio Institucional de la Universidad Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5401>
- Huamani, F. E. (2021). *Instalación de la geomalla biaxial para mejorar las propiedades de la sub rasante de la Av. Amazonas–Pachacutec, Ventanilla* [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/126079>
- Huamaní, O. A. (2022). *Estabilización de base granular con refuerzo de geomallas en el Distrito de Chilca – Huancayo* [Tesis de maestría, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Peruana Los Andes. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3591>
- Hussain, I., Ali, B., Akhtar, T., Jameel, M. S., & Raza, S. S. (2020). Comparison of mechanical properties of concrete and design thickness of pavement with different

types of fiber-reinforcements (steel, glass, and polypropylene). *Case studies in construction materials*, 13, e00429.

- Iñiguez, J. B. (2021). Análisis de esfuerzos en pavimentos de concreto tipo whitetopping: caso de estudio vía Biblián-Zhud. *Maskana*, 12(2), 80-87.
- Jawad, Z. H., & Shakir, R. R. (2021, February). *Behavior of foundation rested on geogrid-reinforced soil: a review*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1094(1) p. 012110. IOP Publishing.
- Jayalath, C. P. G., Wimalasena, K., & Gallage, C. (2022). Small-Scale Cyclic Loading Test to Investigate the Rutting Performance of Geogrid-Reinforced Unpaved Pavements. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 1-21.
- Jiang, G. P., Fang, S. Q., Chen, F. Q., & Chen, H. B. (2023). Dual-Beam Mathematical Model for Mechanical Response of Buried Pipeline and Pavement Structures Subjected to Ground Subsidence. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 14(4), 04023037.
- Karimzadeh, S., & Matsuoka, M. (2020). Remote Sensing X-Band SAR Data for land subsidence and pavement monitoring. *Sensors*, 20(17), 4751.
- Li, J., Xiao, F., Zhang, L., & Amirkhanian, S. N. (2019). Life cycle assessment and life cycle cost analysis of recycled solid waste materials in highway pavement: A review. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1182-1206.
- Ling, M., Luo, X., Chen, Y., Hu, S., & Lytton, R. L. (2019). A calibrated mechanics-based model for top-down cracking of asphalt pavements. *Construction and Building Materials*, 208, 102-112.
- Liu, F. Y., Ying, M. J., Yuan, G. H., Wang, J., Gao, Z. Y., & Ni, J. F. (2021). Particle shape effects on the cyclic shear behaviour of the soil–geogrid interface. *Geotextiles and Geomembranes*, 49(4), 991-1003.
- Mahajan, G. R., Radhika, B., & Biligiri, K. P. (2022). A critical review of vehicle-pavement interaction mechanism in evaluating flexible pavement performance characteristics. *Road Materials and Pavement Design*, 23(4), 735-769.
- Maier, C., Thatcher, J. B., Grover, V., & Dwivedi, Y. K. (2023). Cross-sectional research: A critical perspective, use cases, and recommendations for IS research. *International Journal of Information Management*, 70, 102625
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102625>

- Marín, N., & Evangelista, G. (2021). Influencia de la resistencia del suelo mejorado en el diseño de losa de cimentación mediante un modelo de interacción suelo estructura. *Ciencia, Tecnología e Innovación.*, 8 (2), 159-172 .
- Martínez, L., & Rojas, P. (2020). *Instrumentos de recolección de datos en laboratorios de ingeniería: el caso de las fichas de observación*. Revista Científica de Ingeniería, 12(2), 45–52. <https://doi.org/10.1234/rcing.v12i2.2020>
- Meyer, G., Shatto, B., Kuljeerung, O., Nuccio, L., Bergen, A., & Wilson, C. R. (2020). Exploring the relationship between resilience and grit among nursing students: A correlational research study. *Nurse Education Today*, 84, 104246. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.104246>
- Mendoza, L., & Ramírez, C. (2020). Evaluación cuantitativa del comportamiento de mezclas asfálticas con aditivos reciclados. *Revista de Ingeniería Civil y Ambiental*, 12(1), 45–52. <https://doi.org/10.1234/rica.v12i1.5678>
- Mukherjee, S., & Pai, S. (2019). Use of Triaxial GeoGrids for subgrade stabilisation and pavement optimisation. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 5, 191-195.
- Observatorio ESAN. (2022). Los desafíos actuales de la infraestructura vial en Perú: Propuestas de cierre de brechas. Universidad ESAN. https://observatorio.esan.edu.pe/descargables/los-desafios-actuales-de-la-infraestructura-vial-en-peru-propuestas-de-cierre-de-brechas/?utm_source=chatgpt.com
- Ren, X., Zhao, X., Zheng, C., Song, L., Liu, J., & Si, Z. (2022). Research on the mechanical properties and stretch forming simulation of triaxial geogrid with different pre-punched hole diameters. *Polymers*, 14(13), 2594. <https://doi.org/10.3390/polym14132594>
- Rudd, G., Meissel, K., & Meyer, F. (2021). Measuring academic resilience in quantitative research: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 34, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100402>
- Sánchez, R. (2005) Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombri compuesto de cachaza y estiércol. *Interciencia*, 30 (12)
- Sadeghi, J., Kian, A. R. T., Ghiasinejad, H., Moqaddam, M. F., & Motevalli, S. (2020). Effectiveness of geogrid reinforcement in improvement of mechanical behavior of sand-contaminated ballast. *Geotextiles and Geomembranes*, 48(6), 768-779.

- Siegmund, D., Metz, S., Peinecke, V., Warner, T. E., Cremers, C., Grevé, A., Smolinka, T., Segets, D., & Apfel, U.-P. (2021). Crossing the Valley of Death: From Fundamental to Applied Research in Electrolysis. *JACS Au*, 1(5), 527–535. <https://doi.org/10.1021/jacsau.1c00092>
- Silva, G, Lima H., Campanha, M., Gilkes, R., Oliveira, T. (2011). Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. *Geoderma*, 167-168: 61-70.
- Stratton, S. J. (2021). Population Research: Convenience Sampling Strategies. *Prehospital and Disaster Medicine*, 36(4), 373–374. <https://doi.org/10.1017/S1049023X21000649>
- Sudarsanan, N., & Kim, Y. R. (2022). A critical review of the fatigue life prediction of asphalt mixtures and pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*.
- Torres, M. A. (2019). *Técnicas de procesamiento de información en investigaciones mixtas en ingeniería educativa* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/1234>
- Vásquez, M. A., Ramírez, L. J., & Peña, D. F. (2021). Efecto de una estrategia didáctica innovadora en el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería: un diseño cuasiexperimental. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 23(2), 1–15. <https://doi.org/10.24320/redie.2021.23.e02.3221>
- Vilchez Ruiz, N. W. (2022). *Comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con inclusión de geomallas biaxiales y triaxiales en el ensayo Proctor modificado* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11513>
- Wang, J., Xiao, F., & Zhao, H. (2021). Thermoelectric, piezoelectric and photovoltaic harvesting technologies for pavement engineering. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111522.
- Xiao, D. X., Adil, G., Kevern, J., & Owusu-Ababio, S. (2021). Field Performance of Concrete Pavement Joints Protected by Silane Sealer: Case Study. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 35(6), 04021089.

- Xu, G., Chen, Z., Li, X., Lu, G., Dong, D., & Liu, Z. (2020). Simple prediction model for plastic deformation of graded crushed stone base for flexible pavement. *Materials and Structures*, 53, 1-16.
- Zeng, L., Xiao, L., Zhang, J., & Fu, H. (2020). The role of nanotechnology in subgrade and pavement engineering: a review. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 20(8), 4607-4618.
- Zhang, Y., Luo, X., Deng, Y., Hou, S., Shi, X., & Lytton, R. L. (2020). Evaluation of rutting potential of flexible pavement structures using energy-based pseudo variables. *Construction and Building Materials*, 247, 118391.
- Zhao, J. B., Li, J., Bai, X. H., Miao, C. X., & Zhang, J. (2020). Influence of particle orientation on the performance of geogrid reinforced ballast. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020, 1-12.
- Zhao, Z., Jiang, J., Ni, F., Dong, Q., Ding, J., & Ma, X. (2020). Factors affecting the rutting resistance of asphalt pavement based on the field cores using multi-sequenced repeated loading test. *Construction and Building Materials*, 253, 118902.
- Zhao, Z., Xu, L., Guan, X., Li, X., & Xiao, F. (2022). Rutting and strain characteristics of rubberized asphalt pavement based on accelerated pavement tester. *Journal of Cleaner Production*, 376, 134219.
- Zheng, G. (2020). Effectiveness of geogrids in roadway construction by large scale laboratory tests. . <https://doi.org/10.31274/etd-20200902-178>.
- Zhu, J., Ma, T., Fan, J., Fang, Z., Chen, T., & Zhou, Y. (2020). *Experimental study of high modulus asphalt mixture containing reclaimed asphalt pavement*. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121447.
- Zuzulova, A., Grosek, J., & Janku, M. (2020). Experimental laboratory testing on behavior of dowels in concrete pavements. *Materials*, 13(10), 2343.

XIII.ANEXOS

ANEXO N° 1: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Metodología
¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?	Evaluar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.	La aplicación de tres tipos de geomallas incide significativamente en el comportamiento mecánico de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.	<p>Cuantitativa I</p> <p>Comportamiento mecánico de suelos</p>	<p>- Tipos: Uniaxial, biaxial, triaxial.</p> <p>-Material: Polipropileno</p> <p>- Máxima densidad seca</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Diseño: Cuasi experimental</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Población: 0.75 Km de la vía de acceso al centro poblado La Ensenada</p> <p>Muestra: 3 calicatas distribuidas estratégicamente</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos			
<p>¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?</p> <p>¿En qué medida la aplicación de tres tipos de geomallas varía en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?</p> <p>¿De qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas varía en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024?</p>	<p>Determinar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas incide en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p> <p>Determinar en qué medida la aplicación de tres tipos de geomallas varía en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p> <p>Determinar de qué manera la aplicación de tres tipos de geomallas varía en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p>	<p>La aplicación de tres tipos de geomallas incide moderadamente en la máxima densidad seca de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p> <p>La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en la capacidad de soporte de suelos en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p> <p>La aplicación de tres tipos de geomallas varía significativamente en el espesor de la estructura del pavimento en el centro poblado La Ensenada, Barranca, 2024.</p>			

ANEXO N° 2: Panel fotográfico



Foto 01: Inspección de vía de estudio.



Foto 2: Ubicación de Calicata N° 1.



Foto 3: Ubicación de Calicata N° 2.



Foto 04: Ubicación de Calicata N° 3.



Foto 5: Características de geomalla uniaxial.



Foto 6: Características de geomalla biaxial.

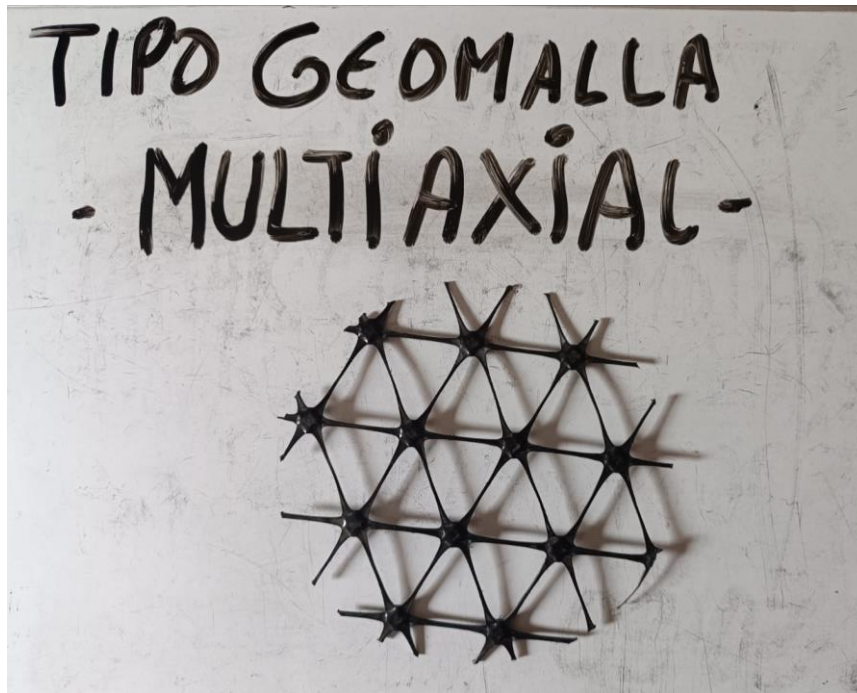


Foto 7: Características de geomalla triaxial.



Foto 8: Geomallas empleadas en estudio.



Foto 9: Ensayo de análisis granulométrico.



Foto 10: Peso de material de suelo tamizado.



Foto 11: Ensayo de límites de consistencia (Límite líquido).



Foto 12: Ensayo de límites de consistencia (Límite plástico).



Foto 13: Ensayo de proctor modificado.



Foto 14: Colocación de capas para ensayo CBR con geomalla uniaxial.



Foto 15: Colocación de geomalla biaxial para ensayo CBR.



Foto 16: Colocación de capas para ensayo CBR con geomalla biaxial.



Foto 17: Colocación de geomalla triaxial para ensayo CBR.



Foto 18: Colocación de capas para ensayo CBR con geomalla triaxial.

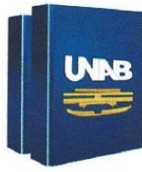


Foto 19: Ensayo CBR realizado por investigadores.



Foto 20: Determinación de penetración en CBR.

ANEXO N° 3: Análisis de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
(FINES DE ESTUDIO)**

PROYECTO:

"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE
GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

TESISTAS:

- BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE
- GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO

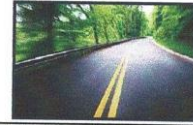
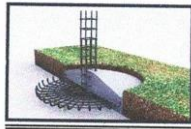
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

UBICACIÓN:

DISTRITO DE BARRANCA
PROVINCIA DE BARRANCA
DEPARTAMENTO DE LIMA

BARRANCA – PERÚ 2025



ÍNDICE

- 1.0 GENERALIDADES.**
 - 1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.
 - 1.2 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.
 - 1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA
 - 1.4 ALTITUD DE LA ZONA EN ESTUDIO
 - 1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
 - 1.6 NORMATIVIDAD

- 2.0 GEOMORFOLOGIA – GEOLOGIA.**
 - 2.1 GEOMORFOLOGIA
 - 2.2 GEOLOGIA.
 - 2.3 SISMICIDAD.

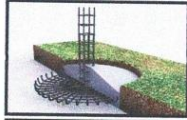
- 3.0 INVESTIGACION EFECTUADAS.**
 - 3.1 TRABAJOS DE CAMPO.
 - 3.1.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS
 - 3.1.2 RESUMEN DE EXCAVACIONES.
 - 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.
 - 3.2.1 ENSAYOS ESTÁNDAR
 - 3.2.2 CUADRO DE ENSAYOS ESTANDAR
 - 3.2.3 CUADRO DE ENSAYOS ESPECIALES.
 - 3.2.4 CLASIFICACION DE SUELOS.
 - 3.2.5 CUADRO DE RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR.
 - 3.2.6 CUADRO DE RESULTADOS DE ENSAYOS ESPECIALES.

- 4.0 DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.**

- 5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
 - ANEXO 1 : CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.
 - ANEXO 2 : PANEL FOTOGRAFICO
 - ANEZO 3 : UBICACIÓN DE CALICATAS


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

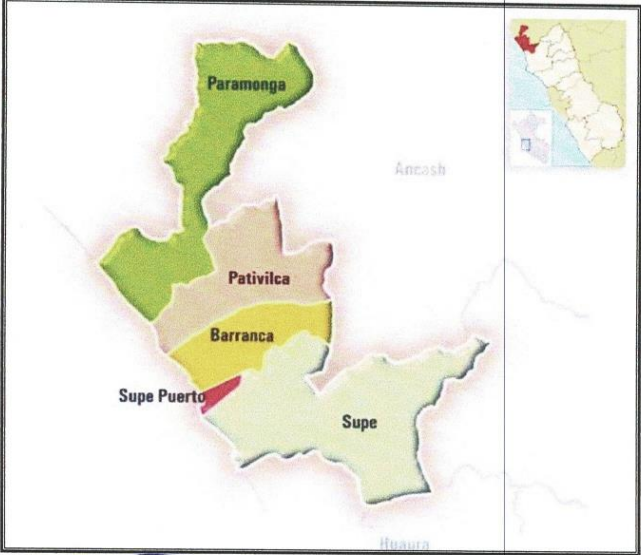

ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

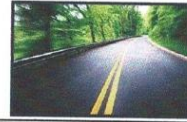
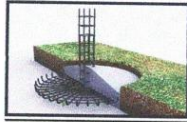


AREA DE ESTUDIO



Raul J. Leon Campos
RAUL JERGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



INFORME TÉCNICO

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El presente Informe Técnico tiene por objeto investigar el subsuelo del terreno asignado para el Comportamiento Mecánico de Suelos con Tres Tipos de Geomalla en el Centro Poblado La Ensenada. Por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "a cielo abierto", ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia y deformación y la agresividad química de sus componentes.

El programa seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Toma de Muestras Disturbadas.
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Ensayos Especiales.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio
- Perfil stratigráfico.
- Análisis de la cimentación.
- Conclusiones y Recomendaciones

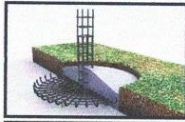
1.2 UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área del proyecto se encuentra ubicado en el Centro Poblado La Ensenada del Distrito de Barranca.

- Centro Poblado La Ensenada.
- Distrito de Barranca.
- Provincia de Barranca.
- Departamento de Lima.


PAUL JORGE LEON CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 82920
INGENIERO CIVIL



1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA.

La temperatura máxima media es de 29.7 °C, correspondiente al mes de marzo, y la temperatura mínima media es de 13.1 °C, en el mes de julio. La humedad relativa media en los meses de verano es de 72%. Asimismo, la evaporación total mensual está comprendida en el rango 222 mm y 71 mm, alcanzando su valor más alto en el período de verano. Su clima esta determinado por la latitud; su relieve y la corriente de Humboldt en la costa; el clima es cálido y en la sierra es templada. La temperatura media más alta, varía desde 21. 0° C hasta 30. 0° C en el mes de febrero, apreciándose el efecto termorregulador de las aguas del mar, en el sentido de que las temperaturas se presentan moderadas

1.4 ALTITUD DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona en estudio, se encuentra a 136 msnm promedio aproximado.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

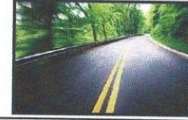
El Proyecto consiste en el Comportamiento Mecánico de Suelos con Tres Tipos de Geomalla (Uni axial, Biaxial y Triaxial) en el Centro Poblado La Ensenada.

1.6 NORMATIVIDAD.

El presente informe está en concordancia con la Norma Técnica: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC en concordancia con la Norma Técnica CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 62920
INGENIERO CIVIL



2.0 GEOMORFOLOGIA - GEOLOGÍA

Para los estudios geomorfológicos, geológicos y geodinámicos, se ha hecho uso de la base topográfica digital a escala 1/100,000 adquiridos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), la misma que fue complementada con la topografía digital obtenida a partir del Modelo Digital de Elevación (MED) con una resolución de 30 metros (www.astergdem.com). Esta información ha sido georeferenciada en el Sistema de Información Geográfica (SIG) considerando el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) y datum WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial, 1984), Zona 18-S.


2.1 GEOMORFOLOGIA.

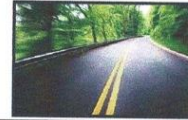
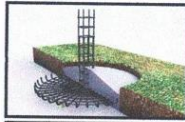
Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio son el resultado del modelado geológico causado por eventos tectónicos y procesos de geodinámica superficial. Para la identificación de las distintas geoformas presentes en el área de estudio se ha considerado el Modelo Digital del Terreno (MDT) y el mapa de pendientes. En base al MDT, la ciudad de Barranca se asienta sobre una llanura aluvial con una cota promedio de 25 m.s.n.m. (Figura 01). En los alrededores del área, hacia su extremo este, se observa la presencia de montañas que sobrepasan los 100 m.s.n.m. La topografía de la zona es plana, presenta una Geomorfología continua, se ubica en la unidad Geomorfológica denominada planicies costeras, que se caracteriza por tener relieve planos y constantes.

2.1.1 PENDIENTES.

El mapa de pendientes permite identificar las distintas geoformas presentes en el terreno en base a la aplicación del algoritmo Spatial Analyst del software SIG, usando como archivo fuente el MDT generado para el área de estudio. La ciudad de Barranca se encuentra asentada sobre una llanura cuyas pendientes presentan inclinaciones del orden de 5° en promedio.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



2.1.2 UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.

El distrito y ciudad de Barranca se encuentra emplazado sobre una llanura aluvial del río Pativilca, siendo posible reconocer las siguientes unidades geomorfológicas.

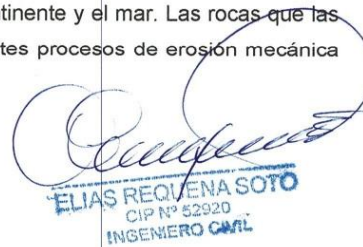
- Llanura Aluvial: Esta unidad es representada por un relieve plano compuesto por materiales que han sido acarreados y depositados por el río Pativilca. Sobre estos depósitos se encuentra el casco urbano y los terrenos agrícolas.

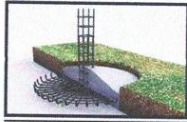
- Colinas: A esta unidad pertenecen las colinas y cerros de poca elevación que bordean a la ciudad, siendo ondulados y poco agrestes con pendientes que varían entre 20° a 30° y elevaciones de 50 a 200 m.s.n.m. Esta unidad está generalmente cubierta por capas de arena eólica y material coluvial, siendo el substrato de naturaleza volcánica. La unidad es modelada por agentes erosivos (intemperismo y meteorización), siendo el viento y la erosión marina los más recurrentes. En el borde litoral están presentes los cerros Chorrillos, Colorado y Atrarraya, este último ha sido aprovechado como área urbana; mientras que, el Cerro Colorado por su ubicación geográfica divide a las playas Chorrillos, Miraflores y puerto Chico de las playas Colorado, Bandurria y Atrarraya.

Hacia el extremo Sureste de la ciudad se encuentran los cerros conocidos como Buena Vista y Molino, ambos con altitudes de 100 m aproximadamente y cubiertos por material tipo coluvial. La forma del relieve de estos cerros es controlada por la actividad eólica y antrópica como el emplazamiento de viviendas.

- Acantilados: Estas unidades presentan laderas abruptas y son parte de una zona de transición entre el continente y el mar. Las rocas que las constituyen están sometidas a diferentes procesos de erosión mecánica y meteorización física y química.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP Nº 52920
INGENIERO CIVIL



La erosión por parte del mar se realiza por acción hidráulica (desgaste causado por la dinámica marina: oleaje), abrasión y disolución.

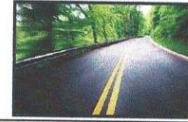
En la ciudad de Barranca, los acantilados son reconocidos en los cerros Colorado, Atrarraya y Chorrillos, todos con pendiente subvertical y alturas promedio de 50 metros. En esta zona también se identificó la presencia de un arco marino y una plataforma de abrasión.

- Terrazas: Estas unidades son parte de las llanuras de inundación que están por encima del nivel máximo de las aguas de un río y son el resultado de la incisión de ellos mismos. La unidad se encuentra presente en el extremo norte de la ciudad y consiste en una superficie plana conformada por depósitos fluviales de 2 metros de altura y una longitud aproximada de 7.84 km. Su relieve es modificado por la erosión fluvial del río Pativilca, la inundación y la actividad antrópica (Figura 09).

- Playa: Las playas son acumulaciones de arena, grava o mezcla de ambas, situadas en el límite entre el mar y el continente, siendo el resultado de una dinámica en la cual interviene fundamentalmente el oleaje. La unidad está constituida por sedimentos cuyo origen es muy variado: fluvial, erosión de los acantilados, sedimentos de fondo marino, eólico, a los que se le incluyen los resultantes por actividades antrópicas. En la zona costera de la ciudad de Barranca, se tiene a las playas Chorrillos, Miraflores y Puerto Chico, todas ubicadas a distancias, desde la Plaza de Armas, del orden de 800 a 1200 metros. En dirección Sur se encuentran las playas Colorado y Bandurria, limitando con el cerro Atrarraya. Estas dos playas se encuentran separadas de las anteriores por el cerro Colorado y se encuentran a una distancia aproximada de 2000 metros de la Plaza de Armas de la ciudad.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 62920
INGENIERO CIVIL



2.2 GEOLOGIA.

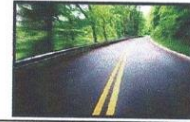
Como información de base se consideró el Cuadrángulo Geológico de Barranca editada por INGEMMET a escala 1/100,000 (Boletín N°26, Hoja: 22-h). En general, se observa que el área de estudio se emplaza sobre afloramientos de la Formación Casma, constituida por derrames andesíticos de grano fino perteneciente Cretáceo Inferior. En la secuencia estratigráfica le siguen depósitos del Cuaternario como Aluviales del pleistoceno (Qp-al2), constituidos por gravas angulosas en una matriz areno limosa (Tabla 1). Asimismo, afloran depósitos coluvio-aluviales constituidos por gravas angulosas, arenas y limos. Continuando con la serie del Pleistoceno se tienen los depósitos eólicos (Qp-e) conformados por arenas de grano medio a fino. También se puede encontrar afloramientos del Cuaternario Reciente, entre ellos, depósitos aluviales (Qr-al) con mezcla de gravas, arenas, limos y arcillas, seguida de depósitos fluviales (Qr-fl) presentes en el cauce del río Pativilca.

Tabla 1: Cronoestratigrafía y lito-estratigrafía de la zona en donde se encuentra la ciudad de Barranca

CRONOESTRATIGRAFIA			LITOESTRATIGRAFIA	
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	LITOLOGIA
			ESTRATIGRAFICA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Antropogénicos	Qr-d
			Depósitos Marinos	Qr-m
			Depósitos Fluvial	Qr-fl
			Depósitos Aluvial	Qr-al
		PLEISTOCENO	Depósitos Eólicos	Qp-e
			Depósitos Coluvio-Aluvial	Qp-coal
			Depósitos Aluviales 2	Qp-al2
			MESOZOICO	CRETACEO

Raul J. Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL



✓ **Rocas Volcánicas**

Las rocas volcánicas son parte de la Formación Casma y afloran en el cerro Colorado ubicado en el extremo Suroeste de la ciudad de Barranca (Figura 12). Estas rocas corresponden a una serie de volcánicos pseudo estratificados, conformados por derrames delgados de andesitas masivas de grano fino intercaladas con grauvacas de color grisáceo de grano medio ligeramente oxidado. En algunas secuencias se puede evidenciar la presencia de capas calcáreas en la parte inferior del cerro Colorado y en la playa Chorrillos ubicada al Oeste del de la ciudad de Barranca, además del A.H. Pucúán ubicado al Noreste de la ciudad de estudio. En el extremo NE de la ciudad afloran derrames de andesitas masivas, de grano fino bien estratificado, con areniscas cuarzosas blancas a rojizas interestratificada con limo arcillitas rojas.

✓ **Depósitos Cuaternarios**

- Depósitos Aluviales (Qp-al 2): Se encuentran en la margen izquierda del río Pativilca y sobre ellos se asienta el 60% de la población de Barranca. Están conformados por acumulaciones de bloques y gravas angulosas a redondeadas, de origen ígneo, distribuidas en matriz de arenas, limo y arcilla.

Esta unidad se encuentra formando diferentes niveles de terrazas y conos de deyección de color parduzco, con espesores variables que van de 1 a 25 metros, seguida de una secuencia de arcillas limosas con espesor variable desde 0.15 a 1.20 m, sobre la cual se encuentran asentadas las zonas de cultivo y centros poblados.

- Depósitos Coluvio-Aluviales (Qr-coal): Depósitos formados por la acción conjunta del agua y la gravedad. Ambos transportan sedimentos a distancias cortas y que se acumulan en la parte baja de las laderas y en las superficies de pendiente baja. Consisten de clastos angulosos, con matriz de arena y limo, tienen una incipiente estratificación entre los materiales.

- Depósitos Eólicos (Qr-e): Se encuentran presentes en el extremo Este de la ciudad de Barranca y están constituidos por arenas de grano fino a medio y se presentan como mantos de arena de grosor variable o como pequeños barjanes (dunas solitarias en forma de media luna) en movimiento con dirección predominante Noreste. Los depósitos eólicos están presentes en las inmediaciones de los cerros Barranquito (Pampa Velarde), Pampa Chiu Chiu en el Poblado de Santa Elena y también en el sector los Arenales.

RAUL TORRE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



.- **Depósitos Aluviales (Qr-al):** Se han formado por acción de los ríos que drenan a la vertiente occidental andina para erosionar rocas antiguas. El río Pativilca acumula los materiales en la parte baja de su vertiente distribuyendo los materiales finos (arcilla y limo) y gruesos (grava y arena). Estas acumulaciones están presentes en la margen izquierda del río Pativilca, al extremo Noreste de la ciudad de Barranca, desde el puente Bolívar hasta aguas arriba. Están constituidos por capas de grava gruesa a fina, bien clasificados: arenas, arcillas y limos.

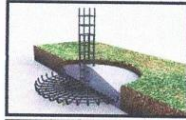
.- **Depósitos Fluviales (Qr-fl):** Depósitos que se encuentran ubicados en el extremo Noreste de la ciudad de Barranca, en las inmediaciones del río Pativilca. Están compuestos por gravas de origen ígneo, volcánico y sedimentario, de diferentes tamaños y envueltos en una matriz arenosa, con una distribución irregular.

.- **Depósitos Marinos (Qr-m):** Se encuentran emplazados en el extremo Oeste de la ciudad de Barranca, a lo largo del litoral y están conformando las principales playas de a provincia. Se trata de depósitos constituidos por materiales predominantemente arenosos, transportados y acumulados por corrientes marinas y por materiales que resultan de la destrucción del acantilado por acción erosiva del mar.

.- **Depósitos Antropogénicos (Qr-D):** Corresponden a depósitos generados por el hombre y en general, están conformados por desmonte y restos de escombros de viviendas, así como por material de corte y relleno. Estos depósitos se encuentran repartidos, mayormente en la parte superior de los acantilados en el tramo PlayaChocoy - Cerro Chorrillos y en forma dispersa, en la parte del Balneario Chorrillos y Puerto Chico. Asimismo, estos depósitos antropogénicos se encuentran relleno de depresiones producto de la erosión del suelo, lo cual modifica la forma y relieve del terreno original, hasta llegar a conformar terraplenes que son utilizados para habilitaciones urbanas.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



2.3 SISMICIDAD.

La ciudad de Barranca se encuentra ubicada en el borde occidental de la región central del Perú; por lo tanto, ha sido, es y será afectada en el tiempo por sismos de variada magnitud que pueden o no causar daños en superficie. Desde este punto de vista, es importante conocer las características de la actividad sísmica en la región, así como estimar de manera probabilística los posibles valores de aceleración a presentarse en el futuro ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud. Del mismo, es necesario conocer los posibles escenarios a presentarse en la zona costera ante la ocurrencia de un tsunami de carácter local.

✓ Sismicidad Regional

El borde occidental del Perú, se constituye como la principal fuente generadora de sismos y tsunamis, siendo los de mayor magnitud los que han causado grandes niveles de daños y pérdidas de vidas humanas. Dentro de este contexto, el borde occidental de la región central presenta actividad sísmica de tipo superficial (profundidad menor a 60 km) e intermedia (profundidad entre 61 y 350 km), siendo los primeros de mayor peligro debido a que frecuentemente alcanzan magnitudes elevadas y al tener sus focos cerca de la superficie, producen daños y efectos importantes en las ciudades costeras (Figura 14). Una de estas ciudades es Barranca y según información contenida en el catálogo sísmico del Perú, fueron los sismos de 1940 (8.0Mw), 1966 (7.5Mw), 1970 (7.7Mw), 1974 (7.5Mw) y 1996 (7.7Mw) los que causaron mayores niveles de daño en la ciudad, principalmente en construcciones precarias de adobe y quincha, además de algunos escenarios de licuación de suelos. En la Figura 15, se presenta el mapa de intensidades correspondiente al sismo del 24 de Mayo de 1940, el de mayor magnitud ocurrido en los últimos 100 años en el borde occidental de la costa central del Perú. La máxima intensidad evaluada en la ciudad de Barranca fue de VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM).


RAÚL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
DE LOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52990
INGENIERO CIVIL



De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; Se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona de Sismicidad III.

De acuerdo al reglamento de edificaciones y la Norma Técnica de edificación E-030, diseño sismoresistente, se deberá de tomar los siguientes valores para el análisis sísmico.

(a) Factor de Zona 4 _____ Z = 0.45

(b) Condiciones Geotécnicas

El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S₂ _____ S = 1.05

(c) Periodo de Vibración del Suelo _____ T_p = 0.6seg.

(d) Factor de Ampliación Sísmica.

Se calcula en base a la expresión siguiente:

T < T _p	T _p < T < T _L	T _p < T < T _L
C = 2,5	$C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T} \right)$	$C = 2,5 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$

Periodo Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

(e) Categoría de la Estructura _____ "C".

(f) Factor de Uso _____ U = 1

(g) La fuerza horizontal o cortante a la acción sísmica se determina por la fórmula siguiente:


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL



Para:

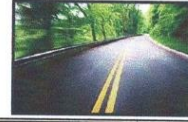
V =	Cortante Basal.
Z =	Factor de Zona.
U =	Factor de Uso.
S =	Factor de Ampliación del Suelo.
C =	Factor de Ampliación Sísmica.
R =	Coeficiente de Reducción.
P =	Peso de la Edificación.

$$V = \frac{Z * U * S * C * P}{R}$$

“El área en estudio, corresponde a la zona 4, el factor de zona se interpreta como una aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser accedida en 50 años.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



ZONIFICACION PARA EL TIPO DE SUELO

Decreto Supremo que modifica La Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda.

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

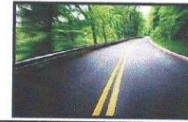
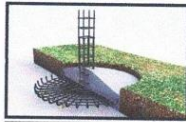
Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
PERFIL	Vs	N60	SU
S0	>1500 m/s	--	--
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S3	< 180 m/s	<15	25 kPa a 50 kPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

TABLA N° 3 FACTOR DE SUELOS "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

TABLA N° 4 PERIODOS "Tp" y "TL"				
	PERFIL DEL SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (s)	3.0	2.5	2.0	1.6


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



3.0 INVESTIGACIONES EFECTUADAS.

3.1 TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de exploración de campo se realizaron con la finalidad de definir el perfil estratigráfico en el área de estudio, se ejecutaron 03 pozo de exploración a cielo abierto alcanzando el máximo a 1.50 m. de profundidad, distribuidos convenientemente en el terreno disponible. Donde no se encontró el Nivel Freático.

3.1.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS

Con la finalidad de identificar los diferentes estratos de suelo y su composición. Se ejecutó la excavación con maquinaria de 03 Calicata a cielo abierto a los que denominamos C-1, C-2 y C-3. Alcanzando una profundidad máxima de 1.50 m.

Se tomaron muestras convenientemente para realizar los ensayos y que fueron identificadas y embaladas en bolsas de polietileno, las que fueron remitidas al Laboratorio de Suelos, Para realizar los Ensayos correspondientes. Con las Normas Técnicas Estandarizados.

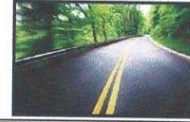
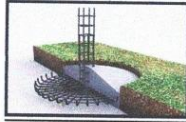
3.1.2 RESUMEN DE EXCAVACIONES

CALICATA	PROF. ALCANZADA	NAPA FREATICA	COORDENADAS	
			E	N
C - 1	1.50	N. A.	199237.737 E	8812480.718 N
C - 2	1.50	N. A.	199185.309 E	8812683.688 N
C - 3	1.50	N. A.	199266.894 E	8812803.330 N

N. A. = No Alcanzada.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.

3.2.1 ENSAYO ESTÁNDAR

Con las muestras alteradas obtenidas procedente de la calicata, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos, consistente en análisis Granulométrico por tamizado. Límites de Astterberg (índice de plasticidad), contenido de humedad. Dichos ensayos se realizaron en Laboratorio LABCENTERSUELOS SAC. Siguiendo las Normas de la American Society, For and Materials (ASTM).

3.2.2 CUADRO DE ENSAYOS ESTANDAR.

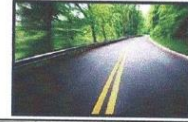
ENSAYO	NORMA TECNICA
Análisis Granulométrico de los Agregados.	ASTM C-422
Límites de Consistencia	ASTM D-4318
Contenido de Humedad.	ASTM D-2216
Clasificación SUCS.	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO.	AASHTO M-145

3.2.3 CUADRO DE ENSAYOS ESPECIALES.

ENSAYO	NORMA TECNICA
Proctor Modificado	ASTM D-1557
Valor de Soporte de California CBR	ASTM D-1883


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52020
INGENIERO CIVIL



3.2.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

El Suelo ha sido clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según muestra en los ensayos de laboratorio.

3.2.5 CUADRO DE RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m).	MUESTRA	GRANULOMETRIA (%)			INDICE DE PLASTICIDAD	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO.
			GRAVA	ARENA	FINOS				
C - 1	0.40 - 1.50	M - 1	0.00	62.2	37.8	NP	5.4	SM	A - 4 (1)
C - 2	0.30 - 1.50	M - 1	0.00	66.1	33.9	NP	5.2	SM	A - 2 - 4 (0)
C - 3	0.30 - 1.50	M - 1	0.00	56.9	43.1	NP	5.0	SM	A - 4 (2)

3.2.6 CUADRO DE RESULTADOS DE ENSAYOS ESPECIALES.

➤ ENSAYO EN SUELO NATURAL.

CALICATA	PROCTOR ESTANDAR gr/cc.	CBR de la M. D. S.		
		0.1"	0.2"	95 %.
C - 1	1.906	12.5	21.0	9.0
C - 2	1.920	13.7	22.3	10.0
C - 3	1.901	11.7	20.8	9.0

3.2.7 CUADRO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE CBR UTILIZANDO GEOMALLAS:

➤ DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA UNIXIAL.

CALICATA	PROCTOR ESTANDAR gr/cc.	CBR de la M. D. S.		
		0.1"	0.2"	95 %.
C - 1	1.918	15.0	23.1	11.0
C - 2	1.932	17.0	26.9	13.0
C - 3	1.915	14.5	25.5	11.5

Raul Jorge Leon Campos
RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS

Elías Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52520
INGENIERO CIVIL



➤ DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA BIAxIAL.

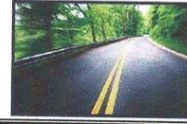
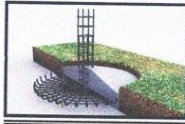
CALICATA	PROCTOR ESTANDAR gr/cc.	CBR de la M. D. S.		
		0.1"	0.2"	95 %.
C - 1	1.927	17.8	27.0	13.0
C - 2	1.944	19.0	29.7	14.5
C - 3	1.924	16.2	27.2	13.0

➤ DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

CALICATA	PROCTOR ESTANDAR gr/cc.	CBR de la M. D. S.		
		0.1"	0.2"	95 %.
C - 1	1.930	19.0	29.2	14.5
C - 2	1.949	21.0	31.6	15.5
C - 3	1.933	17.4	29.4	14.0


RAUL JORJE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



4.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

El sub suelo del terreno asignado para el proyecto se encuentra con el siguiente perfil estratigráfico.

- **CALICATA No. 1**

Prof. (m). 0.00 – 0.40

Se encuentra un material de Limos Inorgánicos, tipo tierra de cultivo con presenciade raíces.

Prof. (m). 0.40 – 1.50

Se encuentra un material de Arena Limosa, Arena Fina, de Compacidad Semi Compacto, de Plasticidad Nula, de color Beige medio claro. Con una humedad de 5.4%.

- **CALICATA No. 2**

Prof. (m). 0.00 – 0.30

Se encuentra un material de Limos Inorgánicos, tipo tierra de cultivo con presenciade raíces.

Prof. (m). 0.30 – 1.50

Se encuentra un material de Arena Limosa, Arena Fina, de Compacidad Semi Compacto, de Plasticidad Nula, de color Beige medio claro. Con una humedad de 5.2%.

- **CALICATA No. 3**

Prof. (m). 0.00 – 0.30

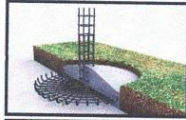
Se encuentra un material de relleno tipo afirmado.

Prof. (m). 0.30 – 1.50

Se encuentra un material de Arena Limosa, Arena Fina, de Compacidad Semi Compacto, de Plasticidad Nula, de color Beige medio claro. Con una humedad de 5.0%.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
EN PAVIMENTOS Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 82800
INGENIERO CIVIL



5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

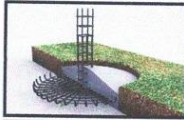
- ✓ El área de estudio s encuentran con las mismas características Físicas y Mecánicas.
- ✓ Napa Freática: No se Registró la presencia del Nivel freático.
- ✓ De acuerdo a los solicitantes se realizaron Ensayos de CBR con diferentes Tipos de Geomallas (Uniaxial, Biaxial y Triaxial) para poder tener valores que satisfacen para el Mejoramiento de la Sub Rasante.
- ✓ Por la cual será diseñado por los autores

NOTA:

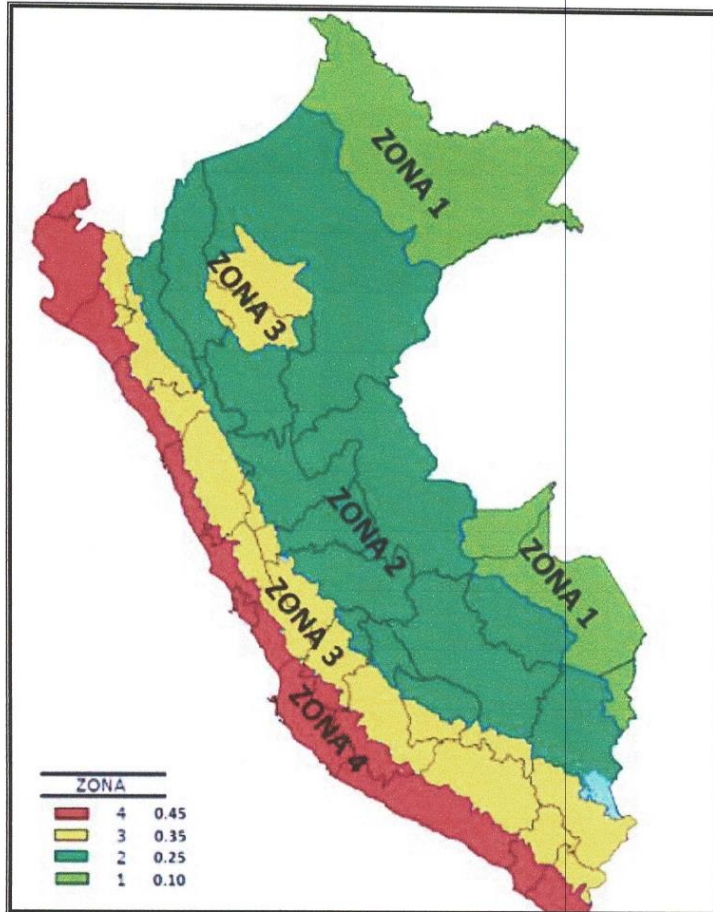
Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente informe técnico son solo aplicables para el área estudiada. De ninguna manera se puede aplicar a otros sectores u otros fines.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 82170
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES




PAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52820
INGENIERO CIVIL

Pasaje: Quinta Cárdenas N° 384 – HUACHO

E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com

Teléfono: 01-232-6407 / CEL. 954651383



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



Las estructuras no trabajan como se diseñan sino como se construyen

ANEXOS

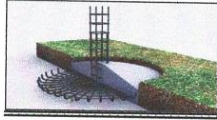
Pasaje: Quinta Cárdenas N° 384 – HUACHO

E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com

Teléfono: 01-232-6407 / CEL. 954651383

ANEXO: 1

**REGISTRO
DE
EXCAVACIONES**



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



REGISTRO DE EXCAVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CERTIFICADO : LABC-001-2025/EMS-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : ABRIL DEL 2,024

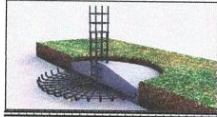
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C - I **PROF. MAX. (m):** 1.50 **UBICACION :** COORDENADAS: 199237.737 E / 8812480.718 N

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	SIMBOLO	VISTA FOTOGRAFICA
0.00	A CIELO ABIERTO					<p>UNMB BACHILLER ING. RUBI BURGOS PASCUAL BACHILLER ING. MOISÉS GÓMEZ RAMÍREZ PROYECTO: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELO CON 3 TIPOS DE GEOMALLAS C.C.P. LA ENSENADA C-1 LABCENTERSUELOS SAC BARRANCA 2025</p>
0.05						
0.10						
0.15						
0.20						
0.25						
0.30						
0.35						
0.40						
0.45						
0.50						
0.55						
0.60						
0.65						
0.70						
0.75						
0.80						
0.85						
0.90						
0.95						
1.00						
1.05						
1.10						
1.15						
1.20						
1.25						
1.30						
1.35						
1.40						
1.45						
1.50						

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 62920
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



REGISTRO DE EXCAVACIONES
PERFIL ESTRATIGRAFICO

CERTIFICADO : LABC-002-2025/EMS-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : ABRIL DEL 2,024

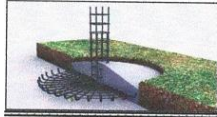
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C - 2 **PROF. MAX. (m):** 1.50 **UBICACION** : COORDENADAS: 199185.309 E / 8812683.688 N

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	SIMBOLO	VISTA FOTOGRAFICA	
0.00	A CIELO ABIERTO						
0.05			Se encuentra un material de Limos Inorgánicos, tipo tierra de cultivo con presenciade raíces.				
0.10							
0.15							
0.20							
0.25							
0.30		0.30					
0.35							
0.40							
0.45							
0.50				Se encuentra un material de Arena Limosa, Arena Fina, de Compacidad Semi Compacto, de Plasticidad Nula, de color Beige medio claro. Con una humedad de 5.2%.			
0.55							
0.60							
0.65							
0.70							
0.75							
0.80							
0.85							
0.90							
0.95							
1.00							
1.05							
1.10							
1.15							
1.20							
1.25							
1.30							
1.35							
1.40							
1.45							
1.50	1.50						

Raul Jorge Leon Campos
RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP N° 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
 RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



REGISTRO DE EXCAVACIONES
PERFIL ESTRATIGRAFICO

CERTIFICADO : LABC-003-2025/EMS-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : ABRIL DEL 2,024

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-3 **PROF. MAX. (m):** 1.50 **UBICACION :** COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

PROF. (m)	TIPO DE EXCAVACION	MUESTRA	DESCRIPCION	CLASIFICACION SUCS	SIMBOLO	VISTA FOTOGRAFICA	
0.00	A CIELO ABIERTO						
0.05			Se encuentra un material de Limos Inorgánicos, tipo tierra de cultivo con presenciade raíces.				
0.10							
0.15							
0.20							
0.25							
0.30		0.30					
0.35							
0.40							
0.45							
0.50				Se encuentra un material de Arena Limosa, Arena Fina, de Compacidad Semi Compacto, de Plasticidad Nula, de color Beige medio claro. Con una humedad de 5.0%.			
0.55							
0.60							
0.65							
0.70							
0.75							
0.80							
0.85							
0.90							
0.95							
1.00							
1.05							
1.10							
1.15							
1.20							
1.25							
1.30							
1.35							
1.40							
1.45							
1.50	1.50						

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

Pasaje: Quinta Cardenas N° 384 - Huacho Telefono: 01-6393630 / Cel.954651383
 E-mail: sueloslaborleon@hotmail.com

ANEXO: 2

**RESULTADOS
DE
ENSAYOS DE LABORATORIO**

ENSAYO

**DETERMINACIÓN DEL
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)
PATRÓN**

**AL 95% DE SU MAXIMA DENSIDAD
A 1 PULGADA DE PENETRACION**

C - 1



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-015-2025/EMS-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (MTC E204 - ASTM 136 - AASHTO T27)						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION
10"	254.000					
9"	228.600					
8"	203.200					
7"	177.800					
6"	152.400					
5"	127.000					
4"	101.600					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.500					
1/4"	6.300					
Nº 4	4.750				100.0	
Nº 8	2.360					
Nº 10	2.000	66.2	13.2	13.2	86.8	
Nº 16	1.190					
Nº 20	0.840					
Nº 30	0.600					
Nº 40	0.425	70.8	14.2	27.4	72.6	
Nº 50	0.300					
Nº 80	0.177					
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075	147.6	29.5	56.9	43.1	
< Nº 200	FONDO	215.4	43.1	100.0		

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
CALICATA :	Nº 3
MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.30 - 1.50
COORDENADAS :	199266.894 E / 8812603.33 N

TAMAÑO DE LA GRAVA	
TAM. MÁXIMO :	
TAM. NOMINAL :	

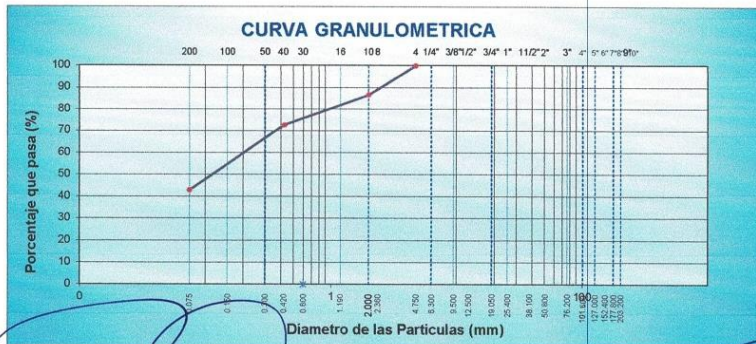
PORCENTAJES DE MATERIALES (%)	
GRAVA :	0.0
ARENA :	56.9
FINOS :	43.1

LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4328)		
Límite Líquido	0.0	NP
Límite Plástico	0.0	
Índice de Plasticidad	0.0	

CLASIFICACION	
Clasificación (SUCS)	SM
Clasificación (AASHTO) :	A-4 (2)
Módulo de Fineza	0.0
Materia Orgánica	NO
Turba	NO

CONTENIDO DE HUMEDAD	
	5.0 %

OBSERVACIONES:	



Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP Nº 52020
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-016-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
 SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
 PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
 HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
 REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
 FECHA : MARZO DEL 2,025

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D 2216

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

DESCRIPCION

Nro. de recipiente		1		3	
Peso Recipiente + Suelo humedo (A)	gr.	309.7	337.3		
Peso recipiente + Suelo seco (B)	gr.	297.8	324.1		
Peso del recipiente (C)	gr.	67.00	68.00		
Peso del agua (A-B)	gr.	11.90	13.20		
Peso del suelo seco (B-C)	gr.	230.8	256.1		
Cont. de Hum. $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	5.16	5.15		
Contenido de Humedad Promedio =	%	5.2			

OBSERVACIONES:


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO.

E-mail : suelostab_leon@hotmail.com

Tel.: 01-6399690 / Cel. 954651383



LABCENTERSUELOS SAC
 RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-017-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISITAS: - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

CLASIFICACION DE SUELOS

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA :	Nº 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812603.33 N

SERIE AMERICAN	ABERTURA (mm)	PORCENTAJES	
		RET.	PASA
6"	152.400	-	100.00
5"	127.000	-	100.00
4"	101.600	-	100.00
3"	76.200	-	100.00
2 1/2"	63.500	-	100.00
2"	50.800	-	100.00
1 1/2"	38.100	-	100.00
1"	25.400	-	100.00
3/4"	19.050	-	100.00
1/2"	12.700	-	100.00
3/8"	9.525	-	100.00
1/4"	6.350	-	100.00
Nº 4	4.760	-	100.00
Nº 6	3.360	-	100.00
Nº 8	2.380	-	100.00
Nº 10	2.000	13.24	86.76
Nº16	1.190	-	86.76
Nº 20	0.840	-	86.76
Nº 30	0.590	-	86.76
Nº 40	0.426	14.16	72.60
Nº 50	0.297	-	72.60
Nº 80	0.177	-	72.60
Nº 100	0.149	-	72.60
Nº 200	0.074	29.52	43.08
- Nº 200	-	43.08	
HUMEDAD NATURAL (%)			
LIMITE LIQUIDO (%)		0.0	
INDICE PLASTICO (%)		0.0	
CLASIFICACION SUCS		SM	
CLASIFICACION AASHTO		A-4 (2)	

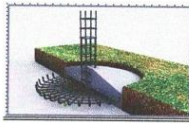
RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 CIP Nº 52520
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas Nº 384 - HUACHO

E-mail : sueloslaboracion@hotmail.com

Tel.: 01-6399630 / Cel. 954651383



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-018-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

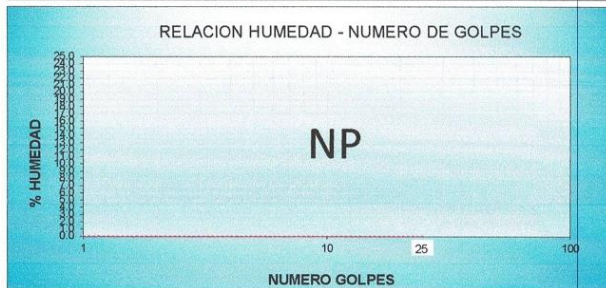
LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
 MTC E111 - ASTM D424 - AASHTO T90

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812603.33 N

DESCRIPCION	UNIDAD	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. de recipiente			
Peso Recipiente + Suelo humedo (A)	gr.		
Peso recipiente + Suelo seco (B)	gr.		
Peso del recipiente (C)	gr.		
Peso del agua (A-B)	gr.		
Peso del suelo seco (B-C)	gr.		
Cont. Humedad [W=(A-B)/(B-C)*100	%		
Nro. DE GOLPES			

DESCRIPCION	UNIDAD	HUMEDAD NATURAL
Nro. de recipiente		
Peso Recipiente + Suelo humedo (A)	gr.	
Peso recipiente + Suelo seco (B)	gr.	
Peso del recipiente (C)	gr.	
Peso del agua (A-B)	gr.	
Peso del suelo seco (B-C)	gr.	
Cont. de Hum. [W=(A-B)/(B-C)*100	%	

RESULTADOS / PARAMETROS	LIMITES		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
OBTENIDOS	0.0	0.0	0.0



OBSERVACIONES:

No es posible efectuar el ensayo, por que las dos mitades de la muestra tienden a deslizarse bruscamente.

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 394 - HUACHO.

E-mail : sueloslab_leon@hotmail.com

Telf.: 01-6399830 / Cel. 954661363



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-019-2025/EMS-MPB-BPRLGRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)

(NITCE115 - ASTM D1557 - AASTHO T180)

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

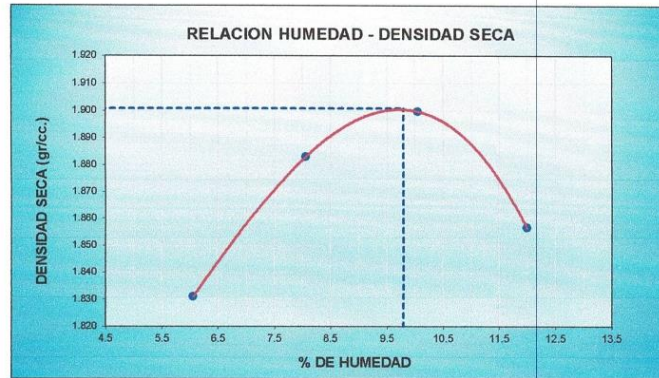
DATOS DE LA MUESTRA

MOLDE NUMERO	Volumen Molde	948	m3.	Numero de capas	5
1	Peso Molde	3749	gr.	Numero de golpes	25

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,590	5,678	5,731	5,720
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,841	1,929	1,982	1,971
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.9420	2.03	2.09	2.08
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	292.4	297.6	309.9	330.6
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	275.7	275.4	281.6	295.2
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	16.7	22.2	28.3	35.4
Peso del suelo seco	gr.	276	275	282	295
Contenido de agua	%	6.1	8.1	10.0	12.0
Densidad Seca	gr/cc	1.831	1.883	1.900	1.856

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.901	gr/cc.	Humedad óptima	9.8 %
----------------------	-------	--------	----------------	-------



OBSERVACIONES :

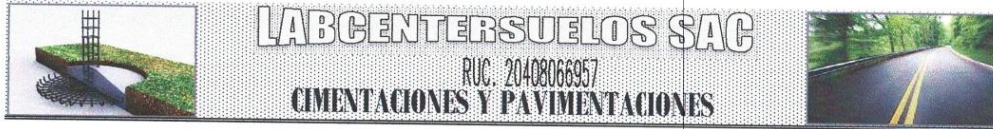
[Signature]
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

[Signature]
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52990
 INGENIERO CIVIL

Pje. Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO

E-mail : sueloslab_leon@hotmail.com

Telf.: 01-6393630 / Cel: 954651383



CERTIFICADO : LABC-020-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SPORTE (CBR)
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASTHO T 190

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

CALCULO

	4	5	6
Molde N°			
Capas N°	005	005	003
Golpes por capa N°	056	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,618	12,496	12,587
Peso de molde (g)	8,194	8,259	8,401
Peso del suelo húmedo (g)	4,424	4,237	4,186
Volumen del molde (cm³)	2,120	2,118	2,186
Densidad húmeda (g/cm³)	2.087	2.000	1.915
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	317.0	342.2	367.0
Peso suelo seco + tara (g)	288.8	311.4	333.6
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	28.2	30.8	33.4
Peso de suelo seco (g)	288.8	311.4	333.6
Contenido de humedad (%)	9.8	9.9	10.0
Densidad seca (g/cm³)	1.901	1.820	1.741

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION		CARGA STAND.	MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg/cm2	kg	%
0.000	0.000													
0.635	0.025													
1.270	0.050													
1.905	0.075													
2.540	0.100	70.455	20	115	167	11.7	16	92	138	9.7	14	80	109	7.7
3.810	0.150													
5.080	0.200	105.68	49	282	444	20.8	40	230	379	17.8	33	190	-	8.9
6.350	0.250													
7.620	0.300													
10.160	0.400													
12.700	0.500													


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 82020
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO. **Tel.:** 01-6393630 / Cel. 964651383
E-mail : suelostab_leon@hotmail.com



LABCENTER SUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

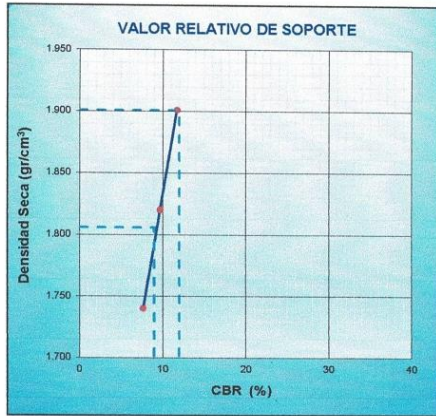


CERTIFICADO : LABC-021-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
 SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
 PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
 HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
 REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
 FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)			
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 190			

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

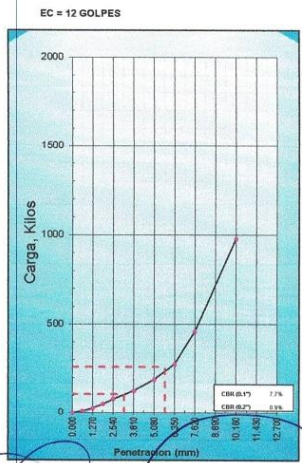
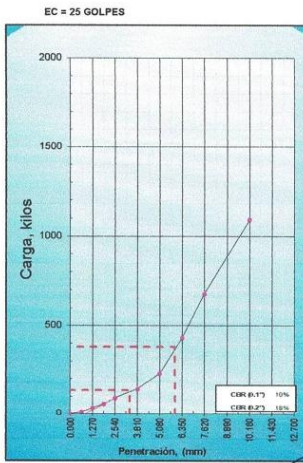
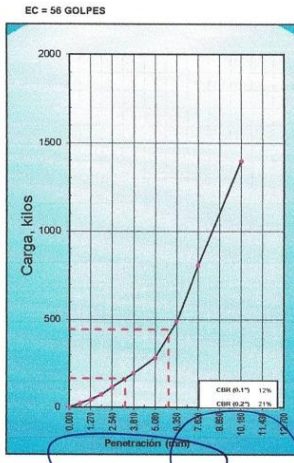


METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.901
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	9.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.806

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 12.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 9.0 %

% EXPANSION	
NO EXPANSIVO	

OBSERVACIONES:	



Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52930
 INGENIERO CIVIL

ENSAYO

**DETERMINACIÓN DEL
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)**

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE

GEOMALLA UNIXIAL

**AL 95% DE SU MAXIMA DENSIDAD
A 1 PULGADA DE PENETRACION**

C - 1



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-028-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : MARZO DEL 2,025

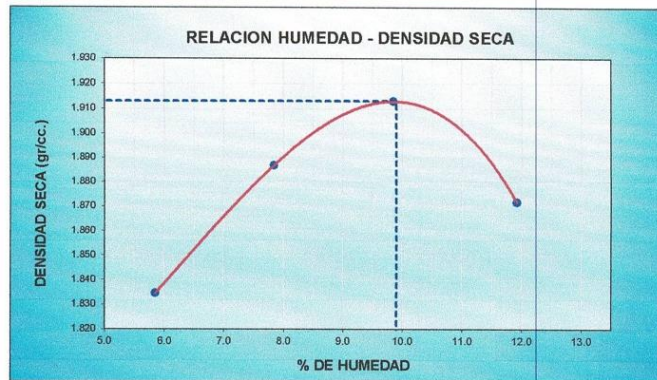
RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)
 (NTC E115 - ASTM D1557 - AASTHO T180)
DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA UNIXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

DATOS DE LA MUESTRA			
MOLDE NUMERO	Volumen Molde	948	m3.
1	Peso Molde	3749	gr.
			Numero de capas
			5
			Numero de golpes
			25

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,590	5,678	5,741	5,735
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,841	1,929	1,992	1,986
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.9420	2.03	2.10	2.09
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	307.8	327.4	345.8	394.2
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	290.8	303.6	314.8	352.2
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	17.0	23.8	31.0	42.0
Peso del suelo seco	gr.	291	304	315	352
Contenido de agua	%	5.8	7.8	9.8	11.9
Densidad Seca	gr/cc	1.835	1.887	1.913	1.872

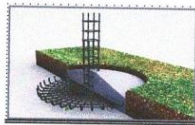
RESULTADOS			
Densidad Máxima Seca	1.913	gr/cc.	Humedad óptima
			9.9 %



OBSERVACIONES :

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52910
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-029-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2, 025

VALOR RELATIVO DE SPORTE (CBR)
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASTHO T 190
DETERMINACION DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA UNIXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

CALCULO

	4	5	6
Molde N°	005	005	003
Capas N°	056	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,652	12,534	12,620
Peso de molde (g)	8,194	8,259	8,401
Peso del suelo húmedo (g)	4,458	4,275	4,219
Volumen del molde (cm³)	2,120	2,118	2,186
Densidad húmeda (g/cm³)	2.103	2.018	1.930
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	366.2	370.2	392.7
Peso suelo seco + tara (g)	333.2	336.6	356.8
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	33.0	33.6	35.9
Peso de suelo seco (g)	333.2	336.6	356.8
Contenido de humedad (%)	9.9	10.0	10.1
Densidad seca (g/cm³)	1.913	1.835	1.754

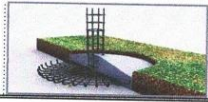
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
mm	pulg.	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCION	%	Dial (div)	kg	CORRECCION	%	Dial (div)	kg/cm2	kg	%
0.000	0.000														
0.635	0.025														
1.270	0.050														
1.905	0.075														
2.540	0.100	70.455	22	126	207	14.5	18	103	172	12.1	14	80	132	9.3	
3.810	0.150														
5.080	0.200	105.68	58	333	544	25.5	48	276	453	21.2	37	213	-	10.0	
6.350	0.250														
7.620	0.300														
10.160	0.400														
12.700	0.500														

RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-030-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
 SOLICITANTE : TESISISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
 PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
 HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
 REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
 FECHA : MARZO DEL 2,025

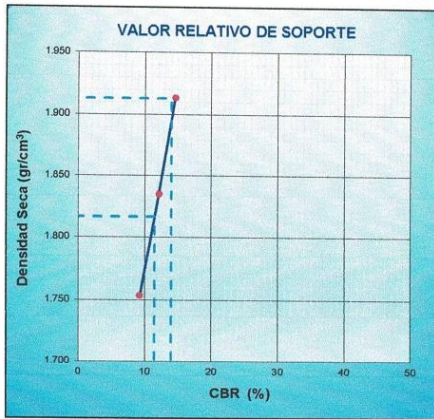
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 190

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA UNIXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.913
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	9.9
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.817

RESULTADOS:

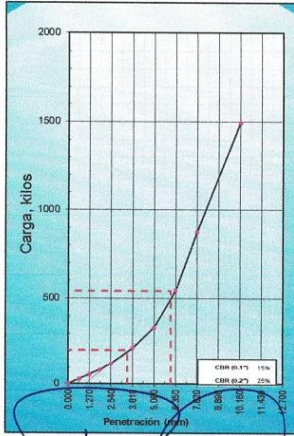
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1" =	14.0	%
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1" =	11.5	%

% EXPANSIÓN

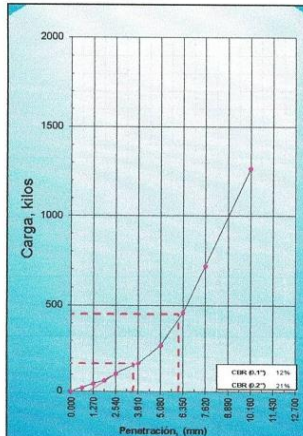
NO EXPANSIVO

OBSERVACIONES:

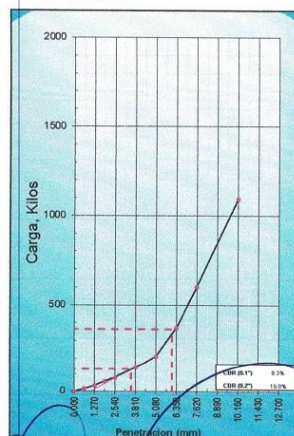
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas, N° 384 - HUACHO.

E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com

Telf.: 01-6393630 / Cel. 954651383.

ENSAYO

**DETERMINACIÓN DEL
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)**

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE

GEOMALLA BIAXIAL

**AL 95% DE SU MAXIMA DENSIDAD
A 1 PULGADA DE PENETRACION**

C - 1



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-037-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E15 - ASTM D1557 - AASTHO T180)

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA BIAXIAL.

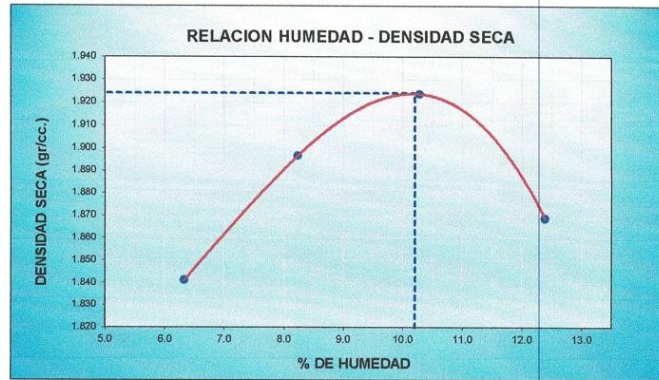
CALICATA :	Nº 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

DATOS DE LA MUESTRA			
MOLDE NUMERO	Volumen Molde	948	m3.
1	Peso Molde	3749	gr.
			Numero de capas
			5
			Numero de golpes
			25

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,605	5,695	5,760	5,740
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,856	1,946	2,011	1,991
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,9578	2.05	2,12	2.10
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	371.4	385.2	392.7	405.6
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	349.3	355.9	356.1	360.9
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	22.1	29.3	36.6	44.7
Peso del suelo seco	gr.	349	356	356	361
Contenido de agua	%	6.3	8.2	10.3	12.4
Densidad Seca	gr/cc	1.841	1.897	1.924	1.869

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.924	gr/cc.	Humedad óptima	10.2 %
----------------------	-------	--------	----------------	--------

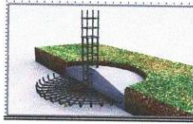


OBSERVACIONES :

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP Nº 82820
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas Nº 384 - HUACHO. Telf.: 01-8393630 / Cel: 954651383
 E-mail: sueloelab_leon@hotmail.com



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-038-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2, 025

VALOR RELATIVO DE SPORTE (CBR)
MTG E 132 - ASTM D 1883 - AASTHO T 190
DETERMINACION DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA BIAXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

CALCULO

	4	5	6
Molde N°	005	005	003
Capas N°	056	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,688	12,574	12,661
Peso de molde (g)	8,194	8,259	8,401
Peso del suelo húmedo (g)	4,494	4,315	4,260
Volumen del molde (cm³)	2,120	2,118	2,186
Densidad húmeda (g/cm³)	2.120	2.037	1.949
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	391.4	404.4	443.7
Peso suelo seco + tara (g)	355.2	366.8	402.0
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	36.2	37.6	41.7
Peso de suelo seco (g)	355.2	366.8	402.0
Contenido de humedad (%)	10.2	10.3	10.4
Densidad seca (g/cm³)	1.924	1.848	1.766

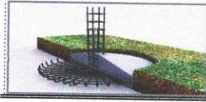
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCION	Dial (div)	kg	CORRECCION	Dial (div)	kg/cm2	kg	CORRECCION		
mm	pulg.	kg/cm2			kg	%		kg	%		kg/cm2	kg	%		
0.000	0.000														
0.635	0.025														
1.270	0.050														
1.905	0.075														
2.540	0.100	70.455	25	144	230	16.2	20	115	201	14.1	18	103	138	9.7	
3.810	0.150														
5.080	0.200	105.68	65	374	581	27.2	55	316	508	23.8	42	241	-	11.3	
6.350	0.250														
7.620	0.300														
10.160	0.400														
12.700	0.500														

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52077
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



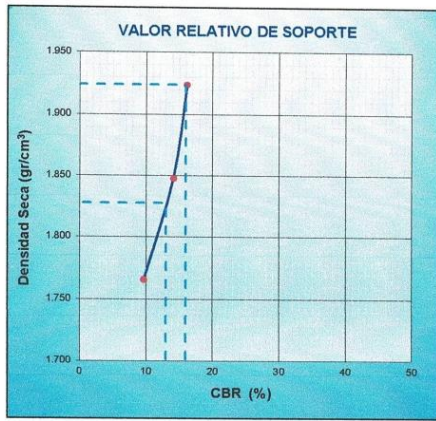
CERTIFICADO : LABC-039-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISITAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

MTG E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 190
 DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA BIAXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

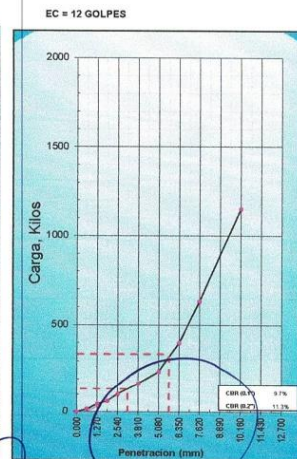
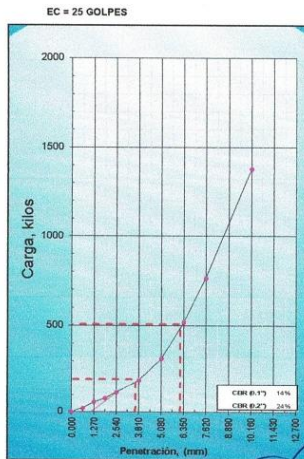
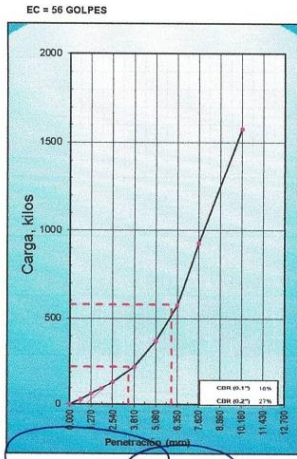


METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.924
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	10.2
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.828

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 16.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 13.0 %

% EXPANSIÓN	
NO EXPANSIVO	

OBSERVACIONES:



Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 RIE DE CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

ENSAYO

**DETERMINACIÓN DEL
VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)**

**DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE
GEOMALLA TRIAXIAL**

**AL 95% DE SU MAXIMA DENSIDAD
A 1 PULGADA DE PENETRACION**

C - 1



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-046-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISITAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) (MTC E115 - ASTM D1557 - AASTHO T100) DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

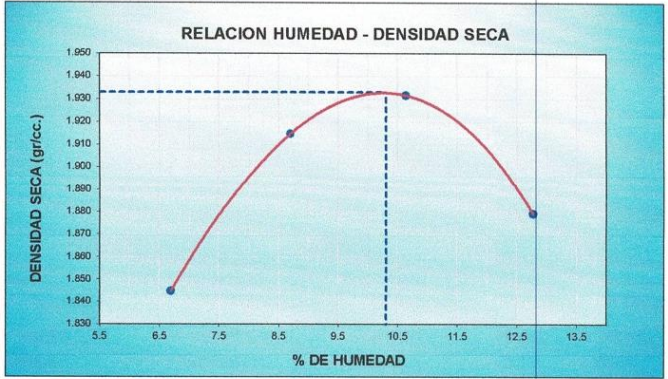
CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8612803.33 N

DATOS DE LA MUESTRA			
MOLDE NUMERO	Volumen Molde	948	m3.
1	Peso Molde	3749	gr.
			Numero de capas
			5
			Numero de golpes
			25

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,615	5,722	5,775	5,758
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,866	1,973	2,026	2,009
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,9684	2.08	2.14	2.12
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	401.8	424.8	463.8	493.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	376.6	390.8	419.2	437.6
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	25.2	34.0	44.6	55.9
Peso del suelo seco	gr.	377	391	419	438
Contenido de agua	%	6.7	8.7	10.6	12.8
Densidad Seca	gr/cc	1.845	1.915	1.932	1.879

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.933	gr/cc.	Humedad óptima	10.3 %
----------------------	-------	--------	----------------	--------



OBSERVACIONES :

Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS OPCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 61
 INGENIERO



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



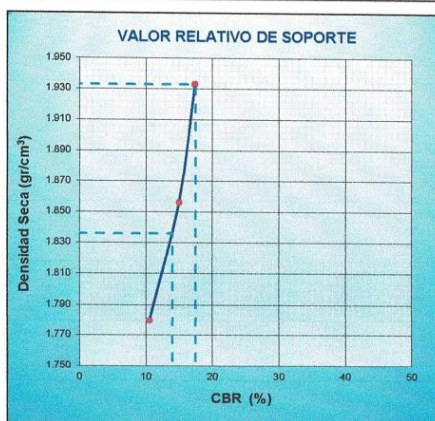
CERTIFICADO : LABC-048-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)

MTG E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 190
 DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.933
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.3
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.836

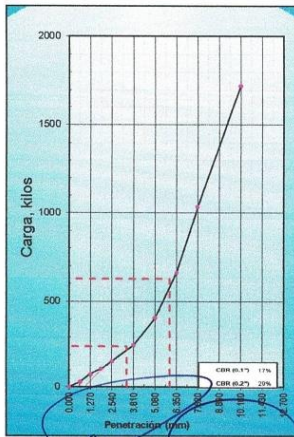
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 17.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 14.0 %

% EXPANSION

NO EXPANSIVO

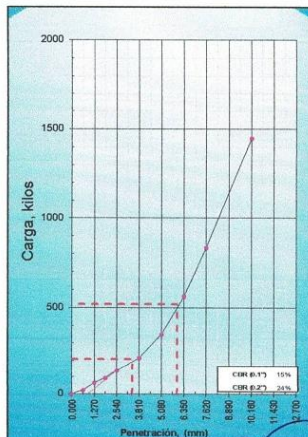
OBSERVACIONES:

EC = 56 GOLPES



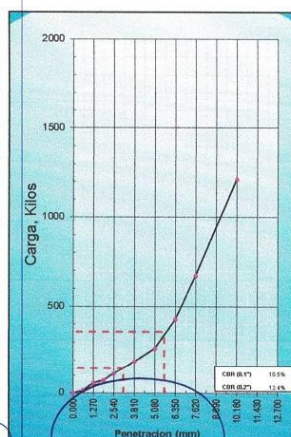
Raul Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO

EC = 25 GOLPES



Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

EC = 12 GOLPES





LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-047-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2, 025

VALOR RELATIVO DE SPORTE (CBR)			
MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASTHO T 190			
DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.			
CALICATA :	N° 3	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199266.894 E / 8812803.33 N

CALCULO			
Molde N°	4	5	6
Capas N°	005	005	003
Golpes por capa N°	056	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,714	12,600	12,700
Peso de molde (g)	8,194	8,259	8,401
Peso del suelo húmedo (g)	4,520	4,341	4,299
Volumen del molde (cm ³)	2,120	2,118	2,186
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.132	2.050	1.967
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	403.0	414.6	454.8
Peso suelo seco + tara (g)	365.4	375.5	411.6
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	37.6	39.1	43.2
Peso de suelo seco (g)	365.4	375.5	411.6
Contenido de humedad (%)	10.3	10.4	10.5
Densidad seca (g/cm ³)	1.933	1.856	1.780

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCION	CORRECCION	Dial (div)	kg	CORRECCION	CORRECCION	Dial (div)	kg/cm2	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2			kg	%		kg	%		kg/cm2	kg	%		
0.000	0.000														
0.635	0.025														
1.270	0.050														
1.905	0.075														
2.540	0.100	70.455	28	161	247	17.4	24	138	213	15.0	20	115	149	10.5	
3.810	0.150														
5.080	0.200	105.68	71	408	627	29.4	61	351	520	24.4	46	264	-	12.4	
6.350	0.250														
7.620	0.300														
10.160	0.400														
12.700	0.500														


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52920
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO. E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com Telf.: 01-6393630 / Cel. 954661383

C-2



LABCENTERSUELOS SAC

RUC: 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-043-2025-EMS-MPS-BPRLJGRMA
SOLICITANTE : TESISTAS: - BURGOS PASQUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TÉCNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : MARZO DEL 2025

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO) (MÉTODOS ASTM D1557 - AASTM T99)

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

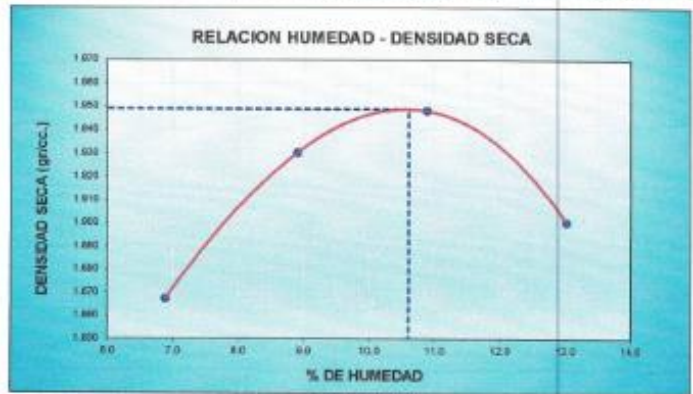
CALICATA :	Nº 2	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199185 309 E / 8812683 888 N

DATOS DE LA MUESTRA					
MOLDE NÚMERO	Volumen Molde	948	m ³	Numero de capas	5
1	Peso Molde	3749	gr.	Numero de golpes	25

NÚMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,641	5,742	5,797	5,785
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,892	1,993	2,048	2,036
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,9958	2,10	2,16	2,15
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	382.4	435.6	483.5	482.7
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	357.8	400.0	418.0	427.1
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	24.6	35.6	45.5	55.6
Peso del suelo seco	gr.	358	400	418	427
Contenido de agua	%	6.9	8.9	10.9	13.0
Densidad Seca	gr/cc	1.887	1.931	1.948	1.900

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.949	gr/cc.	Humedad óptima	10.6 %
----------------------	-------	--------	----------------	--------



OBSERVACIONES :

(Firma manuscrita)
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

(Firma manuscrita)
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP Nº 01
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas, Nº 384 - HUACHO. Telf: 01-6393630 / Cel. 954851383
 E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-044-2025EMS-MPB-BPRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISITAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : MARZO DEL 2, 025

VALOR RELATIVO DE SORTE (CBR)			
MTC E 132 - ASTM D 1583 - AASTHO T 190			
DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.			
CALICATA :	N° 2	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m).	0.30 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199165.309 E / 8812683.688 N

CALCULO			
	1	2	3
Molde N°	905	905	903
Capas N°	056	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,967	12,940	12,660
Peso de molde (g)	8,450	8,552	8,478
Peso del suelo húmedo (g)	4,547	4,368	4,204
Volumen del molde (cm ³)	2,110	2,122	2,116
Densidad húmeda (g/cm ³)	2,155	2,068	1,987
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	397.2	410.4	411.7
Peso suelo seco + tara (g)	356.2	370.8	371.6
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	38.0	39.6	40.1
Peso de suelo seco (g)	356.2	370.8	371.6
Contenido de humedad (%)	10.6	10.7	10.8
Densidad seca (g/cm ³)	1.949	1.968	1.793

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg/cm2	kg	%
0.000	0.000														
0.035	0.025														
1.270	0.050														
1.905	0.075														
2.540	0.100	70.455	35	201	299	21.0	34	106	236	16.6	23	132	167	11.7	
3.810	0.150														
5.080	0.200	106.68	07	500	675	31.6	75	431	515	24.1	52	289	-	14.0	
6.350	0.250														
7.620	0.300														
10.160	0.400														
12.700	0.500														


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 62070
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO. **E-mail :** sueloslabor_leon@hotmail.com **Telf.:** 01-43393630 / Cel. 984851383



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066357
CIENITACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-045-2025/EMS-MPB-BPRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISITAS - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)
 MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 190
DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

CALICATA :	N° 2	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m.) :	0.30 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 199185.309 E / 8812663.668 N

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

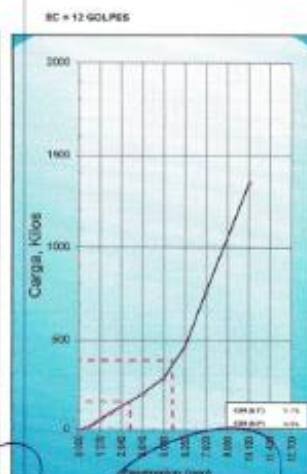
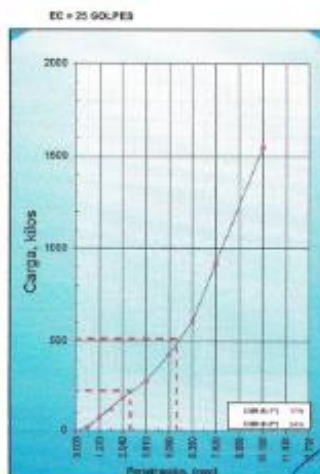
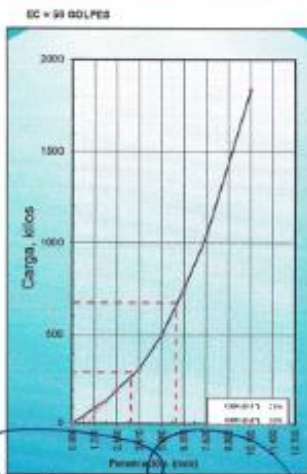


METODO DE COMPACTACION :	AASHTO T-189
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.940
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	10.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :	1.852

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 21.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 15.5 %

% EXPANSION	
NO EXPANSIVO	

OBSERVACIONES:



Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 67
 INGENIERO

C-3



LABCENTER SUELOS SAC

RUC: 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-040-2025/EMS-MPB-0PRL/GRMA
SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBÍ LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA
HECHO POR : TÉCNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS
REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : MARZO DEL 2,025

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PROCTOR MODIFICADO)

(MÉTODOS - ASTM D1557 - AASTM T100)

DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

CÁLCATA :	Nº 1	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.40 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199237.737 E / 8812480.718 N

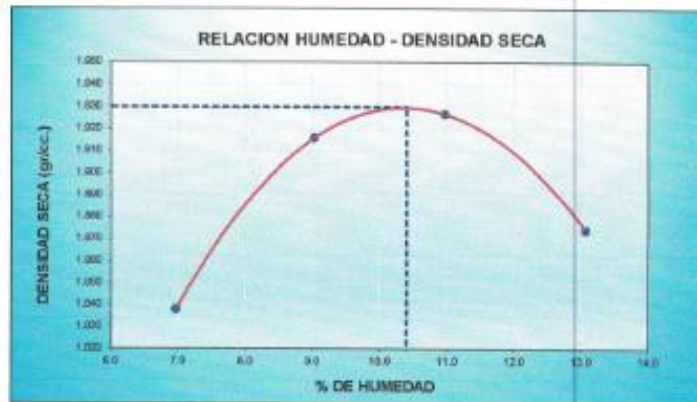
DATOS DE LA MUESTRA

MOLDE NUMERO	Volumen Molde	948	m3	Numero de capas	5
1	Peso Molde	3749	gr.	Numero de golpes	25

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	5,613	5,729	5,776	5,758
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,864	1,980	2,027	2,009
Peso Volumétrico Humedo	gr.	1,9662	2.09	2.14	2.12
Recipiente Numero		-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	382.4	386.4	401.5	423.9
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	357.5	363.6	361.8	374.9
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	24.9	32.8	39.7	49.0
Peso del suelo seco	gr.	358	364	362	375
Contenido de agua	%	7.0	9.0	11.0	13.1
Densidad Seca	gr/cc	1.838	1.916	1.927	1.874

RESULTADOS

Densidad Máxima Seca	1.830	gr/cc.	Humedad óptima	10.4 %
----------------------	-------	--------	----------------	--------



OBSERVACIONES :

(Handwritten signatures and stamps)

RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 CIP Nº 52320
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas Nº 384 - HUACHO

E-mail : sueloslab_leon@hotmail.com

Tel: 01-6393630 / Cel: 954661383



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-041-2025EMS-MPB-8PRL/GRMA
PROPIETARIO : TESISTAS: - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOISÉS ALONSO
PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS
REV. POR ING.: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SPORTE (CBR)
 MTC E 132 - ASTM D 1583 - AASTHO T 190
DETERMINACIÓN DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL.

CALICATA :	N° 1	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m). :	0.40 - 1.50	UBICACION :	COORDENADAS: 199237.737 E / 8812480.718 N

CALCULO

	4	5	6
Molde N°	095	095	093
Capas N°	096	025	012
Condición de la muestra	NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12.708	12.025	12.700
Peso de molde (g)	8.194	8.259	8.401
Peso del suelo húmedo (g)	4.514	4.356	4.299
Volumen del molde (cm ³)	2.120	2.118	2.186
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.129	2.061	1.967
Tara (N°)			
Peso suelo húmedo + tara (g)	390.2	405.2	463.6
Peso suelo seco + tara (g)	353.6	396.7	419.0
Peso de tara (g)	-	-	-
Peso de agua (g)	36.6	38.5	44.6
Peso de suelo seco (g)	353.6	396.7	419.0
Contenido de humedad (%)	10.4	10.5	10.6
Densidad seca (g/cm ³)	1.930	1.896	1.777

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg/cm2	kg	%
0.000	0.000														
0.635	0.025														
1.270	0.050														
1.905	0.075														
2.540	0.100	70.455	32	184	270	19.0	27	155	236	16.6	25	144	161	11.3	
3.810	0.150														
5.080	0.200	105.66	79	454	623	29.2	66	391	538	26.2	53	305	-	14.3	
6.350	0.250														
7.620	0.300														
10.160	0.400														
12.700	0.500														

RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



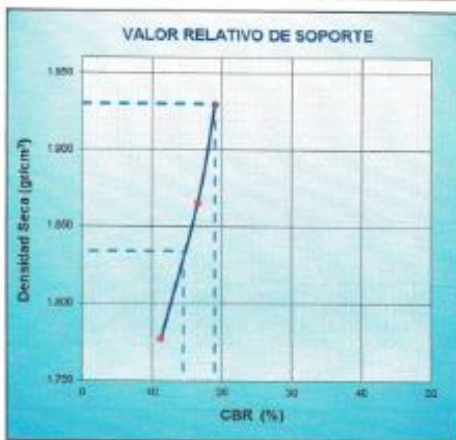
LAB CENTER SUELOS SAC

RUC: 20408066257
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-042-2025/EMS-MPS-EPRL/GRMA
 SOLICITANTE : TESISTAS - BURGOS PASCUAL, RUBI LESLIE - GÓMEZ RAMÍREZ, MOSES ALONSO
 PROYECTO : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024."
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO LA ENSENADA
 DISTRITO DE BARRANCA - PROVINCIA DE BARRANCA - DEPARTAMENTO DE LIMA.
 HECHO POR : TÉCNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
 REV. POR ING. : ELIAS REQUENA SOTO.
 FECHA : MARZO DEL 2,025

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)			
MTC E 132 - ASTM D 1583 - AASHTO T 190			
DETERMINACION DEL CBR CON EL REFUERZO DE LA GEOMALLA TRIAXIAL			
CALICATA :	N° 1	MUESTRA :	M - 1
PROF. (m) :	0.40 - 1.50	UBICACIÓN :	COORDENADAS: 198237.737 E / 8812480.718 N

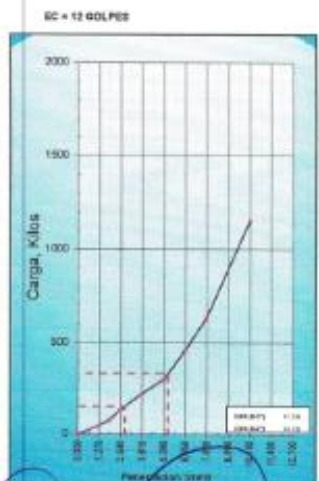
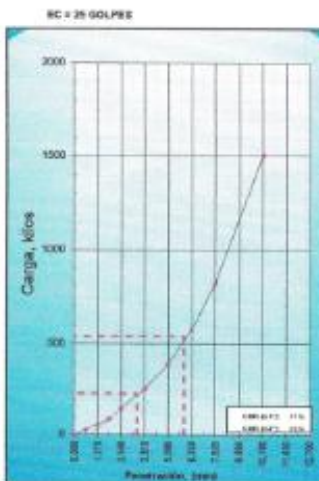
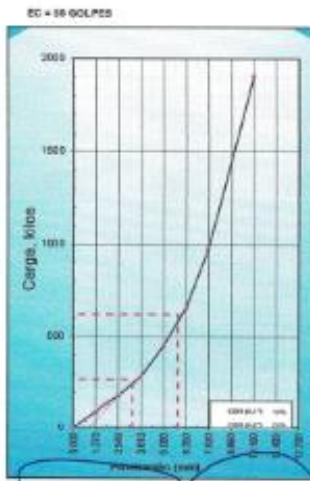


METODO DE COMPACTACION	AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.930
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.834

RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 1"	= 19.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 1"	= 14.5 %

% EXPANSIÓN
NO EXPANSIVO

OBSERVACIONES:



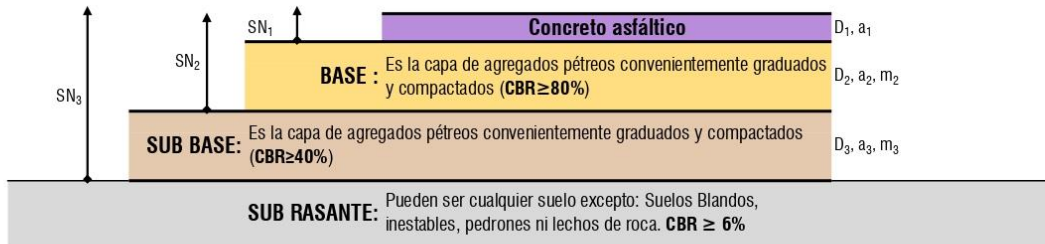
Raul Jorge Leon Campos
 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP N° 52970
 INGENIERO CIVIL

ANEXO N° 4: Diseño de pavimentos

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SIN GEOMALLA - MÉTODO AASHTO 1993

TESIS: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"



- a₁: Coeficiente de capa representativo de la superficie de concreto asfáltico, depende del del Módulo Elástico (Resiliente) E_{AC}. Se usa la Fig. 2.5
- a₂: Coeficiente de capa representativo de la base granular. Se usa la Fig. 2.6
- a₃: Coeficiente de capa representativo de la sub base granular. Se usa la Fig. 2.7
- D₁, D₂, D₃: Espesores reales (en pulgadas) de la superficie, base y sub base respectivamente.
- m₂, m₃: Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

DATOS:

ESAL de diseño (Estación N°01)	W18 ₁	1,714,604.00	Según Estudio de Tráfico
Periodo de diseño	n	20	Años
CBR de diseño	CBR	9.33	% Según EMS
Zona del proyecto		Barranca	

1. CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - ESAL N°01

A) CALCULANDO EL NÚMERO ESTRUCTURAL

ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

DONDE:

- W₁₈ : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.
- Z_R : Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
- S_o : Desviación Estándar Total
- S_N : Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).
- ΔPSI : Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (P₀) y final (P_f)
- M_R : Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE (W18):

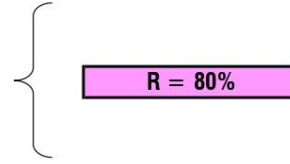
W18₁ = 1,714,604.00

ESAL DE DISEÑO (VER CÁLCULO EN ESTUDIO DE TRÁFICO)

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R %):

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
INTERESTATAL Y VÍAS RÁPIDAS	85 - 99.9	80 - 99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80 - 99	75 - 95
COLECTORAS	80 - 95	75 - 95
LOCALES	50 - 80	50 - 80

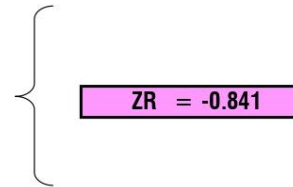
Según la Tabla 2.2 en la página 99 de la guía de AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR):

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Según la Tabla 4.1 en la página I-62 de la guía AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA O TOTAL (So):

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (So)	
0.30 - 0.40	PAVIMENTOS RÍGIDOS
0.40 - 0.50	PAVIMENTOS FLEXIBLES

Sección 4.3 de la página I-62 de la guía AASHTO

SE RECOMIENDA
0.35 = Construcción nueva
0.40 = Sobrecapas
0.45 = Construcción nueva
0.50 = Sobrecapas



Entonces, para pavimento flexible se asume:

So = 0.45

PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPsi):

a) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

TIPO DE PAVIMENTO	Po
Pavimento Rígido	4.50
Pavimento Flexible	4.20

- Para Pavimentos Flexibles:

Po = 4.20

b) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

DESCRIPCIÓN	P _t
Expresas	3.00
Arteriales	2.50
Colectoras	2.25
Locales	2.00

- Para Pavimentos Flexibles: **P_t = 2.00**

c) DIFERENCIA

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \Rightarrow \quad \Delta PSI = 2.20$$

d) NIVEL DE SERVICIO (PSI)

PSI	CALIFICACION
0.00	INTRANSITABLE
0.10 - 1.00	MUY MALO
1.10 - 2.00	MALO
2.10 - 3.00	REGULAR
3.10 - 4.00	BUENO
4.10 - 4.90	MUY BUENO
5.00	EXCELENTE

Norma CE 010, 2012.

De acuerdo a la diferencia de serviciabilidad lo calificamos como: **REGULAR**

MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr):

Fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2008)

Para materiales finos:

$$Mr(\text{psi}) = 1500 * \text{CBR}$$

Para CBR < 7.20%

$$Mr(\text{psi}) = 3000 * \text{CBR}^{0.65}$$

Para 7.20% < CBR < 20.00%

Para materiales granulares:

$$Mr(\text{psi}) = 4326 * \ln(\text{CBR}) + 241$$

Para CBR > 20.00%

$$\text{CBR} = 9.33 \quad \Rightarrow \quad Mr = 12,809.86$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO	
W18	1,714,604.00
Mr	12,809.86
R	80%
Z _r	-0.841
S _o	0.45
P _o	4.20
P _t	2.00
ΔPSI	2.20
SN	2.788

COLOCAR VALORES (SN) PARA HALLAR UNA APROXIMACIÓN DE IGUALDAD DE LA ECUACIÓN

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R^{-8.07}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_A = \underbrace{\hspace{10em}}_B$$

$$\boxed{6.234} = \boxed{6.235} \rightarrow \boxed{SN = 2.788}$$

B) DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (ai):

CAPA	CBR %	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (ai)
CARPETA	-	0.170
BASE	80.00	0.052
SUBBASE	40.00	0.047

Recomendada para todos los tipos de Tráfico
 Recomendada para Tráfico < 5'000,000 EE
 Recomendada para Tráfico < 15'000,000 EE

Para los coeficiente de la base y sub base se usa las figuras 2.6 de la pag. II-19 y 2.7 de la pag. II-21 de la guía AASHTO

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (mi)

a) APLICADAS SOLA PARA CAPAS DE BASE Y SUB BASE NO TRATADAS

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA	% TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
		<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
EXCELENTE	2 HORAS	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 DIA	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 SEMANA	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 MES	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY MALO	NO DRENA	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 7.2 de la guía de la AASHTO.

b) SE CONSIDERA QUE LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE ES BUENA

CAPA	CBR (%)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)
BASE	80.00	1.00
SUB BASE	40.00	1.00

CÁLCULO DE ESPESORES DE LAS CAPAS:

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

DONDE:

- SN = NUMERO ESTRUCTURAL
- ai = COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CADA CAPA
- Di = ESPESOR DE CADA CAPA
- mi = COEFICIENTE DE DRENAJE DE CADA CAPA

a) ESPESORES ADOPTADOS:

TRÁFICO ESAL's	CONCRETO ASFÁLTICO D ₁	BASE DE AGREGADOS D ₂
Menos de 50,000	2.50 cm (o tratamiento superficial)	10.00 cm
50,001 - 150,000	5.00 cm	10.00 cm
150,001 - 500,000	6.50 cm	10.00 cm
500,001 - 2'000,000	7.50 cm	15.00 cm
2'000,001 - 7'000,000	9.00 cm	15.00 cm
Más de 7'000,000	10.00 cm	15.00 cm

Tabla 8.2 de la guía AASHTO. Espesores mínimos sugeridos de concreto asfáltico y base granular.

Teniendo en cuenta las recomendaciones, decidimos adoptar los siguientes espesores:

D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	D ₃ (cm)
5.00	20.00	20.00
Carpeta Asfáltica	Base	Sub Base

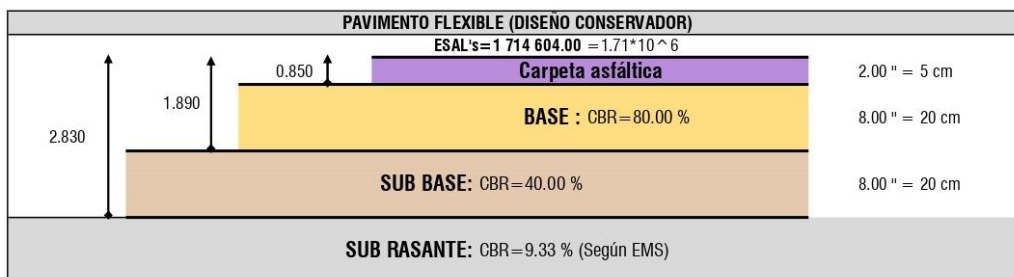
b) VERIFICAMOS:

$$\text{SN (Requerido)} \leq \text{SNR (Resultado)}$$

$$2.788 \leq 2.830$$

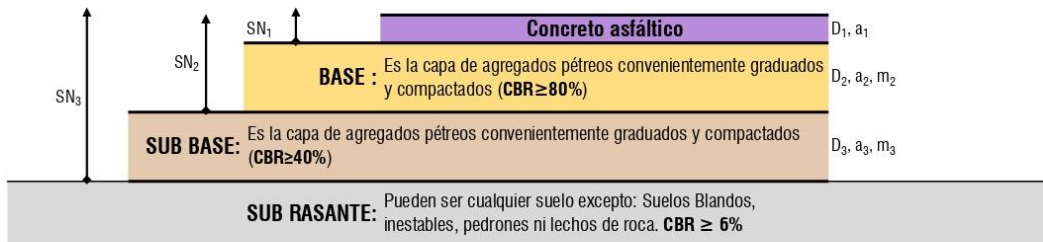
CUMPLE

ESPEORES MÍNIMOS DE LAS CAPAS:



DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA UNIAXIAL - MÉTODO AASHTO 1993

TESIS: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"



- a_1 : Coeficiente de capa representativo de la superficie de concreto asfáltico, depende del del Módulo Elástico (Resiliente) E_{AC} . Se usa la Fig. 2.5
- a_2 : Coeficiente de capa representativo de la base granular. Se usa la Fig. 2.6
- a_3 : Coeficiente de capa representativo de la sub base granular. Se usa la Fig. 2.7
- D_1, D_2, D_3 : Espesores reales (en pulgadas) de la superficie, base y sub base respectivamente.
- m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

DATOS:

ESAL de diseño (Estación N°01)	W18 ₁	1.714.604.00	Según Estudio de Tráfico
Periodo de diseño	n	20	Años
CBR de diseño	CBR	11.83	% Según EMS
Zona del proyecto		Barranca	

1. CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - ESAL N°01

A) CALCULANDO EL NÚMERO ESTRUCTURAL

ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

DONDE:

- W_{18} : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.
- Z_r : Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
- S_o : Desviación Estándar Total
- S_N : Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).
- ΔPSI : Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (P0) y final (Pf)
- M_R : Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)

NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE (W18):

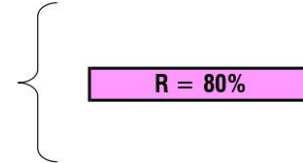
W18₁ = 1.714.604.00

ESAL DE DISEÑO (VER CÁLCULO EN ESTUDIO DE TRÁFICO)

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R %):

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
INTERESTATAL Y VÍAS RÁPIDAS	85 - 99.9	80 - 99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80 - 99	75 - 95
COLECTORAS	80 - 95	75 - 95
LOCALES	50 - 80	50 - 80

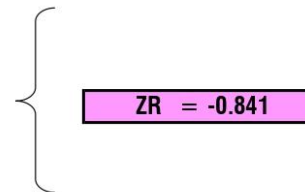
Según la Tabla 2.2 en la página 99 de la guía de AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR):

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Según la Tabla 4.1 en la página I-62 de la guía AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA O TOTAL (So):

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (SO)	
0.30 - 0.40	PAVIMENTOS RÍGIDOS
0.40 - 0.50	PAVIMENTOS FLEXIBLES

Sección 4.3 de la página I-62 de la guía AASHTO

SE RECOMIENDA
0.35 = Construcción nueva
0.40 = Sobrecapas
0.45 = Construcción nueva
0.50 = Sobrecapas

Entonces, para pavimento flexible se asume:

So = 0.45

PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPsi):

a) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

TIPO DE PAVIMENTO	Po
Pavimento Rígido	4.50
Pavimento Flexible	4.20

- Para Pavimentos Flexibles:

Po = 4.20

b) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

DESCRIPCIÓN	Pf
Expresas	3.00
Arteriales	2.50
Colectoras	2.25
Locales	2.00

- Para Pavimentos Flexibles:

$$P_t = 2.00$$

c) DIFERENCIA

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$



$$\Delta PSI = 2.20$$

d) NIVEL DE SERVICIO (PSI)

PSI	CALIFICACIÓN
0.00	INTRANSITABLE
0.10 - 1.00	MUY MALO
1.10 - 2.00	MALO
2.10 - 3.00	REGULAR
3.10 - 4.00	BUENO
4.10 - 4.90	MUY BUENO
5.00	EXCELENTE

Norma CE 010, 2012.

De acuerdo a la diferencia de serviciabilidad lo calificamos como:

REGULAR

MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr):

Fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2008)

Para materiales finos:

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \cdot \text{CBR}$$

Para CBR < 7.20%

$$Mr(\text{psi}) = 3000 \cdot \text{CBR}^{0.65}$$

Para 7.20% < CBR < 20.00%

Para materiales granulares:

$$Mr(\text{psi}) = 4326 \cdot \ln(\text{CBR}) + 241$$

Para CBR > 20.00%

$$\text{CBR} = 11.83$$



$$Mr = 14,947.25$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO	
W18	1,714,604.00
Mr	14,947.25
R	80%
Zr	-0.841
So	0.45
Po	4.20
Pt	2.00
ΔPSI	2.20
SN	2.637

COLOCAR VALORES (SN) PARA HALLAR UNA APROXIMACIÓN DE IGUALDAD DE LA ECUACIÓN

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

A =
B

6.234 = 6.234 → SN = 2.637

B) DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (ai):

CAPA	CBR %	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (ai)
CARPETA	-	0.170
BASE	80.00	0.052
SUBBASE	40.00	0.047

Recomendada para todos los tipos de Tráfico
 Recomendada para Tráfico < 5'000,000 EE
 Recomendada para Tráfico < 15'000,000 EE

Para los coeficiente de la base y sub base se usa las figuras 2.6 de la pag. II-19 y 2.7 de la pag. II-21 de la guía AASHTO

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (mi)

a) APLICADAS SOLA PARA CAPAS DE BASE Y SUB BASE NO TRATADAS

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA	% TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
		<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
EXCELENTE	2 HORAS	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 DIA	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 SEMANA	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 MES	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY MALO	NO DRENA	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 7.2 de la guía de la AASHTO.

b) SE CONSIDERA QUE LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE ES BUENA

CAPA	CBR (%)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)
BASE	80.00	1.00
SUB BASE	40.00	1.00

CÁLCULO DE ESPESORES DE LAS CAPAS:

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

DONDE:

- SN = NUMERO ESTRUCTURAL
- ai = COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CADA CAPA
- Di = ESPESOR DE CADA CAPA
- mi = COEFICIENTE DE DRENAJE DE CADA CAPA

a) ESPESORES ADOPTADOS:

TRÁFICO ESAL's	CONCRETO ASFÁLTICO D ₁	BASE DE AGREGADOS D ₂
Menos de 50,000	2.50 cm (o tratamiento superficial)	10.00 cm
50,001 - 150,000	5.00 cm	10.00 cm
150,001 - 500,000	6.50 cm	10.00 cm
500,001 - 2'000,000	7.50 cm	15.00 cm
2'000,001 - 7'000,000	9.00 cm	15.00 cm
Más de 7'000,000	10.00 cm	15.00 cm

Tabla 8.2 de la guía AASHTO. Espesores mínimos sugeridos de concreto asfáltico y base granular.

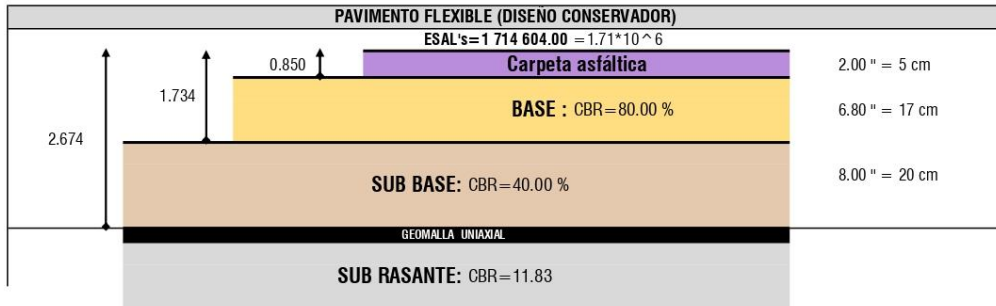
Teniendo en cuenta las recomendaciones, decidimos adoptar los siguientes espesores:

D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	D ₃ (cm)
5.00	17.00	20.00
Carpeta Asfáltica	Base	Sub Base

b) VERIFICAMOS:

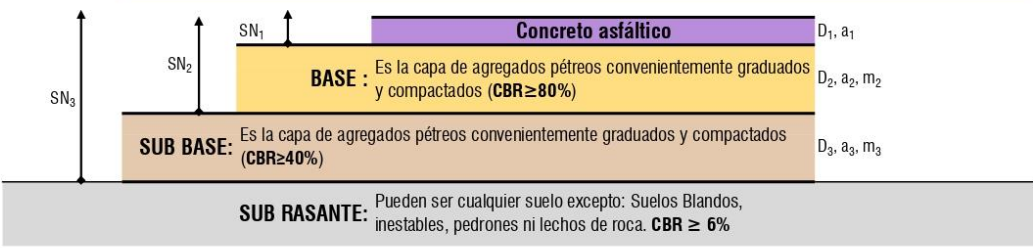
SN (Requerido)	≤	SNR (Resultado)
2.637	≤	2.674
CUMPLE		

ESPEORES MÍNIMOS DE LAS CAPAS:



DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA BIAXIAL - MÉTODO AASHTO 1993

TESIS: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"



- a_1 : Coeficiente de capa representativo de la superficie de concreto asfáltico, depende del del Módulo Elástico (Resiliente) E_{AC} . Se usa la Fig. 2.5
- a_2 : Coeficiente de capa representativo de la base granular. Se usa la Fig. 2.6
- a_3 : Coeficiente de capa representativo de la sub base granular. Se usa la Fig. 2.7
- D_1, D_2, D_3 : Espesores reales (en pulgadas) de la superficie, base y sub base respectivamente.
- m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

DATOS:

ESAL de diseño (Estación N°01)	W18,	1,714,604.00	Según Estudio de Tráfico
Periodo de diseño	n	20	Años
CBR de diseño	CBR	13.50	% Según EMS
Zona del proyecto		Barranca	

1. CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - ESAL N°01

A) CALCULANDO EL NÚMERO ESTRUCTURAL

ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

- DONDE:**
- W_{18} : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.
 - Z_r : Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
 - S_o : Desviación Estándar Total
 - S_N : Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).
 - ΔPSI : Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (P0) y final (Pf)
 - M_R : Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)

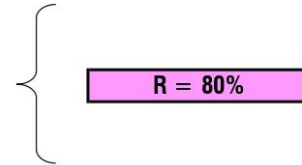
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE (W18):

W18₁ = 1,714,604.00 ESAL DE DISEÑO (VER CÁLCULO EN ESTUDIO DE TRÁFICO)

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R %):

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
INTERESTATAL Y VÍAS RÁPIDAS	85 - 99.9	80 - 99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80 - 99	75 - 95
COLECTORAS	80 - 95	75 - 95
LOCALES	50 - 80	50 - 80

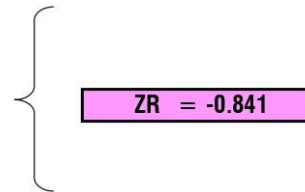
Según la Tabla 2.2 en la página 99 de la guía de AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR):

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Según la Tabla 4.1 en la página I-62 de la guía AASHTO



DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA O TOTAL (So):

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (SO)	
0.30 - 0.40	PAVIMENTOS RÍGIDOS
0.40 - 0.50	PAVIMENTOS FLEXIBLES

Sección 4.3 de la página I-62 de la guía AASHTO

SE RECOMIENDA
0.35 = Construcción nueva
0.40 = Sobrecapas
0.45 = Construcción nueva
0.50 = Sobrecapas

Entonces, para pavimento flexible se asume:

$S_o = 0.45$

PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI):

a) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

TIPO DE PAVIMENTO	P_o
Pavimento Rígido	4.50
Pavimento Flexible	4.20

- Para Pavimentos Flexibles:

$P_o = 4.20$

b) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

DESCRIPCIÓN	P _f
Expresas	3.00
Arteriales	2.50
Colectoras	2.25
Locales	2.00

- Para Pavimentos Flexibles:

$$P_f = 2.00$$

c) DIFERENCIA

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$



$$\Delta PSI = 2.20$$

d) NIVEL DE SERVICIO (PSI)

PSI	CALIFICACIÓN
0.00	INTRANSITABLE
0.10 - 1.00	MUY MALO
1.10 - 2.00	MALO
2.10 - 3.00	REGULAR
3.10 - 4.00	BUENO
4.10 - 4.90	MUY BUENO
5.00	EXCELENTE

Norma CE 010, 2012.

De acuerdo a la diferencia de serviciabilidad lo calificamos como:

REGULAR

MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr):

Fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2008)

Para materiales finos:

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \cdot \text{CBR}$$

Para CBR < 7.20%

$$Mr(\text{psi}) = 3000 \cdot \text{CBR}^{0.65}$$

Para 7.20% < CBR < 20.00%

Para materiales granulares:

$$Mr(\text{psi}) = 4326 \cdot \ln(\text{CBR}) + 241$$

Para CBR > 20.00%

$$\text{CBR} = 13.50$$



$$Mr = 16,286.89$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO	
W18	1,714,604.00
Mr	16,286.89
R	80%
Z _r	-0.841
S _o	0.45
P _o	4.20
P _f	2.00
ΔPSI	2.20
SN	2.5565

COLOCAR VALORES (SN) PARA HALLAR UNA APROXIMACIÓN DE IGUALDAD DE LA ECUACIÓN

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_A = \underbrace{\hspace{10em}}_B$$

$$\boxed{6.234} = \boxed{6.234} \rightarrow \boxed{SN = 2.557}$$

B) DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (ai):

CAPA	CBR %	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (ai)
CARPETA	-	0.170
BASE	80.00	0.052
SUBBASE	40.00	0.047

Recomendada para todos los tipos de Tráfico
 Recomendada para Tráfico < 5'000,000 EE
 Recomendada para Tráfico < 15'000,000 EE

Para los coeficiente de la base y sub base se usa las figuras 2.6 de la pag. II-19 y 2.7 de la pag. II-21 de la guía AASHTO

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (mi)

a) APLICADAS SOLA PARA CAPAS DE BASE Y SUB BASE NO TRATADAS

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA	% TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
		<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
EXCELENTE	2 HORAS	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 DIA	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 SEMANA	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 MES	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY MALO	NO DRENA	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 7.2 de la guía de la AASHTO.

b) SE CONSIDERA QUE LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE ES BUENA

CAPA	CBR (%)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)
BASE	80.00	1.00
SUB BASE	40.00	1.00

CÁLCULO DE ESPESORES DE LAS CAPAS:

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

DONDE:

- SN = NUMERO ESTRUCTURAL
- ai = COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CADA CAPA
- Di = ESPESOR DE CADA CAPA
- mi = COEFICIENTE DE DRENAJE DE CADA CAPA

a) ESPESORES ADOPTADOS:

TRÁFICO ESAL's	CONCRETO ASFÁLTICO D ₁	BASE DE AGREGADOS D ₂
Menos de 50,000	2.50 cm (o tratamiento superficial)	10.00 cm
50,001 - 150,000	5.00 cm	10.00 cm
150,001 - 500,000	6.50 cm	10.00 cm
500,001 - 2'000,000	7.50 cm	15.00 cm
2'000,001 - 7'000,000	9.00 cm	15.00 cm
Más de 7'000,000	10.00 cm	15.00 cm

Tabla 8.2 de la guía AASHTO. Espesores mínimos sugeridos de concreto asfáltico y base granular.

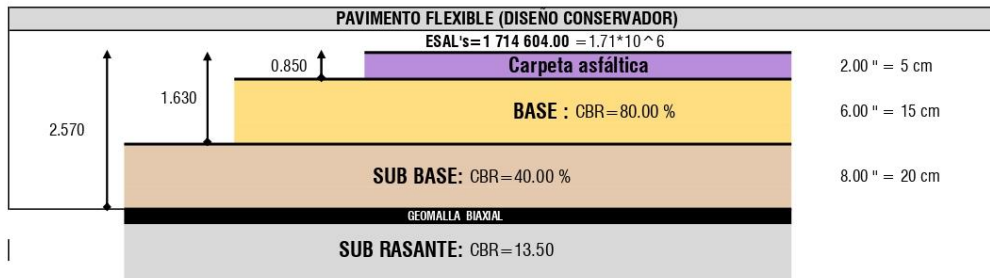
Teniendo en cuenta las recomendaciones, decidimos adoptar los siguientes espesores:

D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	D ₃ (cm)
5.00	15.00	20.00
Carpeta Asfáltica	Base	Sub Base

b) VERIFICAMOS:

SN (Requerido)	≤	SNR (Resultado)
2.557	≤	2.570
CUMPLE		

ESPEORES MÍNIMOS DE LAS CAPAS:



DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON GEOMALLA TRIAXIAL - MÉTODO AASHTO 1993

TESIS: "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS CON TRES TIPOS DE GEOMALLA EN EL CENTRO POBLADO LA ENSENADA, BARRANCA, 2024"



- a₁: Coeficiente de capa representativo de la superficie de concreto asfáltico, depende del Módulo Elástico (Resiliente) E_{AC}. Se usa la Fig. 2.5
- a₂: Coeficiente de capa representativo de la base granular. Se usa la Fig. 2.6
- a₃: Coeficiente de capa representativo de la sub base granular. Se usa la Fig. 2.7
- D₁, D₂, D₃: Espesores reales (en pulgadas) de la superficie, base y sub base respectivamente.
- m₂, m₃: Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

DATOS:

ESAL de diseño (Estación N°01)	W ₁₈ ,	1,714,604.00	Según Estudio de Tráfico
Periodo de diseño	n	20	Años
CBR de diseño	CBR	14.67	% Según EMS
Zona del proyecto		Barranca	

1. CÁLCULO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - ESAL N°01

A) CALCULANDO EL NÚMERO ESTRUCTURAL

ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

DONDE:

- W₁₈ : Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 tn en el periodo de diseño.
- Z_r : Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
- S_o : Desviación Estándar Total
- S_N : Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).
- ΔPSI : Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (P₀) y final (P_f)
- M_R : Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)

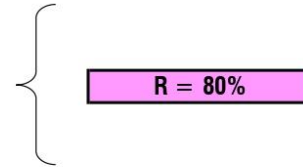
NÚMERO DE EJES EQUIVALENTE (W₁₈):

$$W_{18} = 1,714,604.00$$

ESAL DE DISEÑO (VER CÁLCULO EN ESTUDIO DE TRÁFICO)

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R %):

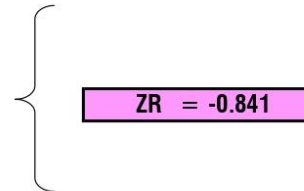
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
INTERESTATAL Y VÍAS RÁPIDAS	85 - 99.9	80 - 99.9
ARTERIAS PRINCIPALES	80 - 99	75 - 95
COLECTORAS	80 - 95	75 - 95
LOCALES	50 - 80	50 - 80



Según la Tabla 2.2 en la página 99 de la guía de AASHTO

DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR):

CONFIABILIDAD R (%)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ZR
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750



Según la Tabla 4.1 en la página I-62 de la guía AASHTO

DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA O TOTAL (So):

DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (SO)	
0.30 - 0.40	PAVIMENTOS RÍGIDOS
0.40 - 0.50	PAVIMENTOS FLEXIBLES

SE RECOMIENDA
0.35 = Construcción nueva
0.40 = Sobrecapas
0.45 = Construcción nueva
0.50 = Sobrecapas

Sección 4.3 de la página I-62 de la guía AASHTO

Entonces, para pavimento flexible se asume:

So = 0.45

PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI):

a) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

TIPO DE PAVIMENTO	Po
Pavimento Rígido	4.50
Pavimento Flexible	4.20

- Para Pavimentos Flexibles:

Po = 4.20

b) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL QUE RECOMIENDA EL AASHTO

DESCRIPCIÓN	Pf
Expresas	3.00
Arteriales	2.50
Colectoras	2.25
Locales	2.00

- Para Pavimentos Flexibles: **Pf = 2.00**

c) DIFERENCIA

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad \rightarrow \quad \Delta PSI = 2.20$$

d) NIVEL DE SERVICIO (PSI)

PSI	CALIFICACIÓN
0.00	INTRANSITABLE
0.10 - 1.00	MUY MALO
1.10 - 2.00	MALO
2.10 - 3.00	REGULAR
3.10 - 4.00	BUENO
4.10 - 4.90	MUY BUENO
5.00	EXCELENTE

Norma CE 010, 2012.

De acuerdo a la diferencia de serviciabilidad lo calificamos como: **REGULAR**

MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr):

Fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2008)

Para materiales finos:

$$Mr(\text{psi}) = 1500 \cdot \text{CBR}$$

Para CBR < 7.20%

$$Mr(\text{psi}) = 3000 \cdot \text{CBR}^{0.65}$$

Para 7.20% < CBR < 20.00%

Para materiales granulares:

$$Mr(\text{psi}) = 4326 \cdot \ln(\text{CBR}) + 241$$

Para CBR > 20.00%

$$\text{CBR} = 14.67 \quad \rightarrow \quad \text{Mr} = 17,190.99$$

CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN):

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO	
W18	1,714,604.00
Mr	17,190.99
R	80%
Zr	-0.841
So	0.45
Po	4.20
Pt	2.00
ΔPSI	2.20
SN	2.507

COLOCAR VALORES (SN) PARA HALLAR UNA APROXIMACIÓN DE IGUALDAD DE LA ECUACIÓN

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$



6.234 = 6.234 → SN = 2.507

B) DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (ai):

CAPA	CBR %	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (ai)
CARPETA	-	0.170
BASE	80.00	0.052
SUBBASE	40.00	0.047

Recomendada para todos los tipos de Tráfico
 Recomendada para Tráfico < 5'000,000 EE
 Recomendada para Tráfico < 15'000,000 EE

Para los coeficiente de la base y sub base se usa las figuras 2.6 de la pag. II-19 y 2.7 de la pag. II-21 de la guía AASHTO

COEFICIENTES DE DRENAJE PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (mi)

a) APLICADAS SOLA PARA CAPAS DE BASE Y SUB BASE NO TRATADAS

CALIDAD DE DRENAJE	AGUA ELIMINADA	% TIEMPO EN EL AÑO, QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A UN NIVEL DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
		<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
EXCELENTE	2 HORAS	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
BUENO	1 DIA	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
REGULAR	1 SEMANA	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
POBRE	1 MES	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
MUY MALO	NO DRENA	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 7.2 de la guía de la AASHTO.

b) SE CONSIDERA QUE LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE ES BUENA

CAPA	CBR (%)	COEFICIENTE DE DRENAJE (mi)
BASE	80.00	1.00
SUB BASE	40.00	1.00

CÁLCULO DE ESPESORES DE LAS CAPAS:

$$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

DONDE:

- SN = NUMERO ESTRUCTURAL
- ai = COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CADA CAPA
- Di = ESPESOR DE CADA CAPA
- mi = COEFICIENTE DE DRENAJE DE CADA CAPA

a) ESPESORES ADOPTADOS:

TRÁFICO ESAL's	CONCRETO ASFÁLTICO D ₁	BASE DE AGREGADOS D ₂
Menos de 50,000	2.50 cm (o tratamiento superficial)	10.00 cm
50,001 - 150,000	5.00 cm	10.00 cm
150,001 - 500,000	6.50 cm	10.00 cm
500,001 - 2'000,000	7.50 cm	15.00 cm
2'000,001 - 7'000,000	9.00 cm	15.00 cm
Más de 7'000,000	10.00 cm	15.00 cm

Tabla 8.2 de la guía AASHTO. Espesores mínimos sugeridos de concreto asfáltico y base granular.

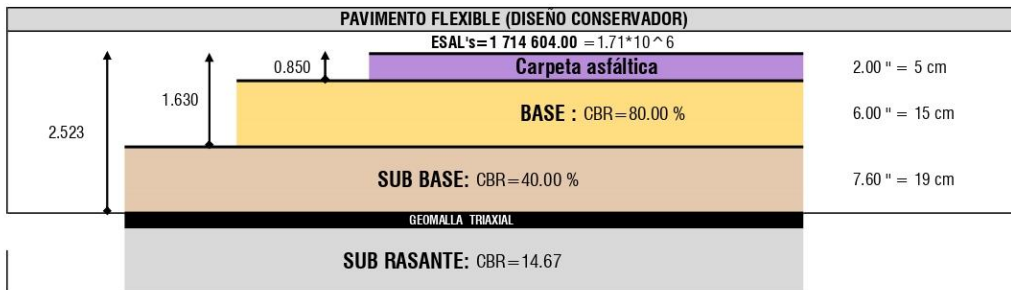
Teniendo en cuenta las recomendaciones, decidimos adoptar los siguientes espesores:

D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	D ₃ (cm)
5.00	15.00	19.00
Carpeta Asfáltica	Base	Sub Base

b) VERIFICAMOS:

SN (Requerido)	≤	SNR (Resultado)
2.507	≤	2.523
CUMPLE		

ESPEORES MÍNIMOS DE LAS CAPAS:



ANEXO N° 5: Fichas técnicas de geomallas





GEOMALLA UNIAXIAL

Las geomallas uniaxiales son elaboradas con el exclusivo Multifilamento G5 de Poliéster de Alta Tenacidad (PET), desarrolladas para interactuar con suelos y agregados pétreos, proporcionando alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación a las estructuras de suelo que conforman.

Las fibras de geomalla son recubiertas con un copolímero que le otorga mayor rigidez dimensional y la protección necesaria en su instalación. Presenta estabilidad en el comportamiento mecánico a largo plazo a través de su baja plastodeformación, lo cual representa permanencia en la función de refuerzo a través del tiempo y control de deformaciones en la estructura reforzada. La Geomalla Uniaxial es empleada en la construcción de taludes de alta pendiente, muros de contención en suelo reforzado y terraplenes sobre suelos blandos.

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES MARV
			UX100
Resistencia última a la tensión (MD) ⁽¹⁾		kN/m	115
Resistencia última a la tensión (TD) ⁽²⁾	ASTM D 6637	kN/m	25,0
Elongación última (MD) ⁽³⁾		%	12,3
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI - GG4 (b)	kN/m	57,5
Módulo secante al 2% elongación (MD)	ASTM D 6637	kN/m	1080
Coefficiente de interacción por Pull Out Ci @ 24 kPa	ASTM D 6706		1.09
PROPIEDADES FÍSICAS			
Tamaño de abertura (MD) ⁽⁴⁾	Medido	mm	30
Tamaño de abertura (TD) ⁽⁴⁾	Medido	mm	21
PRESENTACIÓN DEL ROLLO			
Ancho ⁽⁴⁾ x largo	Medido	m	5,30 x 60
Observaciones:			
<p>MARV: Los valores reportados corresponden a los mínimos valores promedio de rollo (MARV en inglés), los cuales son calculados del promedio menos dos desviaciones estándar de un población de datos extensa y que estadísticamente representa un 97,7 % de nivel de confianza que cualquier muestra tomada para aseguramiento de la calidad, excederá el valor reportado. MD: Dirección de la máquina, a lo largo de los rollos. TD: Dirección transversal a través del largo de los rollos. (1) Poliéster de alta tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilo finales a menores a 30, resistente a la degradación por rayos UV, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas presentes naturalmente en los suelos. (2) Las propiedades de tensión se determinaron empleando la opción B (Múltiples costillas) del Método de prueba ASTM D6637 debido a que tiene en cuenta la interacción de todas las costillas en el ancho del espécimen. (3) Valor promedio. (4) El ancho puede variar en un rango de +/- 1,0%.</p>			

 Av. La Molina 644, La Molina - Lima
 946 368 403
 ventas@shulcanbussines.com

www.shulcan.com

Los valores de las propiedades mecánicas corresponden a la resistencia nominal del material T_{ult} . Para efectos de diseño, se debe determinar la resistencia disponible T_{disp} considerando la aplicación de factores de reducción que cuantifican la afectación del material por daños de instalación, daños por ataques químicos y por fluencia mediante la ecuación (a) así:

$$T_{disp} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} * RF_D * RF_{ID}} \quad (a)$$

En la Tabla 1 se presentan los valores mínimos para cada caso.

Tabla 1. Factores de reducción para FORTEX®

Nº	Factor de reducción	Valor	
1	Factor de reducción por creep RF_{CR} (Según ASTM D 5262 / 6992)		
	@ 75 años		1.58
	@ 114 años		1.60
2	Factor de reducción por durabilidad RF_D (daños por ataques químicos ó bacteriológicos) ^(b)	3 < pH < 5	5 < pH < 8
		8 < pH < 9	1.15
3	Factor de reducción por daños durante la instalación RF_{ID} ^{(b) (c)}	Material tipo 1. Tamaño máx 100 mm. (4plg) alrededor de 30mm (11/4plg)	Material tipo 2. Tamaño máx 20mm (3/4plg). alrededor de 0,70mm (1/4plg)
		1.30 - 1.85	1.10 - 1.30

(b) De acuerdo con FHWA-NHI-10-024, según ensayos GRI GG7 – GRI GG8;

(c) La resistencia en los nudos es superior a 110 N, superando los requisitos de supervivencia ante daños de instalación de acuerdo con FHWA NHI-07-092. Los valores bajos del rango se asocian con materiales poco abrasivos, colocados con equipo de construcción convencional, con presiones de inflado menores a 550 kPa (80 psi). Los valores altos del rango se asocian con materiales abrasivos provenientes de trituración.

El Multifilamento G5 debe su alta estabilidad química y física a la complejidad polimérica del Poliéster de Alta Tenacidad (PET) utilizado y al proceso de transformación de GEOMATRIX, que incluye procesos especiales de tensionamiento y orientación mediante los cuales se le confieren características particulares entre las cuales se destacan la alta resistencia a la tensión y el alto módulo de deformación, bajo creep, resistencia a la carga cíclica y resistencia a las altas temperaturas. Estas características, combinadas con la técnica de construcción y el impregnado con copolímero, dan como resultado una geomalla de alto desempeño, resistente al daño por instalación, de alta estabilidad dimensional y alta eficiencia en la interacción con el agregado (entramamiento).

Los resultados obtenidos en ensayos de deformación plástica (creep) efectuados a las geomallas FORTGRID® en laboratorio acreditado GAI – LAP demuestran que éstas pueden reforzar suelos utilizando hasta el 62,5% de la resistencia última sin presentar deformación plástica, en periodos hasta de 114 años, como se aprecia en la figura 1.

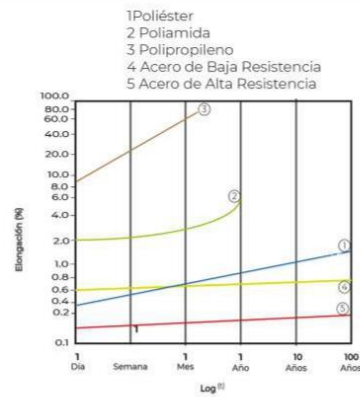
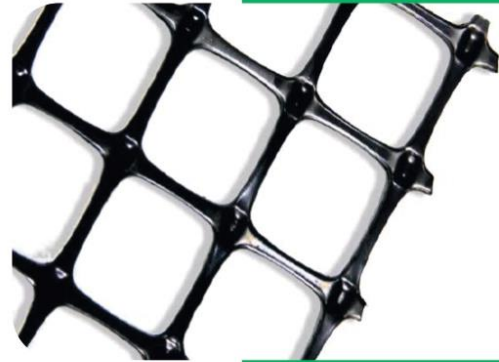


Figura 1. Deformación plástica a través del tiempo. Materiales sometidos al 60% de su carga última en tensión. Adaptado de (Pilarzick K.W. Geosynthetics in Hydraulic and Coastal Engineering)

Av. La Molina 644, La Molina - Lima
946 368 403
ventas@shulcanbussines.com

www.shulcan.com

GEOMALLA BIAXIAL BX3030



1. ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

- **Tipo de producto:** Geomalla biaxial extruida.
- **Polímero:** 100% Polipropileno.
- **Mecanismo de transferencia de carga:** Enclavamiento mecánico positivo.
- **Aplicaciones principales:**
Para mejoramiento de subrasantes blandas y refuerzo de capa base, redistribución de cargas (plataformas o terraplenes), en suelos saturados y conformados por finos, etc..

DATOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	NORMA	UNIDAD	VALOR MARV
PROPIEDADES FÍSICAS			
Polímero	-	PP	-
Dimensiones de abertura malla (MD/TD)	-	mm	34 / 36
Espesor mínimo de costilla (MD/TD)	ASTM D1777	mm	2 / 15
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Resistencia a la tensión al 2% de deformación (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	10.5 / 10.5
Resistencia a la tensión al 5% de deformación (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	21 / 21
Resistencia última a la tensión (MD/TD)	ASTM D6637	KN/m	30 / 30
Elongación al esfuerzo último (MD/TD)	ASTM D6637	%	10 / 10
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL			
Eficiencia de Juntas	GRI GG2	%	95
Rigidez a la flexión	ASTM D1388	mg-cm	3,930,000
Estabilidad de apertura	COE Method	mm-N/deg	1,432
DURABILIDAD			
Resistencia a la degradación UV	ASTM D4355 / D6637	%	100
Contenido mínimo negro carbón	ASTM D4218	%	2
Resistencia al daño químico	EPA 9090A	%	100
DIMENSIONES			
Ancho de Rollo	-	m	3.95
Largo de Rollo	-	m	50
Peso	-	kg	66
Rollo Área	-	m ²	197.5

Las Geomallas son elementos elaborados con resinas selectas de polipropileno, las cuales son química y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; son resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección en el plano de la geomalla.

2. BENEFICIOS

- Alta resistencia a la tracción en ambas direcciones longitudinal y transversal.
- Reduce el costo de construcción.
- Aumenta la capacidad de carga de la subrasante.
- Reduce la erosión del suelo.
- UV estabilizado.
- Resistencia a la corrosión química y biológica.

3. APLICACIONES

- Refuerzo de la base para pavimentos flexibles.
- Mejora de subrasante y cimentación: alternativa rentable a la socavación y el relleno.
- Refuerzo de caminos pavimentados y no pavimentados.
- Refuerzo de relleno de sobrecarga o rellenos temporales como plataformas de construcción.
- Refuerzo en rellenos de terraplenes y presas de tierra.

01

Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos mecánicos en la instalación.

02

Alta resistencia a la deformación cuando la geomalla se somete a esfuerzos aplicados durante su uso.

03

Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural cuando la geomalla se somete a esfuerzos ambientales a largo plazo.



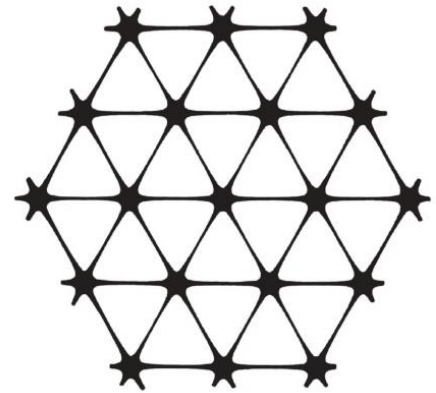
GEOMALLA

MULTIAXIAL GEOGRID 350 PP

1. ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO

La geomalla Multiaxial 350 PP Geoace; está fabricada con resinas 100% polipropileno, desarrollada para ofrecer soporte en tres direcciones principales y unidos mediante un patrón de estructura triangular.

Proporcionan propiedades excepcionales de refuerzo y confinamiento del suelo, ofreciendo una mayor resistencia a las cargas estáticas y dinámicas. Una solución ideal para aplicaciones en ingeniería civil y geotécnica del suelo que requieran gran estabilidad.



PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDAD	LONGITUDINAL	DIAGONAL	TRANSVERSAL	GENERAL
Polímero					Polipropileno
Distancia entre costillas paralelas	mm (pulg)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
Profundidad a mitad de costilla	mm (pulg)	-	1,8 (0.07)	1,5 (0.06)	
Ancho a mitad de costilla	mm (pulg)	-	1,1 (0.04)	1,3 (0.05)	
Espesor de nudos o juntas	mm (pulg)				3,1 (0.12)
Forma de Costilla					Rectangular
Forma de apertura					Triangular
INTEGRIDAD ESTRUCTURAL					
Eficiencia en unión	%				93
Estabilidad de apertura kg-cm / grad @ 5.0kg-cm					3.6
Rigidez radial a baja deformación kN/m @ 0.5% deformación					300
Rigidez radial a baja deformación lb/ft @ 0.5% deformación					20580
DURABILIDAD					
Resistencia a la degradación química	%				100
Resistencia a la luz ultravioleta e intemperie	%				100
DIMENSIONES					
Ancho de rollo	m				3.95
Largo de rollo	m	-	-		50
Área rollo	m ²	-	-		197.5

Notas:

(1). Los valores que se muestran en esta ficha corresponden a valores mínimos promedios del rollo (MARV).

3. APLICACIONES

Para refuerzo y estabilización en:

- Base para pavimentos flexibles.
- Vías pavimentadas y sin pavimentar.
- Muros de contención en suelo reforzado.
- Terraplenes y presas de tierra.
- Taludes laterales de vertederos.
- Muros de adobe y estructuras vulnerables.
- Relleno de sobrecarga o rellenos temporales como plataformas de construcción, entre otros.

2. BENEFICIOS

- Disminuye los espesores de capas de pavimentos, y con ello reduce los costos de construcción.
- Alarga la vida útil de las vías (caminos, pistas aéreas y vías férreas).
- Reduce la aparición de grietas reflejo en repavimentaciones.
- Mejora de subrasante y cimentación: alternativa rentable a la socavación y el relleno.
- Es de fácil transporte, manejo e instalación.
- Aumenta la capacidad de carga de la subrasante.
- UV estabilizado.
- Resistencia a la corrosión química y biológica.

ANEXO N° 6: Cotización de geomalla triaxial



GEOACE PERU S.A.C. | RUC: 20553727210
 Oficina: Jr. José Olaya 1573 La Perla - Callao
 Planta: Av. Santa Ana Lote 3 Z. I. Lotización
 Rústica Chacra Cerro - Comas - Lima
 (511) 420-4860 | www.geoaceperu.com

COTIZACIÓN N° 001 - 23266-01/2025

Empresa :	Fecha : 28/03/2025
RUC :	Contacto : MOISES GOMEZ RAMIREZ
Dirección :	Email : mgomezr152@gmail.com
Teléfono :	Teléfono : 51 997 247 786

Nos es grato saludarlos y al mismo tiempo hacerles llegar la siguiente propuesta para su proyecto de INFRAESTRUCTURA:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UM	CANT.	P. UNIT. US\$	PARCIAL US\$
1	GEOMALLA BIAxIAL PP BX2020 (ROLLO: 3.95M X 50.0M) CANTIDAD DE ROLLOS = 1 ud.	M2	197.50	0.98	193.55
2	GEOMALLA BIAxIAL PP BX3030 (ROLLO: 3.95M X 50.0M) CANTIDAD DE ROLLOS = 1 ud.	M2	197.50	1.50	296.25
3	GEOMALLA MULTIAxIAL 350 PP (ROLLO: 3.95M X 50.0M) CANTIDAD DE ROLLOS = 1 ud.	M2	197.50	1.85	365.38
V. VENTA US\$					855.18
IGV 18%					153.93
TOTAL US\$					1,009.11

SON: UN MIL NUEVE CON 11/100 DOLARES AMERICANOS

CONDICIONES COMERCIALES:

Nuestros costos: Expresados en Dolares americanos. Precios unitarios no incluyen IGV.

Forma de Pago: 100% adelantado con la OC.

Tiempo de entrega: Inmediato despues de OC y deposito en Cta Cte.

Lugar de entrega: Av. Santa Ana Lote 3 Z.I. Lotización Rústica Chacra Cerro - Comas - Lima.

Observaciones comerciales: Ficha tecnica / Certificado de Calidad

Validez de la oferta: 7 dias.

Cuentas bancarias:

Banco	Moneda	Cuenta Corriente	Codigo interbancario (CCI)
SCOTIABANK PERU	PEN	000-2275490	009-072-000002275490-07
	USD	000-4489561	009-072-000004489561-03
BBVA CONTINENTAL	PEN	0011-0970-0100017053	011-970-000100017053-18
	USD	0011-0970-0100017061	011-970-000100017061-11
INTERBANK	PEN	898-3003861222	003-898-003003861222-49
	USD	898-3003861230	003-898-003003861230-42
BCP	PEN	192-9869434-0-50	002-192-009869434050-30
	USD	192-9874198-1-81	002-192-009874198181-39

Jessy Falconi | Ejecutiva de Ventas

GEOACE PERU SAC

Móvil: 959532120 | Whatsapp : 959532120 | ventas@geoaceperu.com