



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y  
DE ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

---



**TESIS**

**Alternativas de la Utilización de materiales geosintéticos en función de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Morrope – El Angolo, El Angolo – playa san Pedro (8.00 km), Distrito de Morrope, Provincia y Departamento de Lambayeque.**

**Para obtener el Título Profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Walter Javier Chapoñan Vidaurre.**

**Carlos Alberto García Pintado.**

**Autores**

**Mg. Ing. Anaya Morales Roger Antonio**

**Asesor**

**Lambayeque – Perú**

**Marzo -2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y**  
**DE ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**Alternativas de la utilización de materiales geosintéticos en función de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Morrope – El Angolo, El Angolo – playa san pedro (8.00 km), distrito de Morrope, provincia y departamento de Lambayeque.**

**Para obtener el Título Profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Aprobado por los miembros del jurado**

**Ing. Dávila Vidarte Domingo Jorge**

**Presidente**

**Mg. Ing. Salazar Bravo Wesley Amado**

**Secretario**

**Ing. Martínez Santos Jorge Luis**

**Vocal**

**Lambayeque – Perú**

**Marzo - 2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y**  
**DE ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



## **TESIS**

**Alternativas de la utilización de materiales geosintéticos en función de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Morrope – El Angolo, El Angolo – playa san Pedro (8.00 km), distrito de Morrope, provincia y departamento de Lambayeque.**

**Para obtener el Título Profesional de:**

**Ingeniero Civil**

  
DNI 43737092

**Chapoñan Vidaurre Walter Javier**

**AUTOR**

  
Carlos Alberto  
García Pintado  
DNI N° 41800121

**García Pintado Carlos Alberto**

**AUTOR**

  
Roger A. Anaya Morales  
INGENIERO CIVIL  
REGISTRO CIP. N° 61874

**Mg. Ing. Anaya Morales Roger Antonio**

**Asesor**

**Lambayeque – Perú**

**Marzo - 2023**

## DEDICATORIAS

A **DIOS**, por brindarme salud, fortaleza y permitirme  
haber llegado hasta este momento de mi formación  
profesional y lograr mis objetivos académicos, a mis  
padres **Esteban y Angela**, por su apoyo, consejos,  
compresión y amor. Por inculcarme buenos valores, y así  
lograr todo lo que soy como persona con principios,  
empeño y perseverancia para conseguir mis objetivos y  
valor para seguir adelante

**Walter Javier Chapoñan Vidaurre**

El presente proyecto lo dedico de corazón a mi familia,  
por ser los principales promotores de mis sueños, gracias  
por confiar y creer en mí y en mis expectativas, por  
haberme brindado la confianza y seguridad de poder  
lograr este objetivo, a mi madre **Flor de María** por el  
apoyo y la confianza que me brindaste, gracias porque  
siempre, haz estado a mi lado; gracias **Francisco** que  
como padre comparto este logro contigo

**Carlos Alberto García Pintado**

## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a mi padre Esteban Chapoñan Bances y a  
mi madre Angela Vidaurre Bravo por su esfuerzo y  
enseñanzas que me brindaron desde niño y que al día  
de hoy se reflejan en mis logros obtenidos

Agradecer a Dios por la vida de mis padres,  
porque todos los días bendice mi vida. A mi  
padre Francisco García Lezama y mi madre  
Flor de María Pintado Ramírez porque a pesar  
de las dificultades que presenta la vida siempre  
han sabido enseñarme a salir adelante y a no  
rendirme, muchas gracias por apoyarme  
incondicionalmente, este triunfo que he  
alcanzado también es de ustedes.

## INDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	11
1.1.1. ANTECEDENTES .....	12
1.2. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA .....	18
1.2.1. GEOSINTETICOS.....	18
1.2.1.1. GEOTEXTILES .....	18
1.2.2. GEOMALLAS TRIAXIALES .....	19
1.2.3. GEOMALLAS BIAXIALES .....	21
1.2.4. GEOMALLA MULTIAXIAL.....	22
1.2.5. GEOMEMBRANA.....	22
1.2.6. APLICACIONES TIPICAS .....	24
1.2.7. TERRENO NATURAL APLICANDO MATERIAL GEOSINTÉTICO ....	26
1.2.8. MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN LA SUBRASANTE .....	45
1.3. FORMULACION DEL PROYECTO.....	48
1.3.1. PROBLEMA GENERAL .....	48
1.3.2. PROBLEMA ESPECIFICO .....	48
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	48
1.5. HIPOTESIS .....	49
1.5.1. HIPOTESIS GENERAL.....	49
1.5.2. HIPOTESIS ESPECIFICA .....	49
1.6. OBJETIVOS .....	49
1.6.1. OBJETIVO GENERAL .....	49
1.6.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	50
<b>II. MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>51</b>
2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	52
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	52
2.3.1. TIPO DE INVESTIGACION.....	52
2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION .....	52
2.3.1. VARIABLES.....	52
2.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	52
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	54
2.4.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA REALIZACIÓN DE LAS CALICATAS .....	55
2.5. EXPLORACION DE CALICATAS .....	55
2.6. REALIZACIÓN DE CALICATAS .....	56
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>

3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	58
3.2.	INVESTIGACION DE CAMPO .....	58
3.3.	ENSAYOS ESTANDAR .....	59
3.4.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS .....	60
3.5.	ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARNIG RATIO (CBR) .....	61
3.6.	DESCRIPCION DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS .....	61
3.7.	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE .....	65
3.7.1.	<b>DISEÑO CONVENCIONAL</b> .....	65
3.8.	PROPUESTA DE DISEÑO DEL REFORZADO DE LA SUBRASANTE CON MATERIALES GEOSINTETICOS .....	78
3.8.1.	<b>COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS GEOMALLAS</b> .....	78
3.8.2.	<b>METODO DE DISEÑO PARA VIAS AFIRMADAS REFORZADAS CON GEOSINTETICOS DESARROLLADAS POR GIROUD – HAN</b> .....	79
3.8.3.	<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS USANDO SOFTWARE MACREA</b> .....	85
3.9.	ESTUDIO ECONOMICO .....	88
IV.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	90
V.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	91
	Bibliografía .....	92
VI.	<b>ANEXOS</b> .....	95

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar las repercusiones que presentan los materiales geosintéticos, al ser utilizados como refuerzo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera El Angolo – distrito Morrope, provincia de Lambayeque. Gracias al uso de los geosintéticos en las construcciones civiles, se evaluaron costos y ventajas para utilizarlos como alternativa en el reforzamiento de los suelos. El objetivo principal es determinar la influencia de los materiales geosintéticos en función de sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Angolo – Morrope, para tal fin se realizó estudio del suelo del tramo 0 km – 750 km de la carretera El Angolo – Morrope mediante la realización de calicatas que fueron llevadas al laboratorio GEO GESTIÓN S. A. C. para que se llevara a cabo los diferentes ensayos. Además, se realizó una revisión sobre sus efectos de desempeño de la estructura del pavimento, los mecanismos de refuerzo y las ventajas que esta genera frente a los métodos tradicionales.

Gracias al uso de los materiales geosintéticos, se logra mejorar la subrasante. el Geosintético más adecuado es la geomalla, ya que se obtuvo buenos resultados. La geomalla distribuye la carga de manera similar, brindando una función compuesta estable para la construcción aun en suelos extremadamente blandos. Cuando el CBR de la subrasante es mayor a 4 % el uso de geomalla no resulta factible porque el espesor del relleno se mantiene constante a 4.0".

**Palabras claves:** Materiales Geosintéticos, Subrasante, Geomalla, CBR, Suelos blandos, distribución de carga, Calicatas, Estructura de pavimento.



## ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of evaluating the repercussions of geosynthetic materials when used as reinforcement to improve the physical and mechanical properties of the subgrade of the El Angolo highway – Morrope district, province of Lambayeque. Thanks to the use of geosynthetics in civil constructions, costs and advantages were evaluated to use them as an alternative in soil reinforcement. The main objective is to determine the influence of geosynthetic materials based on their physical and mechanical properties of the subgrade of the Angolo – Morrope highway. For this purpose, a study of the soil of the 0 km – 750 km section of the El Angolo highway was carried out. – Morrope by making pits that were taken to the GEO GESTIÓN S. A. C. laboratory so that the different tests could be carried out. In addition, a review was carried out on its effects on the performance of the pavement structure, the reinforcement mechanisms and the advantages it generates over traditional methods.

Thanks to the use of geosynthetic materials, the subgrade is improved. The most suitable Geosynthetic is the geogrid, since good results were obtained. Geogrid distributes load similarly, providing a stable composite function for construction even in extremely soft soils. When the CBR of the subgrade is greater than 4%, the use of geogrid is not feasible because the fill thickness remains constant at 4.0".

**Keywords:** Geosynthetic Materials, Subgrade, Geogrid, CBR, Soft soils, load distribution, Calicatas, Pavement structure.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la historia de la construcción de carreteras del campo de la ingeniería, se han presentado muchos inconvenientes en algunos tipos de suelos de cimentación; como en la construcción de la subrasante de carreteras; es por ello por lo que se utilizó de la mejor manera los materiales que se encuentren disponibles, como los geosintéticos, con la finalidad de mejorar dichos inconvenientes y así poder obtener un mayor tiempo de vida útil a dichas cimentaciones.

En estados unidos, los materiales geosintéticos han sido usados para estabilizar las carreteras en zona pantanosa, cerca de la costa oriental. Las condiciones desfavorables que presentaron algunos lugares de la ciudad de Chicago para la construcción de una vía fueron mejoradas mediante el uso de geotextiles. (Mera H., 2017)

El desconocimiento de nuevos materiales para la construcción de cimentaciones en carreteras, ha ocasionado el descuido y deterioro de las rutas de acceso a las diferentes ciudades del país, ya sea por el costo elevado que se genera al utilizar materiales adicionales, subrasante de mala calidad o también por la lejanía de material granular, esto trae como consecuencia a no lograr un espesor adecuado de relleno sobre la subrasante y así evitar el rápido deterioro de la carretera.

En la actualidad, con el uso de materiales geosintéticos se obtiene un empleo más eficiente de los recursos de los proyectos, estos se pueden perfeccionar con el respectivo conocimiento del aspecto técnico y económico del empleo de este material.

Debido a la problemática mencionada anteriormente y los beneficios que presentan los materiales geosintéticos hoy en día, se determinó realizar un estudio minucioso con el propósito de mejorar el tiempo de conservación de dicha carretera mediante el uso de geosintéticos, ya que estos destacan por poseer un buen comportamiento mecánico en

suelos blandos y como refuerzo de pavimentos, la aplicación de dicho material en la carretera El Angolo – Morrope es técnica y económicamente viable.

Gracias a esta investigación realizada nos permitió adquirir los conocimientos teóricos – prácticos sobre el uso de geosintéticos como refuerzo de la subrasante en las carreteras no pavimentadas. Los resultados obtenidos en esta investigación realizada, son de utilidad para las futuras investigaciones que se puedan realizar sobre el tema en estudio. También aporta en la toma de decisiones, cuando se elige el tipo de diseño en la elaboración y ejecución de nuevos proyectos de investigación relacionados al diseño de carreteras no pavimentadas

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En nuestro país encontramos diversas normas relacionadas a carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, con el paso del tiempo estas han presentado diversas modificaciones en sus especificaciones técnicas, métodos de diseño, construcción, mejoramiento y conservación de estas.

En la actualidad se presentan diversos problemas por la baja planeación de obras viales, debido a que los trabajos realizados a los sistemas de pavimentación, construcción en suelos blandos no se evalúan a tiempo, ya que el crecimiento urbano de la ciudad y la carga vehicular ocasiona deterioro de los pavimentos y vías públicas, causados por la baja preparación de la subrasante en la construcción vial de avenidas, calles y rutas de la ciudad. Existen diversos factores que conllevan a agudizar este problema como: las estructuras de pavimento inadecuadas, el agrietamiento tipo piel de cocodrilo, el agrietado en bloques, las fragmentaciones causadas por la humedad, cuando la construcción del pavimento sea afectada por la subrasante de baja resistencia, también las cargas pesadas, las capas gruesas de relleno, los costos elevados de relleno, subrasante contaminada.

El constante deterioro que sufre la red vial, se debe al incremento en el parque vehicular, también al aumento de las cargas que soporta la estructura del pavimento, cuenta con un rango inferior de resistencia vehicular comparado con otros países.

Debido a estos constantes problemas que se presentan fue necesario proponer alternativas de solución prácticas para poder construir vías más resistentes y eficientes en este caso nuestra investigación se centró en mejorar la subrasante dela carretera el Angolo – Morrope, con el propósito de mejorar su tiempo de duración. En este caso se utilizaron los materiales geosintéticos en función del comportamiento de sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

#### **1.1.1. ANTECEDENTES**

##### **A. INTERNACIONALES.**

- En Chile el grupo de investigación de tecnología de la construcción. Departamento de transportes y tecnología de proyectos y procesos. Universidad de Tarapacá, los investigadores (Norambuena C., Zamora B., Castro F., & Vega Z., 2009) desarrollaron la investigación de “Análisis térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos” en la cual tuvieron como objetivos simular en el laboratorio del grupo de caminos (GCS), el proceso de puesta en obra de los geosintéticos en la intercapa y analizar el material polimérico constituyente de los geosintéticos frente a sus temperaturas de fusión y transición vítrea. La investigación propone el estudio del comportamiento térmico de los geosintéticos empleados en la rehabilitación de pavimentos flexibles, valorando las prestaciones del material polimérico constituyente.

Mediante esta investigación concluyeron que los geosintéticos que se constituyen estructuralmente por un elevado contenido polimérico de

polipropileno PP, tienden a alcanzar con mayor facilidad el calor que se les transmite, en cambio, los geosintéticos de poliéster PS tardan más en realizar la misma captación de calor transmitida por convección. las probetas ensayadas a temperaturas de 135 y 165°C según su variación media, permite determinar el comportamiento térmico de un Geosintético previo conocimiento de la temperatura vítrea y de fusión del constituyente polimérico principal del material, El análisis térmico y el comportamiento termogravimétrico garantizan significativamente al material poliéster PS, con respecto al material polipropileno PP, la rehabilitación de pavimentos flexibles, en aplicaciones futuras, cuyo recapado corresponda a mezcla bituminosa en caliente, no se aconseja usar geosintéticos de polipropileno PP con mezclas bituminosas en caliente por encima de los 140°C, En cambio, sí se puede usar en geosintéticos de poliéster PS, hasta temperaturas de 165 °C.

- En Venezuela la Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Universidad de los Andes, los investigadores (Blanco, Grupp, & Voirol, 2008), desarrollaron la investigación de “Plan de estudio para la evaluación del comportamiento de un pavimento flexible reforzado con geosintéticos”, su objetivo fue analizar y explicar el mecanismo de reforzamiento de pavimentos flexibles a través de la medición de esfuerzos, deformaciones y deflexiones.

En esta investigación concluyeron que el reforzamiento de pavimentos con el uso de geosintéticos registra detalladamente la cuantificación del desempeño de estos. Sin embargo, están sujetas a condiciones y variables como el tipo de geosintéticos, tipo de estructura de pavimento, espesores de sus capas, características del material asfáltico, material de agregado, tipo de suelo de la

subbase, nivel freático y condiciones ambientales. Este plan de estudio define las mediciones instrumentales necesarias para contribuir con este entendimiento que servirá para adoptar nuevas metodologías de mantenimiento más económicas y efectivas para las vías.

- En la india la revista Internacional de Investigación y Tecnología de Ingeniería, los investigadores (Malik, Scholar, & Hisar, 2015), desarrollaron la investigación de “ uso de material Geosintético para mejorar las propiedades del suelo de la subrasante”, mediante esta investigación tuvieron como objetivo realizar estudios de laboratorio y de sitio sobre el uso de material Geosintético en suelos de sub-grado, así como resaltar el empleo de materiales geosintéticos para aumentar la resistencia y estabilidad del suelo bajo rasante. Un material Geosintético puede ser natural o sintético y se agrega al suelo para aumentar su rendimiento.

En esta investigación se llegó a la conclusión que la adición de geosintéticos brinda estabilidad de las carreteras donde la capacidad de carga del suelo es baja. El refuerzo hace que el suelo sea duradero y aumenta su resistencia, pero hasta un límite.

- En México, el órgano oficial de la sociedad mexicana de ingeniería geotécnica A. C., (Zornberg, 2019), en su artículo técnico, desarrollo la conferencia sobre “Las funcionesy aplicaciones de geosintéticos en carreteras”, esta investigación tuvo como objetivo principal mostrar un marco consistente para categorizar las diferentes aplicaciones, minimizar inconsistencias con respecto a la terminología utilizada en el uso de geosintéticos en el diseño de carreteras. Las aplicaciones que involucran geosintéticos pueden requerir el uso de una única función o una combinación de las funciones de estos productos para desarrollar

los mecanismos mecánicos o hidráulicos encaminados a mejorar el comportamiento de las carreteras. Este artículo presento las funciones para perfeccionar el comportamiento de carreteras según las siguientes aplicaciones: estabilización de la subrasante, reducción del entremezclado de capas diferentes, disminución del contenido de humedad, estabilización de la capa base, mitigación de agrietamiento reflectante sobre carpetas asfálticas y mitigación de deterioros originados por arcillas expansivas. La aplicación de materiales geosintéticos tiene ventajas significativas y las opciones de utilizarlos generalmente involucra soluciones de mejor comportamiento y soluciones económicas y sostenibles.

## **B. NACIONALES**

- En Lima, en la Pontificia Universidad católica del Perú: Facultad de ciencias ingeniería, (Sicha F., 2018), realizo la investigación sobre “Diseño de geosintéticos para la función de separación filtración y refuerzo en pavimentos flexibles”, esta investigación planteó su objetivo principal al dar una idea general acerca del diseño con geotextil como separación y filtración y geomalla como refuerzo, aplicaron diferentes métodos de diseño y evaluaron el impacto técnico y económico de estos materiales.

En esta investigación llegaron a la conclusión, que el empleo del geotextil separador es importante para un buen desempeño del pavimento, ya que este ayuda a proteger el 100% los espesores del diseño del pavimento durante el tiempo de duración del proyecto. Según (Sicha F., 2018), “Comparando el pavimento con el geotextil respecto al diseño convencional se determinó que para una contaminación de solo media pulgada de subbase se perdía más del 10 % de la serviciabilidad del pavimento. En el uso de la geomalla triaxial TX160,

utilizada para la optimización del pavimento, se observó un impacto técnico positivo respecto al diseño convencional para todas las secciones. Para los tramos 3,4,5 y 6, se obtuvo más de 20 % de serviciabilidad respecto al diseño convencional. Los tramos 1 y 2 aumentaron su espesor de base de 8.00 y 6.00 pulgadas a 8.75 y 6.25 pulgadas respectivamente ya que se eliminó la subbase del diseño convencional, pero no de manera significativa”. Los resultados obtenidos no fueron los esperados, debido a que se necesitaba utilizar un espesor de 6 pulgadas en el diseño convencional, siendo lo mínimo recomendado por la norma AASTHO 1993. Por eso la única opción para este diseño, fue retirar esta capa y encontrar una geomalla con un valor de LCR O BCR.

- Cajamarca, en la Universidad Nacional de Cajamarca: Escuela profesional de Ingeniería civil (Mera H., 2017), realizó una investigación sobre “Evaluación técnico– económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz – Bellavista, distrito Bellavista – Jaén – Cajamarca”. Esta investigación propuso como objetivo, evaluar las repercusiones técnico –económico del uso de la geomalla multiaxial como refuerzo de la subrasante en la carretera Santa Cruz – Bellavista. Además, indicar el procedimiento de construcción usando la geomalla en una vía no pavimentada, así como también evaluar su viabilidad económica.

En esta investigación se llegó a la conclusión: según, (Mera H., 2017) “que el empleo de geomalla multiaxial como refuerzo es económicamente viable, para los tramos en donde el suelo tiene un CBR menor a 2.5 %, variando el ahorro de entre 10.09 % y 24. 48 %, con respecto a costo de ejecución del diseño convencional. También se logró observar que el cálculo de las propiedades características de suelo natural influye de manera directa en el diseño, lo que



implica que un cambio en las condiciones del CBR hace que la sección o el tramo en estudio no se comporte de la misma manera, la reducción de los espesores en los tramos de diseño reforzados con geomalla multiaxial varían entre 5.4 % y 39.2 %, con respecto al tramo no reforzado, lo cual implica que hay un menor uso de material granular, todo esto sin afectar el aspecto técnico, ni su capacidad de soporte de tránsito de la vía”.

- En Lima, en la Universidad Nacional de Ingeniería: facultad de Ingeniería Civil (Huamani T., 2007) realizó la investigación sobre “Aplicación de geomallas en vías afirmadas diseño del refuerzo de la subrasante”, esta investigación propuso como objetivo diseñar el mejoramiento de subrasante con la aplicación de la geomalla biaxial BX1100, comparando luego el resultado con el mejoramiento en el uso de geomalla.

En esta investigación se llegó a la conclusión: Según, (Huamani T., 2007) “El mejoramiento de subrasante mediante Geosintético, el más conveniente es la geomalla, obteniendo buenos resultados, economizando en material de relleno mano de obra y tiempo. Su uso no resulta factible cuando el CBR de la subrasante es mayor al 4 % porque el espesor de relleno se mantiene constante a 4.0”. la geomalla distribuye la carga brindando una función compuesta estable para la construcción aun en suelos extremadamente blandos. Estas permiten colocar directamente sobre la superficie de un terreno blando y refuerzan al mismo de manera tal de permitir la instalación de la plataforma de trabajo sin inconvenientes, en mucho menor tiempo, sin necesidad de excavaciones y/o rellenos extras y con la consiguiente reducción de costos”.

## **1.2.TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA.**

### **1.2.1. GEOSINTETICOS**

Existen conclusiones donde se afirma “Según la norma ASTM D4439, son productos planares hecho a base de material polimérico. Estos materiales están en contacto con suelo, roca, tierra u otro material relacionado a la ingeniería geotecnia que pueda integrarse en proyectos, estructuras o estructura” (Sicha F., 2018)

“Geosintético es un producto en el que, por lo menos uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lamina o estructura tridimensional. usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil”. (PAVCO, 2012)

Se afirma que, “Los geosintéticos son polímeros sintéticos o naturales utilizados para mejorar y ejecutar diversos proyectos de obra civil, en el campo de la geotecnia, su uso se enfatiza en mitigaciones medioambientales, redistribución de esfuerzos, refuerzosde suelos, filtraciones, drenajes, protección de materiales y suelos, control de permeabilidad, estabilización de taludes, impermeabilización de lixiviados, drenajes, control de erosión, entre otros”. (Mestre , 2020)

Dentro de los geosintéticos más utilizados en diversos proyectos de obra civil encontramos los siguientes:

#### **1.2.1.1.GEOTEXTILES**

El manual de diseño con geosinteticos afirma, “Se define como un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural)que puede ser no tejido, tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo(tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas”. (PAVCO G. , 2012)

“Los geotextiles son materiales colocados sobre la tierra, planos y poliméricos, de comportamiento flexible y permeable a los fluidos, compuestos por fibras sintéticas como el polipropileno o el poliéster, retienen partículas de suelo mayores al tamaño de sus poros, a fin de impedir la migración de finos de un suelo a otro. Es altamente deformable y con gran variabilidad en cuanto a sus propiedades mecánicas e hidráulicas”. (Mestre , 2020)

según su método de fabricación podemos encontrar los siguientes:

#### ❖ GEOTEXTILES TEJIDOS

“Los geotextiles tejidos están formados por cintas entrecruzadas en una máquina de tejer. Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial y puede ser muy elevada. Su estructura es plana. Los tricotados están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido de punto. Su resistencia ala tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén fabricados en máquinas tricotosas y circulares, o Ketten y Raschel. Su estructura es tridimensional”. (PAVCO G. , 2012)

#### ❖ GEOTEXTILES NO TEJIDOS

Formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, su estructura se consolida por distintos sistemas, de acuerdo con el sistema empleadopara unir los filamentos o fibras. Se clasifican en:

- a. Geotextiles no tejidos mecánicamente o punzonados por agujas
- b. Geotextiles no tejidos ligados químicamente o resinados.
- c. Geotextiles no tejidos ligados térmicamente a termosoldados.

### **1.2.2. GEOMALLAS TRIAXIALES**

Esta conclusión afirma que, “Las geomallas triaxiales de tensar International

Corporation, son las únicas que presentan suficientes ensayos e investigaciones, que corroboran los coeficientes de diseño para usar con la metodología de GIROUD-HAN; además, presentan características de alta eficacia, como un alto desempeño para la reducción de los espesores de la estructura del pavimento”. (Almendarez S. & Reyes Z., 2017)

Fabricadas a partir de una hoja de polipropileno perforada por el método de punzonamiento orientada en múltiples direcciones equiláteras para formar sus aberturas, da como resultado una alta rigidez radial a lo largo de los 360° completos.

### **Figura 1.1.**

*Modelo de una Geomalla triaxial*



*Nota.* La figura representa el tipo de geomalla triaxial. Tomado de Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla triaxial utilizando la metodología Giroud-Han: caso de aplicación en honduras. Por (Almendarez S. & Reyes Z., 2017)

#### **a. DESEMPEÑO OPTIMO PARA CARRETERAS CON O SIN PAVIMENTO.**

Las características de rigidez cuasi isotrópicas de la geomalla triAx brindan un mayor desempeño a diferencia de las geomallas Bx de tensar usadas en aplicaciones transitadas. Esas características son ideales para aumentar el

tiempo de duración de las superficies con o sin pavimento y también, reducir aún más los requisitos de espesor de las capas del pavimento y de la excavación (TENSAR, 2016)

#### **b. MENOR ESFUERZO EN LAS SUBRASANTE**

Teorías afirman que es “Otra característica importante es que la Geomalla TriAx crea un material compuesto mejorado y mecánicamente estabilizado para construir sobre suelos blandos. La geometría más efectiva de la apertura triangular disipa de forma radial el esfuerzo que imponen las cargas aplicadas. Esta nueva característica trae como resultado una mayor reducción de los esfuerzos en la subrasante, al tiempo que mejora la durabilidad de la base o de la subbase”. (TENSAR, 2016)

#### **1.2.3. GEOMALLAS BIAXIALES**

Este tipo de geomalla brinda un confinamiento lateral para mejorar la resistencia a la tensión encontrada en el suelo. Su aplicación en pavimentos hace posible la reducción del esfuerzo y deformación cortante sobre la subrasante del pavimento, esto permite que el esfuerzo que se encuentra en la subbase o la subrasante que provoca la deformación cortante disminuya.

“Estas poseen su capacidad de carga en ambas direcciones, se aplican para refuerzos con cargas en direcciones variables. Resisten altas cargas, a corto plazo o cargas moderadas durante periodos prolongados de tiempo, aplicadas en cualquier dirección del plano de colocación de la misma. Son elaboradas con resinas selectas de polipropileno, son química y biológicamente inertes y muy resistentes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento, a fin de resistir cargas dinámicas aplicadas en cualquier dirección del plano de la malla” (Caballeros T., 2006)

La geomalla biaxial, sirve de refuerzo a las capas de la estructura de pavimento flexible, ayuda a soportar las cargas vehiculares sobre la misma.

Se afirma que “En investigaciones realizadas en estados unidos, se ha logrado demostrar que para el refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles se necesita que la geomalla biaxial este a una profundidad optima entre veinticinco y treinta y cinco centímetros de la superficie de rodadura, para lograr un mejor desempeño de la misma y obtener todos los beneficios proporcionados por la geomalla”. (Caballeros T., 2006)

La geomalla biaxial utilizada en la capa de base ha evidenciado aportar con el cambio en las condiciones de carga y deformación del material de la subrasante.

#### **1.2.4. GEOMALLA MULTIAXIAL**

Afirma que “Las geomallas multiaxiales son elaboradas principalmente de láminas de resinas selectas de polipropileno, perforadas y estiradas uniformemente en tres dimensiones formando costillas con un alto grado de orientación molecular y uniones integrales de alta rigidez. Presenta una apertura triangular, con un peso y cualidades atómicas que otorgan alta protección contra la pérdida de carga, contra la protección causada por el establecimiento, alta protección contra deformaciones causadas por las potencias conectadas entre su utilización y alta protección contra la pérdida de límite de carga o rectitud básica contra ansias ecológicas de larga distancia”. (Novoa F., 2017)

#### **1.2.5. GEOMEMBRANA**

Afirma que, “Son láminas de impermeabilización, su función es evitar el paso de agua que se emplean en sistemas de impermeabilización tales como: Túneles, vertederos, depósitos, almacenamiento de agua o cubiertas planas de edificación”. (Diaz G., Escobar V., & Olivio M., 2009)

Afirma que, “Se aplican principalmente en la impermeabilización de obras civiles, geosintéticos y ambientales en trabajos de manejo de desechos sólidos, rellenos sanitarios, lagunas de oxidación, minería, riego, acuicultura, agricultura, proyectos hidráulicos, canales de conducción, almacenamiento, lagunas de tratamiento de desechos de crudo, etc.” (Díaz G., Escobar V., & Olivio M., 2009)

#### **A. TIPOS DE GEOMEMBRANAS**

- Geomembranas de PVC: Elaboradas con resinas de PVC
- Geomembranas de polietileno: Elaboradas con resinas poliméricas para diferentes usos, posee una característica principal como es la baja permeabilidad, flexibilidad y alta resistencia. Resistentes a álcalis y ácidos
- Polietileno de alta densidad (HDPE): es un producto muy usado para realizar revestimiento de depósitos de desechos sólidos de minas, rellenos y otras aplicaciones de contención de líquidos.
- Polietileno de baja densidad (LDPE): polietileno de baja densidad presenta excelentes propiedades que le ayudan a la geomembrana un acomodamiento flexible a las superficies irregulares del terreno evitando el punzamiento en el material.
- Polietileno Co-extruido (VFPE): tiene la capacidad de mejorar la resistencia a las fuerzas de punzamiento de la superficie del terreno. Su composición consta de una capa de polietileno de baja densidad extruida entre dos capas de HDPE. Gracias a esta capacidad que posee obtiene características excelentes de elongación, acomodándose a las irregularidades o los agregados puestos sobre el terreno. (Díaz G., Escobar V., & Olivio M., 2009)
- Geomembrana de polipropileno (PP): Poseen excelente estabilidad

dimensional y características óptimas para su instalación en superficies planas. Presentan una gran resistencia a las bajas temperaturas y rajaduras ocasionadas por las condiciones ambientales.

- Geomembrana de poliuretano (PU): compuesta de una capa de uretano cubierta de material poliéster. Es resistente y muy flexible a la penetración. Están diseñadas para la contención secundaria de combustibles, posee excelentes características en la contención de amplias áreas, como las de contención de bajo tierra.

#### 1.2.6. APLICACIONES TIPICAS

La aplicación de las geomallas es considerada una alternativa práctica y económica en la elaboración de proyectos de diseños, movimientos de tierras, diseños de pavimentos para tránsito pesado con grandes espesores de relleno. Se pueden aplicar en:

- a. Muros de suelos reforzados;** Todo el suelo se opone a los empujes de presión, pero no es tan flexible.

Afirma que, “Los materiales geosintéticos más utilizados como fortificación del suelo son los geotextiles, que cooperan por erosión con el suelo, y las geogrillas, que lo hacen por anclamiento. Estas condiciones de distorsión de la fortificación y del terreno es la misma. La idea de buena distorsión es central”. (Novoa F., 2017)

- b. Taludes de suelos reforzados;** Estos se diferencian de los muros por presentar una inclinación en la cara inferior a los 70° con respecto a la horizontal.

Alternativa adecuada donde se requiere formar rellenos de alta pendiente y gran altura. En el transcurso de la construcción de taludes y reconstrucción de laderas se puede incorporar en el suelo capas de geosintético que refuercen el talud, aumentan la estabilidad y permiten ampliar la pendiente. La aplicación



de geosintéticos busca lograr dos objetivos principales:

- 1) incrementar la estabilidad del talud, cuando se requiere tener una pendiente mayor a la que se alcanzaría con el suelo natural para condiciones estables o después de la falla.
- 2) Mejorar la estabilidad en el material que se coloca en los bordes del talud, permitiendo un confinamiento lateral y una compactación eficiente, reduciendo el deslizamiento de cuñas (Novoa F., 2017)

**c. Refuerzos de vías no pavimentadas;** Los geosintéticos se pueden utilizar con éxito en la fortificación sin pavimentar y en las etapas de trabajo en suelos delicados. Los geosintéticos pueden tener al menos una de las capacidades que los acompañan: partición, soporte y desperdicio. Los más utilizados son los geotextiles y las geomallas para realizar este tipo de trabajos.

**d. Refuerzo en vías pavimentadas**

El desarrollo de los países depende de la buena estabilidad de los caminos y autopistas. Esto se debe al tránsito sistemático de vehículos pesados, condiciones del clima y propiedades mecánicas de los materiales usados en la construcción de pavimentos.

La eficiencia de los geosintéticos como refuerzo de un pavimento puede ser estimada mediante el factor de eficiencia (E).

$$E = \frac{N_r}{N_u}$$

$N_r$  = numero de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento reforzado

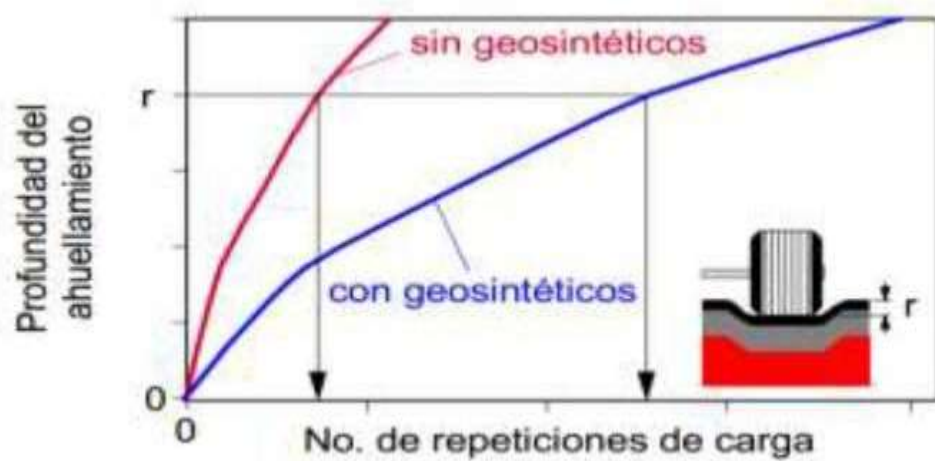
$N_u$  = numero de repeticiones de carga hasta la falla del pavimento no reforzado

Según la información disponible E presenta valores de hasta 16, demuestra así que se puede lograr incrementos importantes en el tiempo de duración del

pavimento mediante la utilización de geosintéticos como refuerzo o separación.

**Figura 1.2:**

*Incremento del tiempo de vida de un pavimento debido al uso de refuerzo geosintético*



*Nota.* Tomado de Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida trapiche Chillón, Carabaylo – 2017. Por (Novoa F., 2017)

**e. Geomallas en la subrasante;** La subrasante es tipo de suelo débil, presentan un problema común en la construcción de pavimentos, aparecen grietas en los distintos pavimentos, este problema se repara con el relleno de geomalla.

Afirma que, “El empleo de geomallas aumenta el rendimiento de la subrasante, debido a que el pavimento se hace más resistente, mejoras en la compactación, reduciendo costos gracias a la eficiente distribución de sus cargas”. (Quijije M., 2019)

### **1.2.7. TERRENO NATURAL APLICANDO MATERIAL GEOSINTÉTICO**

Los materiales geosintéticos brindan resistencia a la tracción y una mejora el rendimiento y construcción de pavimentos. Según la experiencia internacional que se tiene, respecto a su comportamiento frente a los agentes agresivos y a su resistencia mecánica, se ha logrado acceder a la diversificación funcional de los

geosintéticos. Los geotextiles presentan la función específica de drenante y anticontaminante; mientras que las geomallas presentan la función específica de armado o refuerzo del terreno o de los pavimentos y las geomembranas tienen la función de impermeabilización o protección.

Las funciones de separación y de filtro de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas, se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de los suelos de subrasante inadecuada.

Para utilizar los geosintéticos en la construcción de carreteras, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Suelos clasificados según:

➤ Clasificación SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT

➤ Clasificación AASHTO: A-5, A-6, A-7 y A-7-6

b) Baja resistencia al corte sin drenaje.

➤  $T_f = C_u < 2,000$  libras por pie cuadrado (90 kpa).

➤  $CBR < 3$  (muestra saturada, CBR determinado según la norma ASTM D4429)

➤  $R - \text{valor} \sim < 20$  (determinado según la norma AASHTO T 190)

➤  $MR \sim < 4500$  psi (30 MPa) (determinado según la norma AASTHO T 274)

c) Nivel freático alto

d) Sensibilidad alta ( $S > 8$ , como resultado de la relación entre la resistencia a la compresión no confinada en estado inalterado y la resistencia a la compresión no confinada en estado remoldeado, de una muestra de suelo cohesivo, determinado según el ensayo MTC E121)

De acuerdo a estas consideraciones, pueden funcionar como separadores para evitar la contaminación o entremezcla de los agregados del afirmado, subbase o base de la carretera y el suelo de la subrasante; migración de finos se ha observado aún en suelos con CBR 8 %. Los suelos que presentan un CBR por debajo de 3 %, suelen ser húmedos y saturados, debido a que el agua existente puede drenar a través de los geosintéticos sin producir transporte de sólidos. Gracias a la función de refuerzo de los geosintéticos permiten, la disipación de los esfuerzos y reducción de tensiones en la subbase y mejoramiento de la capacidad de carga.

Las geomallas presentan tres mecanismos de refuerzos, en el mejoramiento de suelos y pavimentos, son las siguientes:

**a. Confinamiento lateral.**

Este mecanismo se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo. Las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interfase inferior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.

**b. Mejoramiento de la capacidad portante del terreno natural.**

La rigidez de la geomalla permite discutir las cargas aplicadas en un área mayor disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando. Básicamente, se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

**c. Efecto membrana tensionada.**

Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación

en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo. Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural. Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa a la superficie de la carretera, que no siempre es admisible en caminos pavimentados y adicionalmente el tráfico debe ser canalizado.

### 1.2.7.1. ANALISIS GRANULOMETRICO

Los tamaños de los granos de suelos varían en gran medida. Un suelo para ser clasificado apropiadamente, se debe conocer su distribución granulométrica de un suelo de grano grueso, por lo general se determina por medio de un análisis granulométrico con mallas. En cambio, la distribución granulométrica de un suelo de grano fino, se determina por medio del análisis del hidrómetro. ("Ministerio de transporte y comunicaciones", 2013)

**Tabla 1.1.**

*Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

Tipo de material	Tamaño de partículas
<b>Grava</b>	75 mm – 4.75 mm
<b>Arena</b>	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media 2.00 mm – 0.425 mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
<b>Material fino</b>	
• <b>Limo</b>	0.075 mm – 0.005 mm
• <b>Arcilla</b>	Menor a 0.005 mm

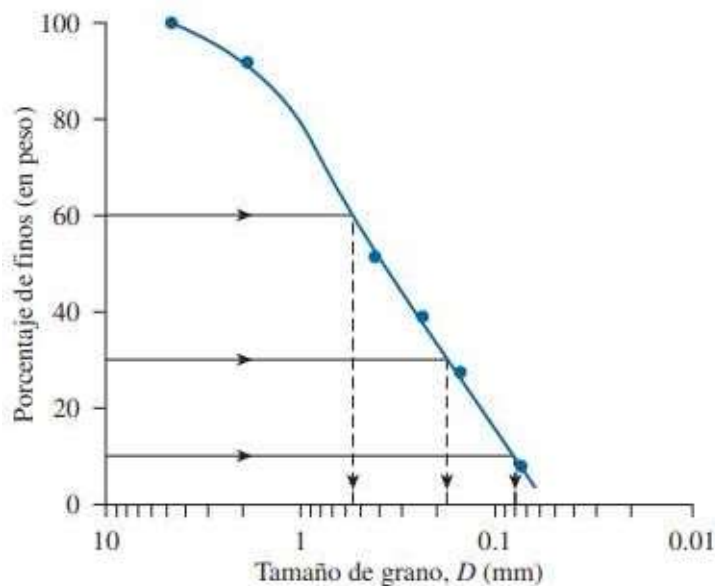
*Nota.* Esta tabla muestra la clasificación de los suelos de acuerdo a l tamaño de partículas. Por (comunicaciones, 2014)

**a. Análisis granulométrico con mallas:**

Teoría afirma que, “Este análisis se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco bien pulverizado y haciéndolo pasar a través de un apilo de mallas con aberturas cada vez más pequeñas que dispone de una charola en su parte inferior. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado del suelo que pasa a través de cada una. A este porcentaje se le infiere por lo general como porcentaje de finos”. (Braja M., 2012)

**figura 1.3.**

*Curva de distribución granulométrica de un suelo de grano grueso obtenida con mallas*



*Nota.* recuperado de Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, por (Braja M., 2012)

- ❖ Se pueden determinar dos parámetros a partir de las curvas de distribución granulométrica de suelos de grano grueso: 1) el coeficiente de uniformidad ( $D_u$ ). 2) coeficiente de graduación, o coeficiente de curvatura ( $D_c$ ). Estos coeficientes son:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Donde:  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  son diámetros correspondientes al porcentaje de finos que pasa 13, 30 y 60 %, respectivamente.

**b. Análisis Hidrométrico:** Basado en el principio de sedimentación de las partículas de un suelo en agua.

**Afirma que,** “Consiste en utilizar 50 gramos de suelo seco pulverizado. Al suelo siempre se le agrega un agente defloculante. El más comúnmente empleado para el análisis hidrométrico es 125cc de una solución al 4 % de hexametáfosfato de sodio. Se deja que el suelo se sature con el agente defloculante durante al menos 16 horas. Después del periodo de saturación, se agrega agua destilada y se agita muy bien la mezcla de suelo y el agente defloculante. Luego la muestra se transfiere a un cilindro de vidrio de 1000 ml. Se agrega más agua destilada al cilindro hasta alcanzar la marca de 1000 ml y se vuelve a agitar muy bien la mezcla. Se coloca un hidrómetro en el cilindro para medir la gravedad específica de la suspensión suelo – agua en la vecindad del bulbo del instrumento, por lo general durante un periodo de 24 horas” (Braja M., 2012).

Los hidrómetros se calibran para mostrar la cantidad de suelo que aún está en suspensión en cualquier tiempo ( $t$ ) dado. El diámetro mayor de las partículas del suelo todavía en suspensión en el tiempo ( $t$ ) se puede determinar mediante la ley de Stokes (Braja M., 2012)

$$D = \sqrt{\frac{18n}{(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Por lo tanto:

$D$  = Diámetro de la partícula de suelo.

$G_s$  = Gravedad específica de los sólidos del suelo.

$n$  = Viscosidad del agua.

$\gamma_w$  = Peso específico del agua.

$L$  = Longitud efectiva (es decir, longitud medida desde la superficie del agua en el cilindro hasta el centro de gravedad del hidrómetro).

$t$  = Tiempo

Afirma que, “Las lecturas del hidrómetro tomadas en varios tiempos, el porcentaje de suelo más fino que el diámetro dado  $D$  se puede calcular y elaborar la gráfica de la distribución granulométrica. Las técnicas de las mallas y del hidrómetro se pueden combinar para un suelo que tenga constituyentes tanto de grano grueso como de grano fino”. (Braja M., 2012)

#### **1.2.7.2.SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

De acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, utilizando los signos convencionales de los siguientes cuadros: ("Ministerio de transporte y comunicaciones", 2013)



## Cuadro 1.

### Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		MATERIA ORGANICA
	A - 2 - 6		ROCA SANA
	A - 2 - 7		ROCA DESINTEGRADA
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO

Nota. Tomado de Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Por ("Ministerio de transporte y comunicaciones", 2013)

## Cuadro 2.

### Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava, poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Clasificación general		Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
		A-1		A-2				
Clasificación de grupo		A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)								
Malla núm. 10		50 máx						
Malla núm. 40		30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200		15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa								
Malla núm. 40								
Límite líquido (LL)					40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)		6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa				Excelente a buena				

Clasificación general		Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)			
Clasificación de grupo		A-4	A-5	A-6	A-7
					A-7-5 <sup>a</sup> A-7-6 <sup>b</sup>
Análisis por mallas (% que pasa)					
Malla núm. 10					
Malla núm. 40					
Malla núm. 200		36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Para la fracción que pasa					
Malla núm. 40					
Límite líquido (LL)		40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)		10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Calificación subrasante			Regular a malo		

<sup>a</sup>Si IP ≤ LL - 30, la clasificación es A-7-5.

<sup>b</sup>Si IP > LL - 30, la clasificación es A-7-6.

#### a. METODO SUCS.

En el método de SUCS, esta teoría afirma que, “para realizar esta clasificación los elementos fueron propuestos por ARTHUR CASAGRANDE, quien ideó una clasificación de los suelos y carreteras. Posteriormente, fue adoptada por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos, ellos la modificaron y condujo a un sistema unificado de clasificación de los suelos. Este sistema actualmente se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de países fuera de los estados unidos” (Braja M., 2012).

Según este método, divide a los suelos en tres grupos los cuales son los siguientes:

❖ Grano grueso

❖ Grano fino

❖ Altamente orgánico (suelo turbas)

Las características que presentan los suelos altamente orgánicos son: agregados fibrosos de fragmentos macroscópicos y microscópicos de materia orgánica descompuesta. Los cuales son reconocidos fácilmente.

El tamiz 200 (0.0074 mm) se utiliza para separar los suelos de granos gruesos de los suelos de grano finos. En el terreno, la separación se realiza observando si las partículas individuales pueden o no ser distinguidas a simple vista. Si más del 50 % en peso del suelo consiste en granos que pueden distinguirse separadamente, se considera de grano grueso y si se califica que menos del 50 % en peso del suelo consiste en granos que no se pueden distinguir separadamente se considera de grano fino (Vargas M., 2009)

- i. El coeficiente de uniformidad está definido como la relación

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

**Por lo tanto:**

$D_{60}$ : Diámetro de las partículas para la cual existe un 60% de partículas más finas que ellas.

$D_{10}$ : diámetro correspondiente al 10% de partículas con diámetro menor que el  $D_{10}$ .

- ii. **El coeficiente de curvatura (Cc). Cc.**

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

**Donde:**  $C_{60}$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{30}$  tienen el mismo significado que en el caso

anterior y se determinan directamente en la curva granulométrica. Los criterios para determinar si un suelo está bien o mal gradado, se obtienen una vez calculados  $C_u$  y  $C_c$ , y se deben verificar simultáneamente. (Vargas M., 2009)

**iii. Factores a considerar en la clasificación de suelos por el método de clasificación unificado en suelos.**

**Gravas o arenas:** GW, GP, SW o SP

**G:** grava, **S:** arena, **W:** bien gradada **P:** Pobrementemente gradada.

La designación de bien o mal gradada depende del coeficiente de uniformidad y de curvatura hallados con la curva granulométrica.

**Gravas y arenas:** GM, GC, SM, o SC.

Si más del 12% del material pasa a través del tamiz se considera para este tipo de suelos.

**N<sub>0</sub>200;** M: Limo, C: arcilla.

Luego de obtener los valores de los límites líquido y plástico de la fracción menor al tamiz N<sub>0</sub>40, se determina si es de tipo limo o arcilla, y utiliza los criterios de la carta de plasticidad (Vargas M., 2009)

**Tabla 1.2.**

*Prefijos de clasificación para las gravas y arenas que están entre el 5 y 12% del material que pasa a través del tamiz N<sub>0</sub>200*

<b>GW - GC</b>	<b>SW – SC</b>	<b>GP - GC</b>	<b>SP – SC</b>
<b>GW - GM</b>	<b>SW - SM</b>	<b>GP - GM</b>	<b>SP – SM</b>

*Nota.* Tomado de “Evaluación de los métodos AASHTO y USCS en la caracterización del suelo del barrio Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar – propuesta de una metodología particular por (Vargas M., 2009)

Suelos de grano fino (más de 50% pasa el tamiz N<sub>0</sub>200 son: ML, OL, o CH. Esta designación se emplea si los límites líquidos son menores que 50%; **M**: Limo, **O**: suelos orgánicos, **C**: arcilla.

Los suelos de grano fino pueden ser de alta plasticidad (H) o de baja plasticidad

- ❖ Alta plasticidad (H) se emplea si los límites líquidos son superiores a 50%
- ❖ Baja plasticidad (L) se emplea si los límites líquidos son menores al 50%. Los límites líquido y plástico se efectúan sobre material correspondiente a la fracción menor del tamiz N<sub>0</sub>40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas y suelos finos.

**Figura 1.4.**

*Carta de plasticidad de límites de ATTERBERG*



*Nota.* Tomado de Evaluación de los métodos AASHTO y USCS en la caracterización del suelo del barrio Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar – propuesta de una metodología particular” por (Vargas M., 2009)

## **b. METODO AASHTO**

Este método se sustenta en análisis de laboratorio de granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Se utiliza principalmente en obras viales.

En la siguiente tabla se observa, como la Norma AASHTO clasifica los suelos granulares en tres grandes grupos y estos presentan algunas subdivisiones, por otro lado, los suelos finos se dividen en cuatro grupos.

Este método de clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros como son porcentaje pasa  $N_{010}$ ,  $N_{040}$ ,  $N_{0200}$ , el límite líquido, el índice de plasticidad y por último el índice de grupo (Vargas M., 2009).

El sistema de la AASHTO principalmente es empleado para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones (Braja M., 2012)

**Tabla 1.3.***Nomenclatura para el sistema AASHTO*

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa la N°200)							Materiales limos arcillas (más de 35% pasa de 35% pasa la N°200)			
Clasificación de grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
Análisis de cernido % que pasa: N° 10 N° 40 N° 200	50max 30max 15max	50max 25max	51 min 25max	35max	35max	35max	35max	36min	36min	36min	36min
Características de la fracción que pasa la N°40 Limite liquido Índice de plasticidad	6max		NP	40max 10max	41min 10max	40max 11min	41min 11min	40max 10max	41min 10max	40max 11min	41min 11min
Índice de grupo	0		0	0		4max		8max	12max	16max	20max
*A-7-5: $IP < WL - 30$ **A-7-6: $IP > (WL - 30)$											
$IG = 0.2(a) + 0.005(a*c) + 0.01(b*d)$											

Nota. Recuperado de “Evaluación de los métodos AASHTO Y USCS en la caracterización del suelo del barrio mochuelo bajo en la localidad de ciudad Bolívar – Propuesta de una metodología particular. Por (Vargas M., 2009)

**a. Consideraciones**

Para comparar diferentes suelos dentro de un mismo grupo, el sistema AASHTO utiliza un índice de grupo. El cual se calcula con la siguiente ecuación la ecuación:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

Donde:

a: % del material más fino que el tamiz  $N_{0200}$  mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado en un número entero ( $1 \leq a \leq 40$ )

b: % del material más fino que el tamiz  $N_{0200}$  mayor que el 15% pero menor que el 55% expresado en un número entero ( $1 \leq a \leq 40$ ).

c: Porción del límite líquido mayor a 40, pero no mayor a 60, expresada con un número positivo ( $1 \leq c \leq 20$ ).

d: Porción del límite de plasticidad mayor que 10, pero no excedente a 30, expresada como un número positivo ( $1 \leq d \leq 20$ ) (Vargas M., 2009).

El IG se especifica en números enteros y si es negativo se hace igual a 0. Permite establecer la calidad relativa de los suelos de terraplenes, subrasante, subbase y bases. Se clasifica en la tabla al primer suelo que cumpla las condiciones de izquierda a derecha.

El valor del IG debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de grupo cuando el suelo es NP o el LL no puede ser determinado, el IG es cero. Si un suelo es altamente orgánico, se debe clasificar como A-8 por inspección visual y diferencia de humedades.

El índice encontrado de esta manera se redondea al entero siguiente y se reemplaza entre paréntesis después del número de clasificación correspondiente de la forma A-2-6(3) (Vargas M., 2009).

#### **b. Factores a considerar en la nomenclatura del método AASHTO**

Para obtener la clasificación de los suelos entre grupos A-4 y A-7, el método AASHTO proporciona una forma de utilizar los límites plástico y líquido, mediante el cual, el hecho de tener más de un 35% de material más fino que el tamiz  $N_{0200}$ , es un factor esencial de clasificación. Este factor también se puede utilizar para obtener la clasificación de un



subgrupo de los suelos titulados A-2, para los cuales el hecho de tener menos de 35% del material más fino que el tamiz  $N_{0200}$ , es un factor esencial de clasificación, la designación de los subgrupos en el grupo A-2 se logra determinando si el suelo A-2, clasificado de acuerdo con sus análisis granulométrico, pero tiene propiedades plásticas (LL y LP)

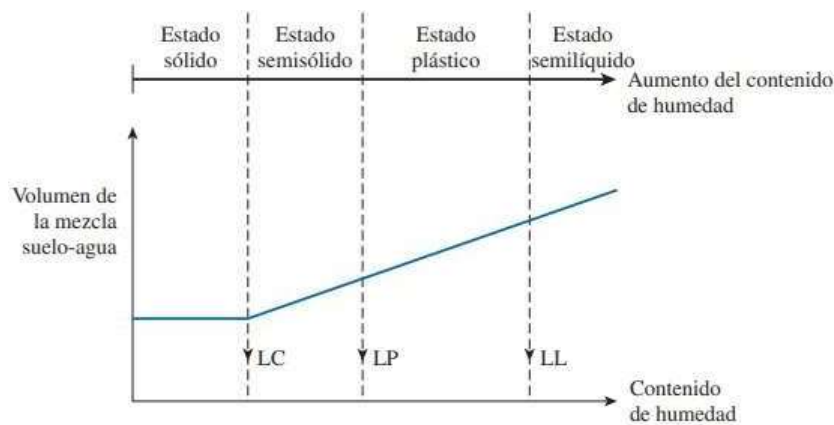
Características de los suelos A-4, A-5, A-6 o A-7 (Vargas M., 2009)

### 1.2.7.3. LIMITES DE CONSISTENCIAS FISICAS

Si un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, puede fluir como un semilíquido. Si el suelo se seca gradualmente, se comporta como un material plástico o semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de humedad. El contenido de humedad, en porcentaje en el que el suelo cambia de un estado líquido a uno plástico se define como límite líquido (LL). El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido y de un estado semisólido a uno sólido se definen como límite plástico (LP) (Braja M., 2012)

**Figura 1.5.**

*Definición de los límites de Atterbert.*



*Nota.* recuperado de fundamentos de ingeniería de cimentaciones, por (Braja M., 2012)

## A. LIMITE LIQUIDO

Para determinar El límite líquido de un suelo se utiliza la copa de Casagrande (designación de prueba D – 4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes (Braja M., 2012)

Para determinar el límite líquido estandarizado y todas sus etapas, Terzaghi sugirió a Casagrande elaborar un método de prueba, para que diferentes operadores en laboratorios distintos obtuviesen los mismos valores. El resultado de esta investigación llevo a encontrar la técnica basada en el uso de la copade Casagrande.

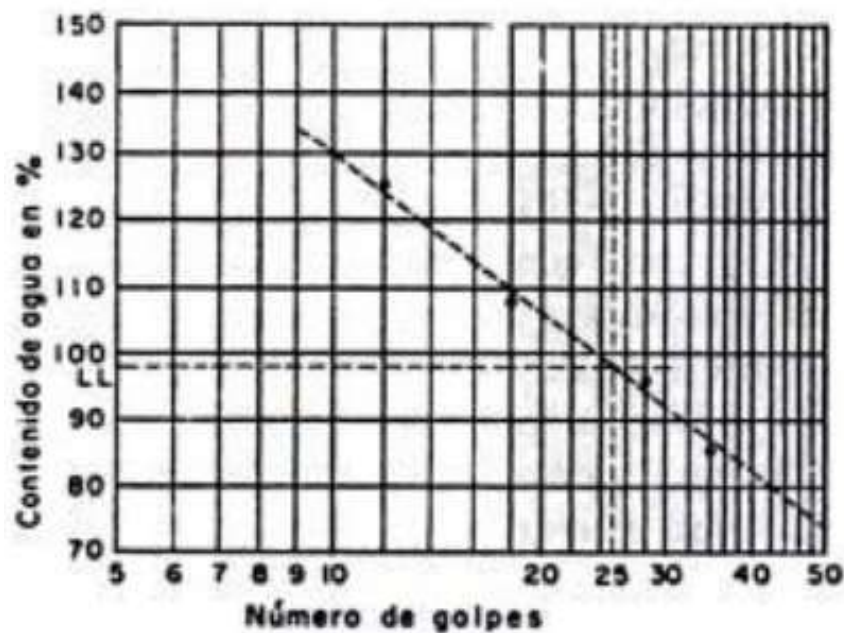
Afirma que, “consta de un recipiente de bronce o latón con un tacón solidario del mismo material; el tacón y la copa giran en torno a un eje fijo unido a la base. Una excéntrica hace que la copa caiga periódicamente, golpeándose contra la base del dispositivo, que es de hule duro o mi carta 221. La altura de caídade la copa es, por especificación, de 1 cm, medido verticalmente desde el punto de la copa que toca la base al caer, hasta la base misma, estando la copa en su punto más alto. Es importante que este ajuste se haga con todo cuidado, usando un prisma metálico de 1 cm de lado para hacer la calibración; este prisma se introduce entre base y copa, cuidando que su arista superior quede en contacto con el punto de la copa que golpee la base” (Juarez B. & Rico R., 2005)

Afirma que, “La copa es esférica, con radio interior de 54 mm, espesor 2 mm y peso  $200 \pm 20$  g incluyendo el tacón. Sobre la copa se coloca el suelo y se procede a hacerle una ranura trapecial. Para hacer la ranura debe usarse el

ranurador laminar. La copa se sostiene con la mano izquierda, con el tacón hacia arriba y el ranurador se pasa através de la muestra, manteniéndolo normal a su superficie, a lo largo del meridiano que pasa por el centro del tacón, con movimiento de arriba hacia abajo”. (Juarez B. & Rico R., 2005).

**Figura 1.6.**

*Determinación del límite en la curva de flujo.*



*Nota.* recuperado de “Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos, por (Juarez B. & Rico R., 2005)

ATTERBERG obtuvo resultados con su método original y uso determinaciones efectuadas en diferentes laboratorios, mediante los cuales se estableció que el límite líquido obtenido por la copa de Casagrande corresponde al ATTERBERG, si se define como el contenido de agua del suelo para el que la ranura se cierra a lo largo de 1.27 cm (1/2”), con 25 golpes en la copa (Juarez B. & Rico R., 2005)

Afirma que, “El límite líquido se determina conociendo 3 o 4 contenidos de

agua diferentes en su vecindad, con los correspondientes números de golpes y trazando la curva contenida de agua – número de golpes. La ordenada de esa curva correspondiente a la abscisa de 25 golpes es el contenido de agua correspondiente al límite de agua (Juarez B. & Rico R., 2005)

## **B. LÍMITE PLÁSTICO**

Afirma que, “Es el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D- 4318 de la ASTM)" (Braja M., 2012)

El límite plástico se determina, tal como la definió ATTERBERG, no especifica el diámetro a que debe llegarse al formar el cilindro de suelo requerido. Terzaghi agregó la condición de que el diámetro sea 3 mm (1/8"). La formación de los rollitos se hace usualmente sobre una hoja de papel totalmente seca, para acelerar la pérdida de humedad del material; también es frecuente efectuar el rolado sobre una placa de vidrio. Cuando los rollitos llegan a los 3 mm, se doblan y presionan, formando una pastilla que vuelve a rolarse, hasta que en los 3 mm justos ocurra el desmoronamiento y agrietamiento; en ese momento se determinara rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico (Juarez B. & Rico R., 2005)

## **C. INDICE DE PLASTICIDAD**

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo

$$IP = LL - LP$$

Afirma que, “la magnitud del intervalo de humedades, mediante el cual el suelo tiene consistencia plástica y permite clasificar muy bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; un IP pequeño es

característico de un suelo poco arcilloso” (Juarez B. & Rico R., 2005).

En relación con su índice de plasticidad el suelo puede clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 1.4.

*Clasificación del suelo según su índice de plasticidad*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
<b>IP &gt; 20</b>	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		Suelos pocos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos extensos de arcilla

*Nota.* Recuperado de “Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos”

## 1.2.8. MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN LA SUBRASANTE

### 1.2.8.1.RELACIÓN DEL VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA

El módulo resiliente representa la capacidad de soporte de un pavimento bajo la aplicación de cargas repetidas dinámicas como las aplicadas por las ruedas de los vehículos.

Afirma que, “Para obtener el módulo resiliente, el ensayo utiliza una máquina triaxial dinámica que ejerce presiones de confinamiento para producir deformaciones. Debido a que muchas veces no es posible acceder a este tipo de instrumento, se acude a ensayos tradicionales como los CBR para estimar el módulo

resiliente y finalmente realizarel diseño de la estructura de pavimento” (Rivera M. , 2013)

#### **1.2.8.2. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL SUELO MEDIANTE**

##### **ENSAYO C.B.R.**

C.B.R. (California Bearing Ratio), es la capacidad de soporte del suelo. Este ensayo mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

Afirma que, “Para evaluar la calidad relativa de los suelos de subrasante en este ensayo se utiliza algunos materiales de subbase y bases granulares, que impliquen una cantidad pequeña de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Es recomendable que la fracción no exceda del 20%, puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno” (Calderon A. & Mira L., 2015)

El CBR se obtiene como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón a una profundidad de 0.1 pulgadas en una muestra de suelo y el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, la misma profundidad de 0.1 pulgadas, en una muestra patrón de muestra triturada (Calderon A. & Mira L., 2015)

$$C.B.R. = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{esfuerzo en el suelo patron}}$$

El ensayo CBR es el valor soporté o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga 2.54 mm. El valor del CBR de diseño de la subrasante, se determina considerando lo siguiente:

1. Sectores con valores de 6 o más de CBR obtenidos por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, establecerá el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el

promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.

2. Sectores con valores menos de 6 de CBR obtenidos por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se establecerá el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando los siguientes criterios:

- ❖ Tomar el valor promedio, Si los valores obtenidos no son parecidos o similares.
- ❖ Si los valores no son similares, tomar el valor crítico (más bajo) o subdividir la sección con la finalidad de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo.

**Tabla 1.5.**

*Categorías de subrasante*

<b>Categorías de subrasante</b>	<b>CBR</b>
<b>S<sub>0</sub>: subrasante inadecuada</b>	CBR < 3%
<b>S<sub>1</sub>: Subrasante pobre</b>	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
<b>S<sub>2</sub>: Subrasante regular</b>	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
<b>S<sub>3</sub>: Subrasante buena</b>	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
<b>S<sub>4</sub>: Subrasante muy buena</b>	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
<b>S<sub>5</sub>: subrasante excelente</b>	CBR ≥ 30%

*Nota.* Recuperado de “Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

- a. **Condiciones de ensayo:** las causas naturales o mecánicas pueden afectar la relación de soporte del suelo, cuando se produce la manipulación de los especímenes, siendo importante conocer que sus propiedades físicas pueden variar según el control que se brinde el ensayo.

### **1.3. FORMULACION DEL PROYECTO**

#### **1.3.1.PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo influyen los materiales geosintéticos al ser aplicados como una alternativa para mejorar la estabilización de la subrasante, en la carretera El Angolo – Morrope, Angol – Playa San Pedro?

#### **1.3.2.PROBLEMA ESPECIFICO**

¿Cómo influye la aplicación de los materiales geosintéticos para mejorar la estabilización de la subrasante, en la carretera El Angolo Morrope?

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente estudio busca argumentar esta teoría gracias a los antecedentes de los autores consultados en la presente investigación, sobre lo relacionado al uso de los materiales geosintéticos para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. Dicho estudio de investigación nos ayuda conocer y contrastar los resultados de los diferentes indicadores a medir conforme transcurre la investigación los mismos que permiten encontrar oportunidades de mejora.

Mediante esta investigación se ha creado un soporte útil, ya que se ocupa de una cuestión útil mediante la aplicación del aprendizaje hipotético, este estudio está orientado en la mejorar de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante mediante la aplicación de materiales geosintéticos y que influye directamente en la mejora de la construcción de la carretera El Angolo 2- playa San Pedro Morrope.



La investigación realizada se justifica metodológicamente, gracias a que respeta los esquemas metodológicos planteados por los protocolos de la metodología de la investigación y los lineamientos presentados por el área de investigación de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. La finalidad de esta investigación es contribuir a mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera el Angolo Morrope mediante el uso de geosintéticos.

Socialmente, esta investigación se justifica, ya que el beneficio que tendrá la localidad de El Angolo 2 – playa San Pedro en sus vías de transporte urbano rural, evidenciándose una mejora en su calidad de vida a nivel individual y corporativo, ya que será una inversión que tendrá mayor tiempo de vida útil generando menos gastos al municipio local y al mismo tiempo una solución al sector transporte porque contarán con vías que coadyuven al cuidado de sus vehículos que circulan por dicha vía.

## **1.5. HIPOTESIS**

### **1.5.1. HIPOTESIS GENERAL**

Uso de los materiales geosintéticos ayudará a mejorar la resistencia de la subrasante en la carretera Morrope – El Angolo.

### **1.5.2. HIPOTESIS ESPECIFICA**

La aplicación de materiales geosintéticos reduce los costos directos, que ocasiona la construcción de la subrasante de la carretera El Angolo - Morrope

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de los materiales geosintéticos, en función de sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Angolo – Morrope.

### **1.6.2. OBJETIVO ESPECIFICO**

- Determinar la influencia de los materiales geosintéticos, en función de sus propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera el Angolo – Morrope.
- Analizar la relación que se da entre los valores del CBR y el terreno natural aplicando materiales geosintéticos en la carretera el Angolo – Morrope.
- Aplicar las normas y especificaciones necesarias para determinar el diseño geométrico.
- Realizar la evaluación del impacto ambiental.
- Elaboración del presupuesto de obra.

## **II. MARCO METODOLOGICO**

## 2.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

Este estudio experimental se realizó en el tramo EL ANGOLO 2 – PLAYA SAN PEDRO DEL DISTRITO DE MORROPE – PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE. Sus coordenadas de ubicación se detallan a continuación:

**Tabla 2.1.**

*Coordenadas WGS84 de la ubicación del proyecto*

Coordenadas WGS 84	Norte	Este
P.I. (El Angolo 2)	9277059	608003
P.F. (Playa San Pedro)	9273594	602182

Elaboración propia

## 2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. TIPO DE INVESTIGACION

La presente investigación es de tipo cuasi experimental, para cumplir con los ensayos trazados se realizan ensayos en laboratorio

## 2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION

Las variables de operacionalización desde el plano teórico al plano empírico, resultado del proceso de operativización, son las manifestaciones de los constructos, y a las que se le puede asignar valores o palabras que el investigador va a contrastar.

### 2.3.1. VARIABLES

V. Independiente: Materiales geosintéticos

V. dependiente: Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

### 2.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Ayuda a comprender como será la estructura de la investigación la cual consiste en descomponer minuciosamente las variables que conforman el problema a

investigar, partiendo de lo general hasta llegar a lo específico para poder tener un mejor entendimiento de la investigación.

**Tabla 2.2.**

*Matriz de operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>V. I.: Materiales geosintéticos</b>	Los geosintéticos están constituidos por polímeros, se encuentra en forma de filtro, manto, lamina o estructura tridimensional	La variable en investigación fue tomada como un factor influyente en la variación del valor de la variable dependiente, respecto a esto fue importante precisar el porcentaje que ocupa el total de la muestra	Análisis granulométrico	Grava o arena Arcilla
			Clasificación de los suelos para propósito de ingeniería	SUCS AASHTO
			Límite de consistencias físicas	Límite líquido Límite plástico
				Índice de plasticidad
<b>V.D.: Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante</b>	Permite conocer la composición del suelo para poder mejorarla consiste en obtener diferentes muestras de suelo para poder conocer la capacidad de carga que podrá soportar	Su finalidad de esta variable es determinar una mejora y analizar que tanto influye en la variable independiente	Relación de soporte de califonia	Expansión Absorción CBR
			Optimo contenido de humedad	Máxima densidad seca del suelo
				Contenido de humedad del suelo

## 2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

El tamaño de muestra se determinó mediante un muestreo aleatorio simple. Se procedió a realizar 01 calicata con una distancia de cada 500m. y a una profundidad de 2.50m. en total realizamos 16 perforaciones a una distancia de 8.000 km. Área que representa el tramo de estudio.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{(N - 1) E^2 + p q Z^2}$$

**Donde:**

N = muestra óptima

N= tamaño de la población (8.000 km)

P y q= parámetros estadísticos de la población (p=50 y q=50)

E= nivel o margen de error admitido 5%,  
considerado por el investigador

Z= nivel de confianza de 95%.

### A. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo constituida por la información levantada de los suelos en carretera EL ANGOLO 2 – PLAYA SAN PEDRO DEL DISTRITO DE MORROPE – PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE, a lo largo de los 8.000 km.

### B. MUESTRA

La muestra que se utilizó en esta investigación son los suelos tomados cada 500 m de separación de la carretera EL ANGOLO 2 – PLAYA SAN PEDRO DEL DISTRITO DE MORROPE – PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

### **2.4.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA REALIZACIÓN DE LAS CALICATAS**

Materiales utilizados fueron los siguientes

- Picos
- Palanas
- Barretas

Estos fueron utilizados para realizar las calicatas correspondientes, las cuales fueron excavadas cada 500 m. a una profundidad de 2.50 m., la obtención de las muestras de suelos obtenidas en cada calicata, sirvieron para determinar sus propiedades en el laboratorio de suelos.

### **2.5. EXPLORACION DE CALICATAS**

#### **Ensayos estándar**

Las muestras obtenidas en la etapa de campo, fueron enviadas al laboratorio GEO GESTIÓN S.A.C. para su respectivo análisis. Donde se ejecutaron los ensayos correspondientes cumpliendo con las normas internacionales vigentes, con la finalidad de obtener resultados confiables.

Los ensayos realizados de acuerdo a las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM), fueron los siguientes:

- Determinar el contenido de humedad natural de muestras de suelo (ASTM D-2216)
- Determinar el porcentaje de sales solubles (ASTM D-2216)
- Clasificación de suelos.
- Compactación Proctor modificado (MTC E 115-2000).
- Californio Bearing Ratio (CBR) (ASTM D-1883, MTC E 132).

## 2.6. REALIZACIÓN DE CALICATAS

En esta investigación realizamos calicatas a una distancia de 500 m cada una en la subrasante, las cuales tuvieron una profundidad de 2.50 metros, las mismas que están identificadas con su respectiva coordenada y progresiva, como se muestra en la tabla 8, la finalidad fue obtener muestras de suelo para realizar los ensayos correspondientes, determinando sus propiedades fundamentales como son:

- Ensayo de % de sales solubles
- Clasificación de suelos
- Compactación Proctor modificado
- CBR.

**Tabla 2.3.**

*Calicatas realizadas para obtener las respectivas muestras de suelo.*

CALICATA	MUESTRAS	PROGRESIVA (km)	COORDENADAS WGS84		PROFUNDIDAD (m)
			NORTE	ESTE	
C-01	M-1	0+000	9277059	608003	2.50
C-02	M-1	0+500	9276843	607565	2.50
C-03	M-1	1+000	9276924	607072	2.50
C-04	M-1	1+500	9276626	606771	2.50
C-05	M-1	2+000	9276145	606642	2.50
C-06	M-1	2+500	9275749	606362	2.50
C-07	M-1	3+000	9275454	605980	2.50
C-08	M-1	3+500	9275191	605786	2.50
C-09	M-1	4+000	9275121	605295	2.50
C-10	M-1	4+500	9274954	604827	2.50
C-11	M-1	5+000	9274704	604408	2.50
C-12	M-1	5+500	9274484	603956	2.50
C-13	M-1	6+000	9274331	603490	2.50
C-14	M-1	6+500	9274106	603040	2.50
C-15	M-1	7+000	9273850	602613	2.50
C-16	M-1	7+500	9273594	602182	2.50

Elaboración propia.



### **III. RESULTADOS**

### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Con el objetivo de buscar soluciones a los problemas de estabilización de las subrasantes, se pretende evaluar las ventajas técnicas que ofrecen los geosintéticos en el mejoramiento sus propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

En este proyecto de investigación se pretende evaluar desde el km 0.00 hasta el km 8.000 km de la carretera EL ANGOLO 2 – PLAYA SAN PEDRO DEL DISTRITO DE MORROPE – PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE.

### **3.2. INVESTIGACION DE CAMPO**

Las excavaciones se realizaron en forma mecánica con dimensiones de 1.20m x 1.20m con profundidad de 2.50 m, con el propósito de:

- Identificar los estratos de suelos encontrados.
- Realizar una clasificación visual manual de los suelos, según ASTM D-2486.
- Extracción de muestras para realización de ensayos en laboratorio.

Se realizaron 16 calicatas distribuidas a lo largo de los 8.000 km distribuidas cada 500 m. para determinar el perfil estratigráfico de las áreas en estudio.

**Tabla 3.1.**

*Resumen de exploración del tramo de la carretera 0.000 km el Angolo 2 – 7.500*

*playa San Pedro.*

CALICATA	MUESTRAS	NIVEL FREATICO	COORDENADAS WGS84		PROFUNDIDAD (m)
			NORTE	ESTE	
C-01	M-1	NA	9277059	608003	2.50
C-02	M-1	NA	9276843	607565	2.50
C-03	M-1	NA	9276924	607072	2.50
C-04	M-1	NA	9276626	606771	2.50
C-05	M-1	NA	9276145	606642	2.50
C-06	M-1	NA	9275749	606362	2.50
C-07	M-1	NA	9275454	605980	2.50
C-08	M-1	NA	9275191	605786	2.50
C-09	M-1	NA	9275121	605295	2.50
C-10	M-1	NA	9274954	604827	2.50
C-11	M-1	NA	9274704	604408	2.50
C-12	M-1	NA	9274484	603956	2.50
C-13	M-1	NA	9274331	603490	2.50
C-14	M-1	NA	9274106	603040	2.50
C-15	M-1	NA	9273850	602613	2.50
C-16	M-1	NA	9273594	602182	2.50
NA: NIVEL FREATICO ALCANZADO					

Elaboración propia

### 3.3. ENSAYOS ESTANDAR

Las muestras extraídas de campo (calicatas) fueron debidamente embaladas y etiquetadas, luego fueron enviadas al laboratorio GEO GESTIÓN donde se realizaron los ensayos en estricto cumplimiento de las normas vigentes con el único fin de obtener resultados altamente confiables.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a las normas de la American Society For Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.

- Límites de Atterberg ASTM D-4318.
- Contenido de humedad ASTM D22126.
- Clasificación de suelos SUCS y AASTHO.

### 3.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos se han clasificado de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 3.2.**

*Resultados de la clasificación de los suelos de acuerdo al sistema SUCS*

CALIC ATA	PROFUNDI DAD	MUE STR A	GR AV A	AREN A	FINOS	LL	IP	SUCS	TIPO
N°	(m)		%	%	%				
C-01	0.00-2.50	M1	----	11	89	N. P	N. P	ML	normal
C-02	0.00-2.50	M1	----	6	94	27.26	7.87	CL	normal
C-03	0.00-2.50	M1	----	82	18	NP	NP	SM	normal
C-04	0.00-2.50	M1	----	91	9	NP	NP	SP-SM	normal
C-05	0.00-2.50	M1	1	90	2	NP	NP	SP	normal
C-06	0.00-2.50	M1	4	71	25	NP	NP	SM	normal
C-07	0.00-2.50	M1		71	28	18.22	2.58	SM	normal
C-08	0.00-2.50	M1	1	75	24	18.17	4.04	SC-SM	normal
C-09	0.00-2.50	M1	---	5	94	31.05	15.36	CL	normal
C-10	0.00-2.50	M1	---	9	91	39.18	24.45	CL	normal
C-11	0.00-2.50	M1	---	42	57	22.49	2.80	ML	normal
C-12	0.00-2.50	M1	---	58	42	25.15	3.96	SM	normal
C-13	0.00-2.50	M1	2	98	1	NP	NP	SP	normal
C-14	0.00-2.50	M1	2	74	24	NP	NP	SM	normal
C-15	0.00-2.50	M1	12	87	1	NP	NP	SP	normal
C-16	0.00-2.50	M1	2	75	24	NP	NP	SM	normal

Elaboración propia

### 3.5. ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARNIG RATIO (CBR)

CALICAT A N°	MUESTR A	CLASIFICACIO N SUCS	PROFUNDIDA D	CBR AL 100% M.D. S	CBR AL 95% M.D. S	EXPANSIO N
C-01	M1	ML	0.00-2.50	1.96	1.34	1.126
C-02	M1	CL	0.00-2.50	1.95	1.21	3.925
C-03	M1	SM	0.00-2.50	10.99	8.45	0.00
C-04	M1	SP-SM	0.00-2.50	20.91	10.65	0.00
C-05	M1	SP	0.00-2.50	11.05	8.05	0.00
C-06	M1	SM	0.00-2.50	20.00	12.00	0.00
C-07	M1	SM	0.00-2.50	1.6	1.25	1.121
C-08	M1	SC-SM	0.00-2.50	2.93	2.16	1.109
C-09	M1	CL	0.00-2.50	2.80	2.30	3.801
C-10	M1	CL	0.00-2.50	1.25	0.86	4.729
C-11	M1	ML	0.00-2.50	16.15	12.05	1.273
C-12	M1	SM	0.00-2.50	11.22	7.85	0.543
C-13	M1	SP	0.00-2.50	24.88	13.35	0.00
C-14	M1	SM	0.00-2.50	24.88	13.35	0.00
C-15	M1	SP	0.00-2.50	9.25	6.62	0.550
C-16	M1	SM	0.00-2.50	8.44	6.15	0.00

Elaboración propia

### 3.6. DESCRIPCION DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS

Calicatas realizadas desde el 0.000 km hasta 8.000 km

- CALICATA C-01:

Presenta un solo estrato constituido por suelo limoso, pobre a malo en subgrado (ML), no teniendo un índice plástico, con una clasificación granulométrica de 11% de arena y 89% de finos y contenido de humedad de 2.18, hasta una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-02:

Presenta un solo estrato constituido por suelo limoso, pobre a malo en subgrado (CL), conteniendo índice plástico (IP) de 7.87%, con una clasificación granulométrica de 6% de arena y 94% de finos y contenido de humedad de 5.23, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-03

Presenta un solo estrato constituido por arenas limosas (SM), no teniendo un índice plástico, con una clasificación granulométrica de 82% de arena y 18% de finos y contenido de humedad de 4.62, a una profundidad de 2.50 m

- CALICATA C-04

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena limosa mal graduada (SP-SM), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 91% de arena y 9% de finos y contenido de humedad de 6.09, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-05

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena mal graduada (SP), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 1% grava, 96% de arena y 2% de finos y contenido de humedad de 4.24, a una profundidadde 2.50 m.

- CALICATA C-06

Presenta un solo estrato constituido por suelo de arena limosa (SM), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 4% grava, 71% de arena y 25% de finos y contenido de humedad de 5.14, a una profundidadde 2.50 m.

- CALICATA C-07

Presenta un solo estrato constituido por suelo de arena limosa (SM), un índice plástico (IP) 2.58, con clasificación granulométrica de 71% de arena y 28% de finos y contenido de humedad de 6.04, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-08

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena limo arcillosa (SC-SM), su índice plástico (IP) es de 4.04, con clasificación granulométrica de 1% grava, 75% de arena y 24% de finos y contenido de humedad de 5.92, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-09

Presenta un solo estrato constituido por suelo arcilloso de mediana plasticidad (CL), con índice plástico (IP) 15.36, con clasificación granulométrica de 5% de arena y 94% de finos y contenido de humedad de 0.78, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-10

Presenta un solo estrato constituido por suelo arenoso de mediana plasticidad (CL), con índice plástico (IP) 24.45, con clasificación granulométrica de 9% de arena y 91% de finos y contenido de humedad de 5.42, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-11

Presenta un solo estrato constituido por suelo limosos de baja plasticidad (ML), su índice plástico (IP) es de 2.80, con clasificación granulométrica de 42% de arena y 57% de finos y contenido de humedad de 2.66, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-12

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena limosa (SM), con índice plástico (IP) 3.96, con una clasificación granulométrica de 58% de arena y

42% de finos y contenido de humedad de 2.56, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-13

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena mal graduada limosa, (SP), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 2% grava, 98 % de arena y 1% de finos y contenido de humedad de 2.10, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-14

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena limosa (SM), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 2% grava, 74% de arena y 24% de finos y contenido de humedad de 5.99, a una profundidad de 2.50m.

- CALICATA C-15

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena mal graduada (SP), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 12% de grava, 87% de arena y 1% de finos y contenido de humedad de 5.20, a una profundidad de 2.50 m.

- CALICATA C-16

Presenta un solo estrato constituido por suelo arena limosa, (SM), no teniendo un índice plástico, con clasificación granulométrica de 2% grava, 75 % de arena y 24% de finos y contenido de humedad de 6.83, a una profundidad de 2.50 m.



### 3.7. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Fue diseñado con el objetivo de cumplir y mejorar las necesidades del tráfico durante un determinado tiempo (periodo de diseño); teniendo que predecir su crecimiento para establecer su estructura del pavimento.

En la carretera Ángolo 2 – playa san pedro, el tránsito vehicular existente en bajo, pero se prevé que con la construcción de esta carretera aumentara la circulación de unidades vehiculares (mototaxis, automóviles camionetas) que se conducirán a la playa, con respecto al tráfico pesado su circulación es cuando los agricultores de la zona están en temporada de cosecha.

#### 3.7.1. DISEÑO CONVENCIONAL

Para el diseño y dimensionamiento de un pavimento existen varios métodos, pero en este estudio usaremos el método AASHTO - 1993 para el diseño de pavimentos flexibles se sustenta en identificar un número estructural (SN) para el pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para diseñar espesores de pavimento flexible tenemos que realizar el cálculo del número estructural aplicando la siguiente formula.

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

Por lo tanto:

$W_{18}$  = número de repeticiones de eje equivalente (ESAL).

$Z_R$  = confiabilidad.

$S_0$  = desviación estándar.

$SN$  = número de estructura.

$\Delta PSI$ =perdida de servicialidad.

$M_R$  = módulo resiliente de la subrasante.

El diseño del pavimento flexible se sustenta fundamentalmente en identificar el numero estructural nos apoyaremos en una ecuación que relaciona los coeficientes con sus números estructurales.

$$SN = \sum a_i + D_i + m_i$$

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

Por lo tanto:

$a_i$  = coeficiente de capa en función de las propiedades de los materiales.

$D_i$  = espesores.

$m_i$  = coeficiente de drenaje.

**a. Confiabilidad (%R) y desviación estándar normal (Zr)**

El parámetro de confiabilidad representa el grado de incertidumbre, donde la variación relacionada a las predicciones del tráfico y las respuestas de los pavimentos, los valores para vías locales son del 80%, vías nacionales del 99% considerando que la carretera está en el área rural asumiremos un valor de 95%.

**Tabla 3.3.**

*Niveles de confiabilidad sugeridos para varias clasificaciones funcionales*

<b>Clasificación funcional</b>	<b>Nivel de confiabilidad recomendado</b>	
	urbano	Rural
<b>Vías interestatales y autopistas</b>	85-99.9	80-99.9
<b>Arterias principales</b>	80-99	75-95
<b>Colectoras</b>	80-95	75-95
<b>Locales</b>	50-80	50-80

*Nota.* Recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

Cuando tratamos el tema del comportamiento del pavimento hacemos referencia a la capacidad estructural y funcional de dicho comportamiento, es la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito. La confiabilidad está asociada a la aparición de fallas en el pavimento.

La confiabilidad  $R$  de un pavimento puede definirse como:

$$R(\%) = 100P(N_t > N_T)$$

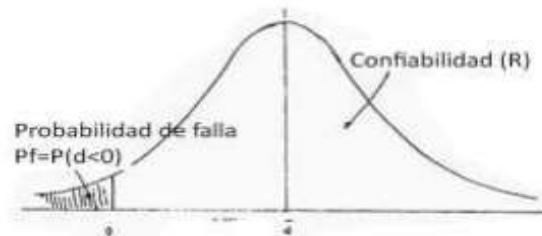
Por lo tanto:

- $N_t$  = Número de ESALs de 18 kip o 80 kN que llevan al pavimento a suserviciabilidad final.
- $N_T$  = Número de ESALs de 80 kN previstos que actuaran sobre el pavimento en su periodo de diseño (vida útil).

$N_t$  y  $N_T$  presentan una distribución normal.

**Figura 3.1.**

*Distribución normal de la probabilidad de falla de pavimento.*



*Nota.* Recuperado de “Guía AASHTO 93 para diseño de estructuras de pavimentos, por (AASHTO, 1993)

En conclusión, si el número de ESALs previsto es menor que el número de ESALs real, su vida útil del pavimento será menor. De acuerdo a esto, surge la necesidad una variable ( $S_0$  – Desviación Estándar) que calcule la magnitud de la variabilidad en la respuesta dentro de unos límites permisibles, con objetivo de garantizar que el pavimento tenga un buen desempeño dentro de su vida útil. (Novoa F., 2017)

**Tabla 3.4.**

*Valores para la desviación estándar normal (AASHTO – 93)*

Niveles de confiabilidad	Desviación estándar normal
80	-0.842
-	-
90	-1.282
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090

*Nota.* recuperado de “Guía de AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

Se utilizó un nivel de confiabilidad de 95% para pavimento flexible correspondiéndole una desviación estándar normal de -1.645 de acuerdo a los valores referenciales.

**b. Desviación estándar combinada ( $S_o$ )**

Para este diseño el valor de la desviación estándar fue de 0.45, la cual corresponde a la desviación estándar estimada en la prueba de AASHTO, en pavimentos flexibles sin considerar error de tráfico.

**c. Índices de serviciabilidad**

Relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. El índice de serviciabilidad es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). Un valor de 5 refleja la mayor comodidad teórica y un valor 0 refleja el peor.

Se sugirió un índice de 2.5. o mayor para el diseño de carreteras principales y de 2.0 para carreteras con volúmenes menores de tráfico, la cual señala una serviciabilidad inicial de 4.2 para pavimentos flexibles, para nuestro diseño se emplearon los siguientes valores.

- Serviciabilidad inicial: 4.2
- Serviciabilidad final: 2.0
- $\Delta = 2.20$

**Tabla 3.5.***Clasificación de índice de serviciabilidad*

<b>INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI)</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
<b>5-4</b>	Muy buena
<b>4-3</b>	Buena
<b>3-2</b>	Regular
<b>2-1</b>	Mala
<b>1-0</b>	Muy mala

Nota. recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

**d. Coeficiente de drenaje**

En el diseño es considerado un factor que perjudica directamente el coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje del tiempo que la estructura está expuesta a niveles de humedad cercana a la saturación y calidad del drenaje.

**Tabla 3.6.***Calidad de drenaje*

<b>CALIDAD DE DRENAJE</b>	<b>TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA</b>
<b>Excelente</b>	2horas
<b>Bueno</b>	<b>1 día</b>
<b>Mediano</b>	1 semana
<b>Malo</b>	1 mes
<b>Muy malo</b>	El agua no evacua

Nota. Recuperado de “Manual de carreteras: suelos, geología, Geotecnia y pavimentos - sección suelos y pavimentos”, por ("Ministerio de transporte y comunicaciones", 2013)

La saturación de la estructura le compete a las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, también al caudal del agua que

ingresa a causa de las precipitaciones pluviales, capilaridad o nivel freático.

**Tabla 3.7.**

*Valores recomendados para modificar los coeficientes de drenaje para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.*

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
<b>Excelente</b>	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
<b>Bueno</b>	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1
<b>Regular</b>	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.8
<b>Malo</b>	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
<b>Muy malo</b>	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.4

*Nota.* Recuperado de “Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – sección suelos y pavimentos”, por (“Ministerio de transporte y comunicaciones”, 2013)

Los coeficientes  $m_2$  y  $m_3$  en este trabajo asumimos que la estructura estará expuesta a niveles de saturación entre 5-25%. De acuerdo a la evaluación de la tabla 16 se obtuvieron los coeficientes de  $m_2=1.07$  y  $m_3=1.07$

#### e. Módulo de resiliencia

Para llevar a cabo La caracterización de los materiales de las cuales se conforman las capas de un pavimento se realizó a través del módulo de resiliencia, la cual cuantifica la magnitud de las propiedades elásticas de un suelo. El módulo de resiliencia se obtiene a partir de una prueba triaxial en carga repetida.

Para realizar el ensayo de módulo resiliente requiere de equipos especiales, con una cámara triaxial para ensayos cíclicos, un pórtico de reacción con un actuador dinámico. La guía de diseño AASTHO-93 propone correlaciones que estiman el mantenimiento rutinario (MR) a partir de ensayos de CBR.

Expresión según “Guía AASHTO”

$$MR(psi) = 2555 \times CBR^{0.65}$$

$$MR(psi) = 2555 \times (10.64)^{0.65}$$

$$MR(psi) = 11.604$$

#### f. Coeficiente de aporte estructural

Los coeficientes estructurales de cada capa se estimaron partiendo de las correlaciones que presenta la guía de diseño AASHTO y las siguientes ecuaciones indicadas:

$$a_2 = 0.249(\log_{10} E_{BS}) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

Por lo tanto:

- $E_{SB}$ : Módulo resiliente de la base
- $E_{SB}$ : Módulo resiliente de la subbase

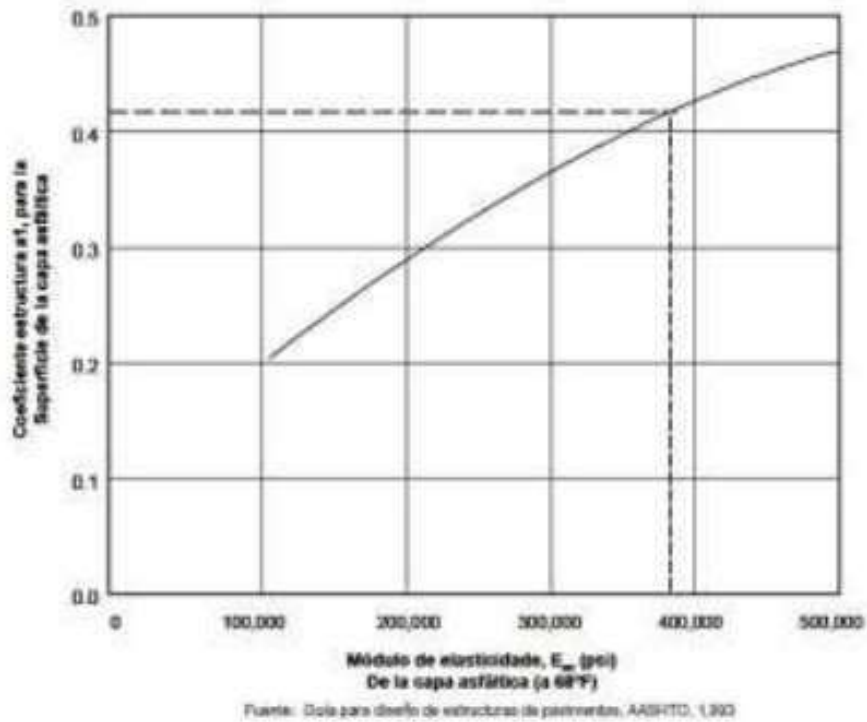
De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvo los siguientes aportes estructurales de cada capa:

- Carpeta asfáltica: 0.165/pulg.
- Base granular: 0.165/pulg
- Subbase granular: 0.047/pulg.



**Figura 3.2.**

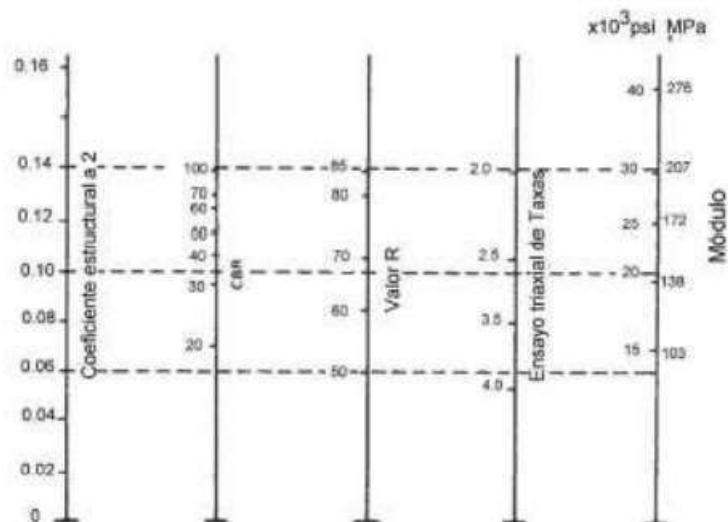
*Coefficiente de aporte estructural de la capa asfáltica.*



*Nota.* Recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

**Figura 3.3.**

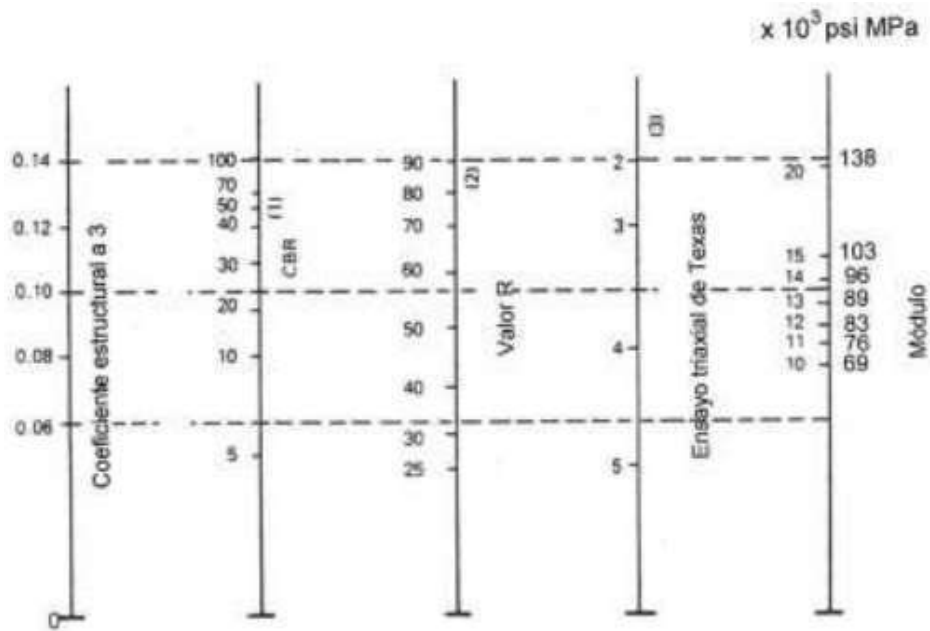
*Coefficiente de aporte estructural de la base.*



*Nota.* Recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos” por (AASHTO, 1993)

**Figura 3.4.**

*Coefficiente de aporte estructural de la subbase.*



*Nota.* Recuperado de "Guia de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos, por ("Ministerio de transporte y comunicaciones", 2013)

g. Diseño de espesores del pavimento flexible (según AASHTO)

El método AASHTO utiliza el número estructural (SN), para calcular la resistencia estructural del pavimento. también señala que este método es el adecuado para el diseño vías de comunicación superiores a 8.2 TN, utilizaremos la siguiente fórmula:

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

Empleando el método AASHTO y de las estimaciones realizadas anteriormente se recomendarán los espesores de pavimento (base, subbase), asimismo comprendiendo los coeficientes de transformación de cada tipo de capa, con estos

valores de entrada estimaremos el número estructural.

R= nivel de confiabilidad. 95%

Z<sub>r</sub>= standart normal desvíate. -1.645

S<sub>o</sub>= overall standart desvíate. 0.45

P<sub>i</sub>= serviciabilidad inicial. 4.2

P<sub>f</sub>= serviciabilidad final. 2.0

a<sub>1</sub>=coeficiente estructural de C.A.

a<sub>2</sub>= coeficiente estructural de B.G.

a<sub>3</sub>= coeficiente estructural de S.B.G.

m<sub>2</sub>= coeficiente de drenaje de B.G. 1.07

m<sub>3</sub>= coeficiente de drenaje de S.B.G. 1.07

EA<sub>L5-2</sub>= números de repeticiones ejes simples equivalente  $9884 * 10^6$

CBR = estudio de mecánica de suelos. 10.64

M<sub>r</sub> = módulo resiliente.

W<sub>18</sub>= número proyectado de carga equivalente de 18 kip (18000 lb) de aplicación de carga axial simple.

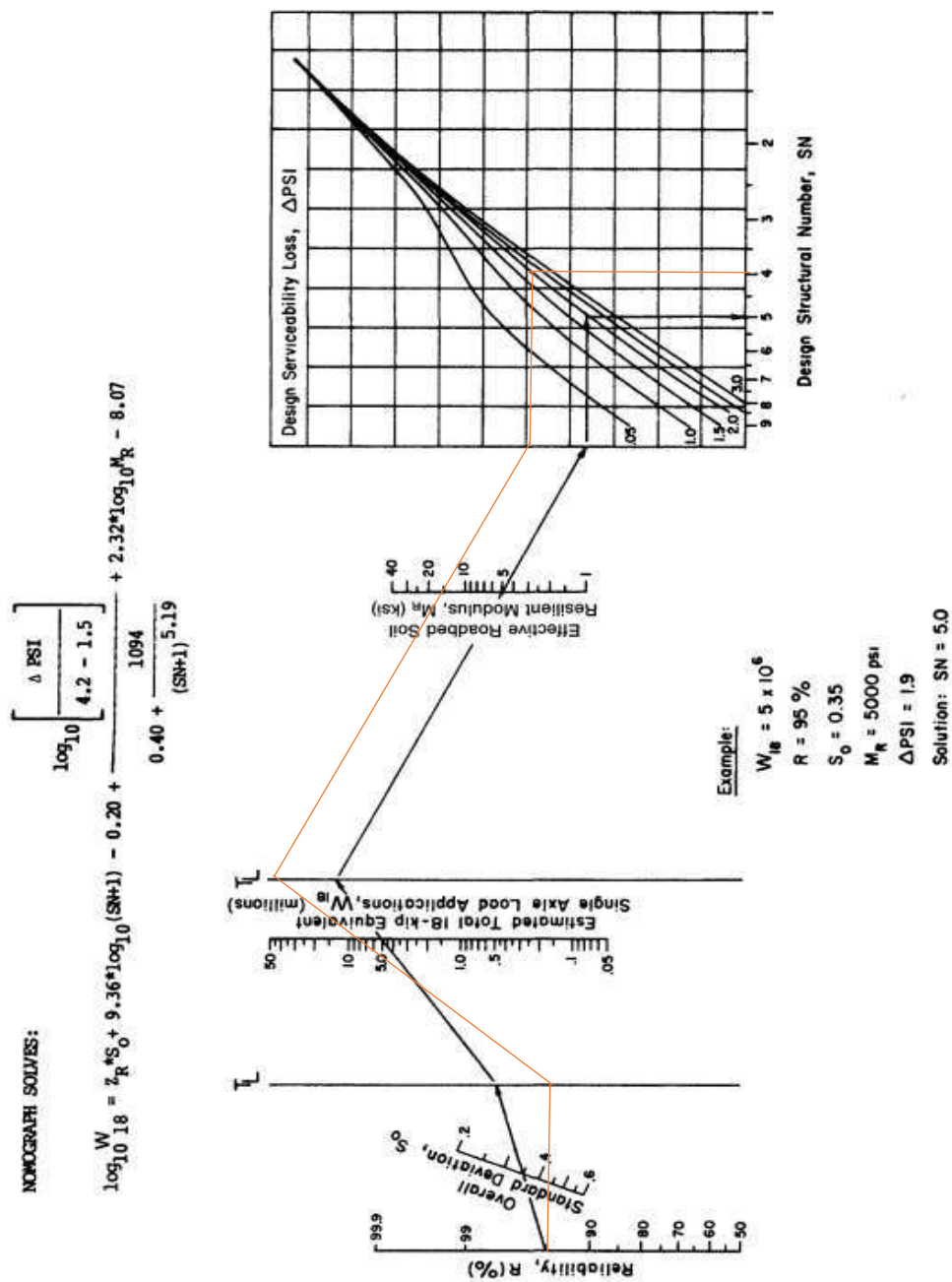
ΔPSI=diferencia entre índice de serviciabilidad inicial (po) y índice de serviciabilidad final (pt). 2.20

Procedemos a calcular el número estructural (NS) con los valores obtenidos anteriormente, para la obtención del (coeficiente estructural de la mezcla asfáltica) emplearemos la figura que está en relación coeficiente estructural y módulo elástico (temperatura de 20° C).

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

**Figura 3.5.**

*Carta de diseño para pavimentos flexibles*



**Figure 3.1.** Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

*Nota.* Recuperado de “AASHTO GUIDE FOR DESING OF PAVEMENT STRUCTURES, por (AASHTO, 1993).

El valor obtenido en el monograma ASSHTO-93 se obtuvo un valor de SN=3.96, luego realizaremos interacciones para reajustar los valores usando la fórmula dada.

Resultados obtenidos en Excel

SN calculado: 3.99

SN requerido: 7.114

**Tabla 3.8.**

*Resumen con los datos requeridos para la estructuración de pavimentos*

Numero estructural requerido		SN	3.411
<b>Carpeta asfáltica</b>	$a_1=0.42$	D1(pulg)	4
<b>Base</b>	m 1=1.07	$a_2=0.14$	D1(pulg) 8
<b>Subbase</b>	m 2=1.07	$a_3=0.12$	D1(pulg) 10
<b>Espesor total del pavimento</b>		(pulg)	22
<b>Numero estructural propuesto</b>		SN'	4.11

*Nota.* Recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

**Tabla 3.9.**

*Espesores mínimos recomendados por la AASHTO-93 en función de ESAL.*

ESAL	CONCRETO ASFALTICO	BASE GRANULAR
>50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2.0	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3.0	4
2'000,001-7'000,000	3.5	6
>7'000,000	4.0	6

*Nota.* Recuperado de “Guía de diseño AASHTO, para diseño de estructuras de pavimentos”, por (AASHTO, 1993)

### **3.8. PROPUESTA DE DISEÑO DEL REFORZADO DE LA SUBRASANTE CON MATERIALES GEOSINTETICOS**

El uso de geosintéticos en las aplicaciones para mejorar la subrasante hoy en día permite obtener un empleo más competente de los recursos en los proyectos. Este se incrementa gracias al conocimiento claro de los mecanismos de trabajo de estos materiales, también los beneficios que estos brindan en una determinada situación. El empleo de geosintéticos como refuerzo en la subrasante brinda grandes beneficios para el proyecto, debido a que incrementa el módulo de la capa del material granular, también brinda una mejor capacidad portante del suelo, disminuye las posibles deflexiones de la subrasante y disminuye las tensiones transmitidas al terreno natural.

En esta investigación se emplearon geosintéticos para reforzar la estructura del pavimento flexible del proyecto *“Alternativas de la utilización materiales geosintéticos en función de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Morrope – el Angolo, Angolo – playa San Pedro (8.00 km), distrito de Morrope, provincia y departamento de Lambayeque”*

#### **3.8.1. COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS GEOMALLAS**

La estructura de un pavimento convencional frecuentemente está conformada por la subrasante, la subbase, la base y la superficie de rodadura. El espesor de cada uno de estos materiales depende de factores como el tipo de vía, el tipo de vehículos circundantes, el periodo de diseño, la capacidad portante del suelo, entre otros.

Según el método AASHTO 1993, el diseño consiste en identificar o encontrar un número estructural SN para el pavimento que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Con el número estructural y el tiempo de vida estimada para el

pavimento se utilizó la fórmula de diseño AASHTO:

$$\log W_{18} = Z_R S_O + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN - 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Generalmente, las subrasantes pobres representan un problema común en la construcción de pavimentos flexibles. Al fallar la subrasante ocasionara un deterioro acelerado de su estructura, se puede estimar cuando la carga vehicular es aplicada directamente sobre el pavimento, causando que las partículas individuales del relleno oscilan y rompen la parte superior de la subrasante y estas pueden causar gran reducción de su resistencia a la fricción. Las soluciones mecánicas para estabilizar a la subrasante pobre pueden ser mediante el uso de materiales geosintéticos. Gracias a su uso se logra mejorar la resistencia mecánica que ofrece la base granular, la aplicación de geosintéticos influyo directamente en el número estructural del diseño de pavimentos flexibles.

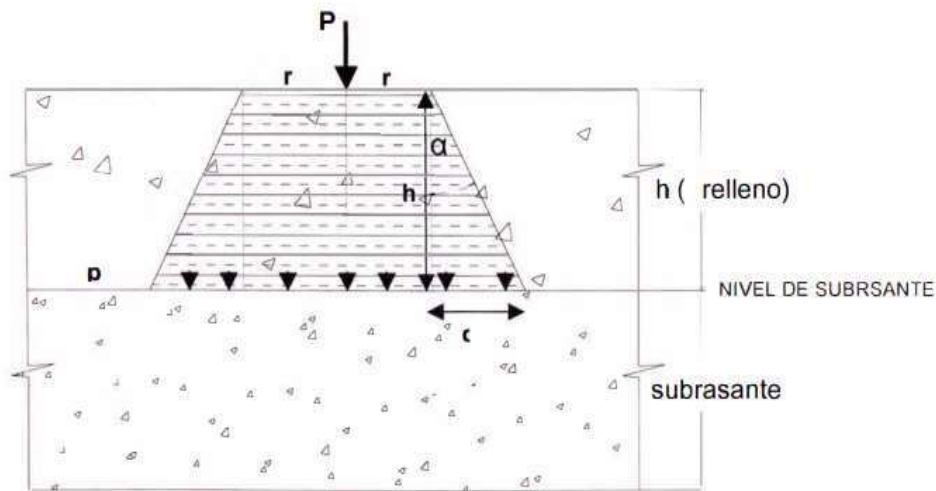
### **3.8.2. METODO DE DISEÑO PARA VIAS AFIRMADAS REFORZADAS CON GEOSINTETICOS DESARROLLADAS POR GIROUD – HAN**

La distribución de esfuerzo forma un cono en el lugar del trapecioide, el área de contacto equivalente de la rueda y área de presión circular se da en la subrasante.

Esto fue propuesto por el método de GIROUD-HAN.

**Figura 3.6.**

*Distribución de esfuerzo en forma de cono*



*Nota.* Recuperado de “Aplicación de geomallas en vías afirmadas diseño del refuerzo de la subrasante”, por (Huamani T., 2007)

$q = m \cdot C_u \cdot N_c$ : capacidad de carga de la subrasante.

$$q = h \tan(\alpha)$$

Por lo tanto:

$C_u$  = esfuerzo de corte no drenado de la subrasante.

$N_c$  = factor de capacidad de carga de la subrasante.

$m$  = coeficiente de movilización de la capacidad de carga.

$P$ : Carga transmitido por neumático.

$p$ : Presión de inflado de las gomas (ruedas simples o duales).

❖ Cálculo de presión  $P$  en el nivel de la subrasante

$$P = F/A$$

Donde:  $F$  = Fuerza

$$A = \text{Área}$$

Entonces:  $F = A$

$$A = \pi r^2 + h \tan(\alpha)^2$$



Reemplazamos la ecuación

$$\rho = \frac{P}{\pi(r + h \tan(\alpha))^2}$$

Donde

P: carga por rueda

r: radio de la huella de rueda equivalente

$\alpha$ : ángulo de distribución de esfuerzos

Para calcular la profundidad requerida para distribuir la carga por rueda a una presión igual a la capacidad de carga de la subrasante utilizamos la siguiente ecuación:

$$h = \frac{1}{\tan \alpha} \left( \sqrt{\frac{P}{\pi m c_u N_c}} - r \right)$$

Donde:

$c_u$  = esfuerzo de corte no drenado de la subrasante.

$N_c$  = factor de capacidad de carga de la subrasante.

m = coeficiente de movilización de la capacidad de carga.

❖ Valores de " $N_c$ ".

$N_c = 3.3$  para capas base no reforzadas,

$N_c = 5.14$  para las capas base reforzadas con productos geotextiles.

$N_c = 5.71$  para capas base reforzadas con Geomallas Tensar.

La selección de los valores de  $N_c$  está dada en la teoría clásica de la capacidad de carga para cimientos superficiales que sugiere los valores acotados:

$N_c = 2.4$  Para una falla de capacidad de carga local (modificado a 3.3 basado en resultados de pruebas de campo en capas base no reforzadas).

$N_c = 5.14$  para un fallo de capacidad de carga general, donde hay una

interfaz lisa (Geotextil) entre el apoyo de la cimentación y el suelo.

$N_c=5.71$  Para una falla de capacidad de carga general donde hay una interfaz áspera (Geomalla Tensar triax) entre el apoyo de la cimentación y el suelo.

El coeficiente de movilización de la capacidad de carga ( $m$ ) solo parte de la capacidad de carga completa que se desarrolla en cualquier profundidad de ahuellamiento especificada.

Este coeficiente es una función de  $(r/h)$  y  $(s)$  la profundidad de ahuellamiento.

❖ Valores de  $m$ .

$m = 1.0$  Para bases de agregado relativamente delgadas con una profundidad de ahuellamiento de 3 pulgadas.

$m < 1.0$  Para bases de agregado gruesas y/o profundidades de ahuellamiento menores de 3 pulgadas. Se calibra la función utilizando datos de pruebas.

❖ Angulo de distribución de esfuerzos ( $\alpha$ )

Giroud-Han relacionaron el ángulo de distribución del esfuerzo inicial ( $\alpha_1$ ) a través de una base rígida encima de una subrasante más blanda, con el ángulo de distribución de esfuerzos ( $\alpha_0$ ) a través de un material homogéneo y con la relación de los módulos (o CBR) de la base y la subrasante de la siguiente manera.

$$\tan \alpha_1 = \tan \alpha_0 \left[ 1 + 0.204 \left( \frac{E_{bc}}{E_{sg}} - 1 \right) \right] = \tan \alpha_0 \left[ 1 + 0.204 \left( \frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1 \right) \right]$$

Donde:

Ebc y Esg = módulo de la capa base y la Subrasante, respectivamente.

CBRbc y CBRsg = CBR de la capa base y la Subrasante,

respectivamente. Para correlacionar el ángulo de distribución de esfuerzos con el número de ciclos de carga, utilizaremos la siguiente ecuación.

$$\tan \alpha = \frac{\tan \alpha_1}{1 + k \log N}$$

Donde:

N = Es el número de pasadas de ejes de vehículos en la etapa de construcción del mejoramiento de la subrasante.

K = Es una constante derivada empíricamente según el espesor de la capa base y la propiedad de refuerzo de la Geomalla.

J = El módulo de estabilidad de la apertura.

Para poder calcular la capacidad de carga utilizaremos la siguiente ecuación para el diseño del mínimo espesor requerido de la capa base.

$$h = \frac{1.195 + \left(0.910 + 0.019 J - 1.744 J^2 \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N\right)}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{st}} - 1\right)\right]} \sqrt{\frac{P}{13.7 N \left(\frac{s}{3}\right) \left[1 - 0.9 \exp\left(-1.426 \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5}\right)\right] CBR_{st}}}$$

Donde:

s = Es igual a profundidad de ahuellamiento en pulgadas a nivel del relleno granular.

p = Carga transmitido por neumático en libras. h = Espesor del relleno

granular en pulgadas.

$r$  = Radio de la huella de una rueda de vehículo en pulgadas.

$N$  = Es el número de pasadas de ejes de vehículos en la etapa de Construcción del mejoramiento de la subrasante.

$N_c = 3.3$  y  $J = 0$  para la capa base no reforzada.

$N_c = 5.14$  y  $J = 0$  para la capa base con refuerzo Geotextil.

$N_c = 5.71$  y  $J = 0.32$  m-N/grado para la capa base reforzada con Tensar BX1100.

$N_c = 5.71$  y  $J = 0.65$  m-N/grado para la capa base reforzada con Tensar BX1200.

En la aplicación del método Giroud-Han actualmente se sugiere limitar la relación  $E_{bc}/E_{sg}$  del módulo a un valor máximo de 5.0 para dar cuenta de la dificultad y compactar el material de la capa base eficazmente sobre subrasantes muy blandas. Usaremos la ecuación.

$$\frac{3.48 \cdot (CBR_{br})^{0.3}}{CBR_{sg}} \leq 5.0$$

#### ❖ Cálculo de refuerzo de la subrasante.

Aplicando la ecuación de Giroud-Han

$$h = \frac{1.195 + \left(0.910 + 0.019 J - 1.744 J^2\right) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{br}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \sqrt{\frac{P}{13.7 N_c \left(\frac{s}{3}\right) \left[1 - 0.9 \exp\left(-1.426 \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5}\right)\right] CBR_{sg}}}$$

$h$ : espesor de relleno requerido

#### ❖ Parámetros de diseño

Para el siguiente cálculo se usará la geomalla marca TENSAR BX 1100

$P$ : Carga transmitido por neumático.

p: Presión de inflado de las gomas (ruedas simples o duales).

N: Número de pasadas por eje.

S: Máximo ahuellamiento.

J: El módulo de estabilidad de la apertura.

CBRrell: CBR Relleno.

CBRsub: CBR Subrasante.

CBR 1.96 = M R (PSI)=3930 , SN =0.153 M, LCR=1.69578288.

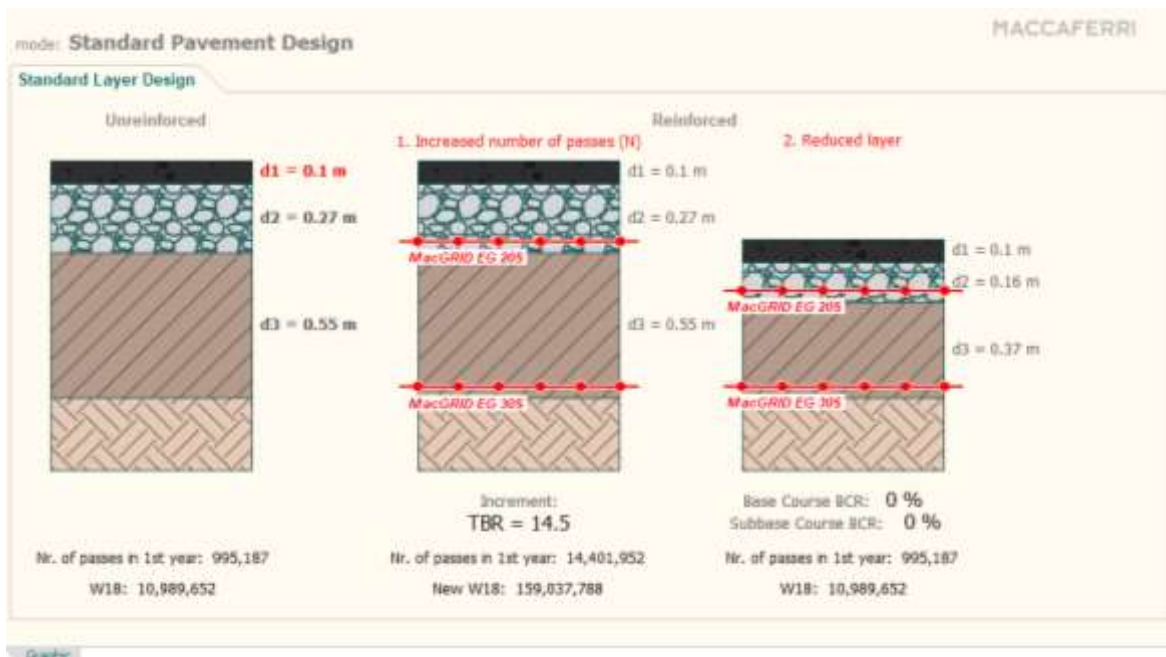
### 3.8.3. DISEÑO DE PAVIMENTOS USANDO SOFTWARE MACREA

#### Datos de diseño.

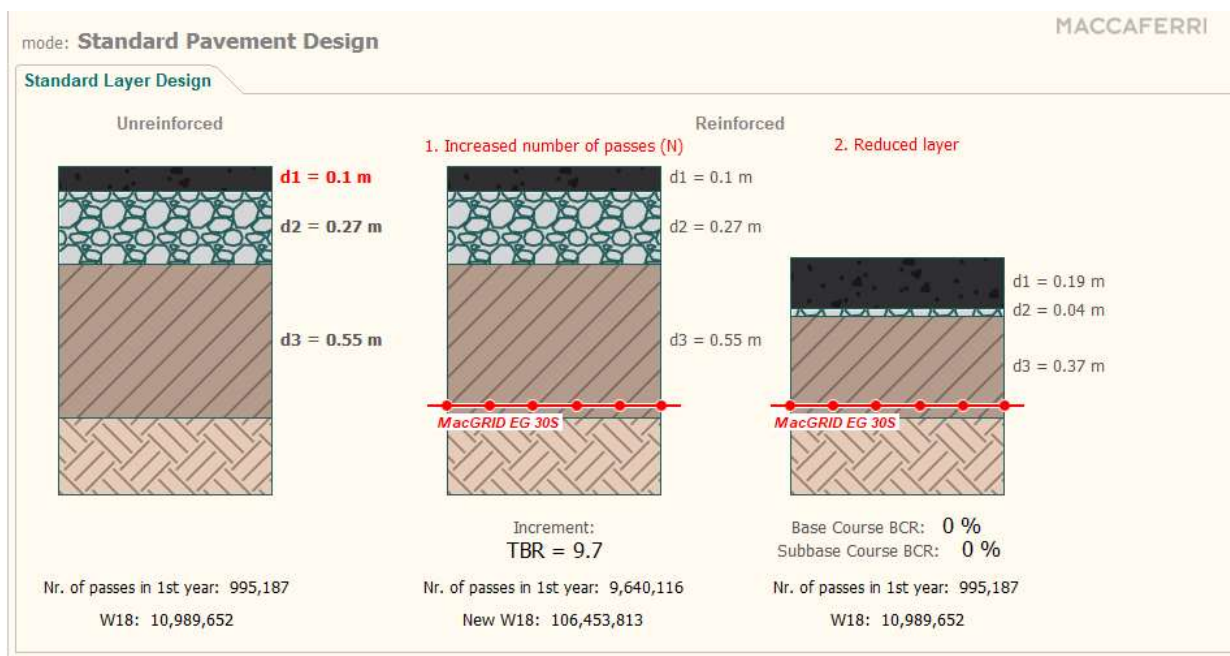
CAPA DE RODADURA	a1	0.42
BASE GRANULAR	CBR %	100%
	a2	0.14
	m2	1.07
SUB BASE GRANULAR	CBR %	40%
	a3	0.12
	m3	1.07
SUB RASANTE	CBR %	1.96%
R % CONFIABILIDAD		95%
So (DESVIACION ESTANDAR GLOBAL)		0.45
Po (INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL)		4.2
Pt (INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL)		2
ESAL		10,989,652.06
LCR		1.69578288
REFUERZO DE GEOMALLA (MACCAFERRI, PAVCO WAVI)		

Nota. Elaborado por los tesistas

A. espesores calculados de estructura de pavimento sin reforzamiento y con reforzamiento aplicando geomalla MAC MAGRID EG 30S colocada entre la sub rasante y sub base y aplicación de geomalla MAC MAGRID EG 20S colocada entre sub base y en base granular.



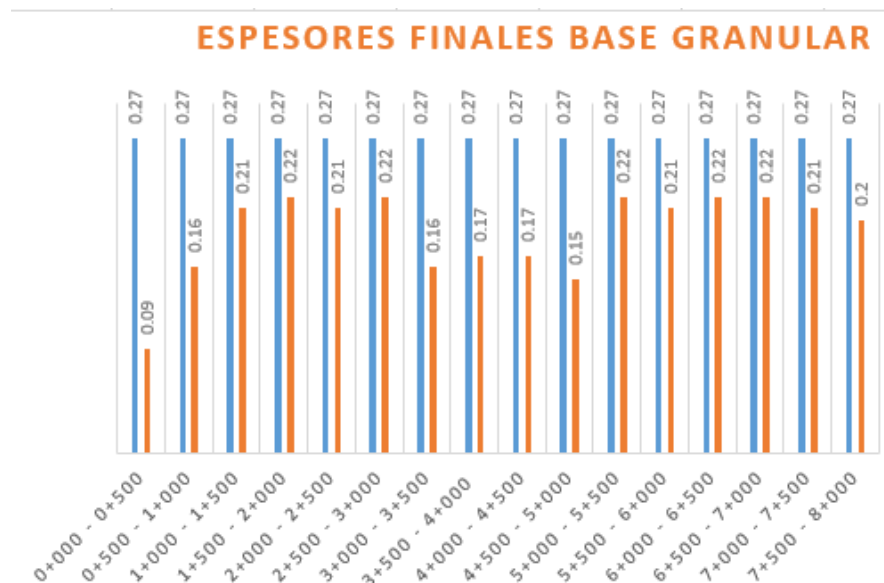
B. Espesores calculados de estructura de pavimento sin reforzamiento y con reforzamiento colocada entre sub rasante y sub base aplicando geomalla MAC MAGRID EG 30S. colocada entre la sub rasante y sub base.



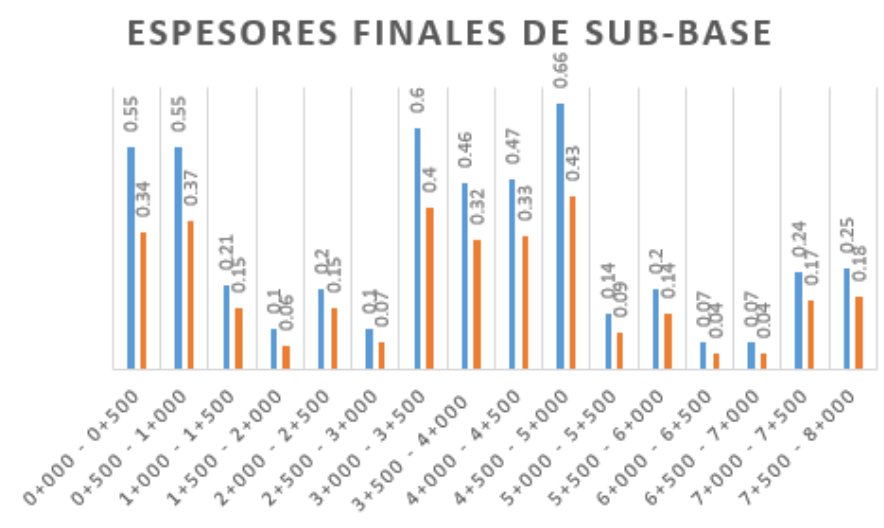
C. Resultados de espesores calculados de estructura de pavimento sin reforzamiento y con reforzamiento aplicando geomalla MAC MAGRID EG 30S colocada entre la sub rasante y sub base y aplicación de geomalla MAC MAGRID EG 20S colocada entre sub base y en base granular, los resultados aplican a los CBR% de todos los tramos en estudio de la carretera.

SECCION KM	CLASIFICACION SUCS	CBR AL 100% M.D.S	ESPESORES NO REFORZADO (CM)			REFORZADO CON GEOMALLA			ESAL	Mr
			D1	D2	D3	D1	D2	D3		
0+000 - 0+500	ML	1.96	0.1	0.27	0.55	0.1	0.09	0.34	10,989,652.06	3930
0+500 - 1+000	CL	1.95	0.1	0.27	0.55	0.1	0.16	0.37	10,989,652.06	3918
1+000 - 1+500	SM	10.99	0.1	0.27	0.21	0.1	0.21	0.15	10,989,652.06	11848
1+500 - 2+000	SP-SM	20.91	0.1	0.27	0.1	0.1	0.22	0.06	10,989,652.06	17892
2+000 - 2+500	SP	11.05	0.1	0.27	0.2	0.1	0.21	0.15	10,989,652.06	11889
2+500 - 3+000	SM	20	0.1	0.27	0.1	0.1	0.22	0.07	10,989,652.06	17380
3+000 - 3+500	SM	1.6	0.1	0.27	0.6	0.1	0.16	0.4	10,989,652.06	3452
3+500 - 4+000	SC-SM	2.93	0.1	0.27	0.46	0.1	0.17	0.32	10,989,652.06	5084
4+000 - 4+500	CL	2.8	0.1	0.27	0.47	0.1	0.17	0.33	10,989,652.06	4938
4+500 - 5+000	CL	1.25	0.1	0.27	0.66	0.1	0.15	0.43	10,989,652.06	2947
5+000 - 5+500	ML	16.15	0.1	0.27	0.14	0.1	0.22	0.09	10,989,652.06	15158
5+500 - 6+000	SM	11.22	0.1	0.27	0.2	0.1	0.21	0.14	10,989,652.06	12006
6+000 - 6+500	SP	24.88	0.1	0.27	0.07	0.1	0.22	0.04	10,989,652.06	19987
6+500 - 7+000	SM	24.88	0.1	0.27	0.07	0.1	0.22	0.04	10,989,652.06	19987
7+000 - 7+500	SP	9.25	0.1	0.27	0.24	0.1	0.21	0.17	10,989,652.06	10610
7+500 - 8+000	SM	8.44	0.1	0.27	0.25	0.1	0.2	0.18	10,989,652.06	10006

D. Comparación técnica de espesores calculados en cuadros estadísticos, espesores sin reforzamiento y con reforzamiento aplicando geomalla MAC MAGRID EG 30S colocada entre la sub base y base granular.



E. Comparación técnica de resultados de sub-base. espesores calculados de estructura de pavimento sin reforzamiento y con reforzamiento aplicación de geomalla MAC MAGRID EG 30S colocada entre sub rasante y sub base.



### 3.9. ESTUDIO ECONOMICO.

Comprende la evaluación de costo para la ejecución del proyecto “**ALTERNATIVAS DE LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES GEOSINTETICOS EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA MORROPE – EL ANGOLO, EL ANGOLO – PLAYA SAN PEDRO**”



**(8.00 KM), DISTRITO DE MORROPE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMABAYEQUE”** considerando 8.00 km de estudios y realizando un análisis de costos unitarios por metro lineal del proyecto con diferentes CBR, resultados obtenidos con el estudio de mecánica de suelos, resultados de espesores de capa obtenidos con el programa macrea asttho 93 considerando en el diseño pavimentos reforzados con geosintéticos y no reforzados, también se tubo en cuenta ancho de vía de 7m.

COSTO DIRECTO	8,362,952.3111
GASTOS GENERALES ( 10% )	836295.2311
UTILIDAD ( 7% )	585406.6618
	<hr/>
TOTAL	9,784,654.2040
I.G.V. ( 18.00 % )	1761237.757
	<hr/>
MONTO TOTAL	11,545,891.96

SON : ONCE MILLONES QUINIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL, OCHOCIENTOS NOVENTA Y UNO Y 96/100 NUEVOS SOLES

#### IV. CONCLUSIONES

1. Para el mejoramiento de subrasante con geosintéticos del proyecto “ALTERNATIVAS DE LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES GEOSINTÉTICOS EN FUNCIÓN DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA MORROPE – EL ANGOLO , EL ANGOLO - PLAYA SAN PEDRO (8.00 KM), la clase más conveniente para producir mejores resultados es la geomalla y geotextil, Se obtuvieron buenos resultados en la parte económica del material de relleno, mano de obra y tiempo de acuerdo a sus especificaciones técnicas.
2. El uso de geosintéticos para mejoramiento de subrasantes más recomendable para suelos con CBR obtenidos menores a 4% porque su espesor de relleno se mantiene constante a 4.0”, los suelos con CBR mayores a 4 % se utiliza de acuerdo a especificaciones técnicas del producto.
3. La geomalla brinda una función compuesta estable para la construcción aun en suelos extremadamente blandos. La carga lo distribuye sobre toda el área logrando la reducción de requerimientos en materiales, aumentar la durabilidad y mejor trabajabilidad.
4. Los geosintéticos como son las geomallas triaxiales, biaxiales colocan directamente sobre la superficie de terreno blando y refuerzan de manera tal que permite la instalación de la plataforma de trabajo sin inconvenientes, en menor tiempo, sin tener la necesidad de realizar excavaciones y/o rellenos extras y esto conlleva a la reducción de costos.
5. Los geosintéticos como son las geomallas y los geotextiles incrementan la resistencia de un suelo, en cambio el geotextil necesita que se produzca una deformación del mismo para producir dicho refuerzo.

## **V. RECOMENDACIONES**

1. Recomendamos el uso de geosintéticos como son la geomalla biaxial y triaxial y geotextil para lograr el reforzamiento de base granular, subrasante, y así generar un incremento en la vida útil en el pavimento gracias a la distribución uniforme de carga por trabazón de partículas sobre la capa inferior.
2. Mediante el uso de geosintéticos como las geomallas rígidas fabricadas con polímeros es muy probable lograr un ahorro de costes y plazos, ya que es un componente a tener en cuenta en proyectos de obras civiles.
3. Para mejorar la subrasante es recomendable usar relleno granular.
4. Para asegurar un buen comportamiento de los geosintéticos se recomienda utilizar geomallas de estructura regular biaxial, triaxial, con aberturas geométricas rectangulares y trapezoidales, esto permite un inter trabado mecánico del material que será reforzado.
5. Los geosintéticos mantienen buena capacidad de refuerzo bajo las cargas dinámicas durante la puesta en servicio, asimismo son resistentes a los rayos ultravioletas y degradación que se presente en la intemperie y manipulación durante la construcción, así mismo a agentes biológicos y químicos que pueden encontrarse en el material que será reforzado.

## Bibliografía

- "Ministerio de transporte y comunicaciones". (2013). *Manual de carreteras, suelos, geología, Geotecnia y pavimentos*". Perú: ICG - Instituto de la construcción y gerencia.
- AASHTO, O. A. (1993). *"Guia AASHTO para el Diseño de estructuras de Pavimentos"*. Washington.
- Almendarez S., L. N., & Reyes Z., J. C. (2017). "Diseño de pavimentos flexibles con refuerzo de geomalla Triaxial Utilizando la metodología GIROUD-HAN: Caso de aplicación en Honduras. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 10.
- Blanco, C., Grupp, F., & Voirol, E. (2008). "Plan de estudio para la evaluación del comportamiento de un pavimento flexible reforzado con geosintéticos". *Ciencia e Ingeniería* , 9.
- Braja M., D. (2012). *"Fundamentos de ingeniería de cimentación"* - séptima edición. Mexico: Cengage Learning Editores, S.A.
- Caballeros T., E. A. (2006). *"Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible"* Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Calderon A. , J. E., & Mira L., G. (2015). *"Correlación de los ensayos de corte directo y CBR para arenas mal gradadas del río Magdalena sector el Arenal en el municipio de Barrancaberja"*. tesis de grado . Bucaramanga: Universidad de Santander.
- comunicaciones, M. d. (2014). *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima - Perú: Servicios gráficos Squadrito E.I.R.L.
- Díaz G., J. F., Escobar V., O. E., & Olivio M., E. J. (2009). *"Aplicación de los*

- geosinteticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras". Tesis para optar título de ingeniero civil. San Salvador: Universidad El Salvador - Escuela de Ingeniería civil.*
- Huamani T., C. W. (2007). *"Aplicación de geomallas en vías afirmadas: Diseño del refuerzo de la subrasante" Tesis para optar título de ingeniero civil. Lima: Universidad nacional de ingeniería.*
- Juarez B. , E., & Rico R., A. (2005). *Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos. Mexico: LUMISA Noriega Editores.*
- Malik, P., Scholar, M., & Hisar, O. (2015). "Use of Geosynthetic Material to Improve The Properties of subgrade Soil". *International Journal of Engineering research & technology.*
- Mera H., J. M. (2017). *Evaluación técnico - económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa cruz - Bellavista, distrito Bellavista - Jaen - Cajamarca" tesis . Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca - Facultad de Ingeniería.*
- Mestre , E. (2020). *"aplicación de geosintéticos en vías terciarias: caso de estudio municipio de Carurú departamento de Vaupés" tesis para optar título de ingeniero especialista en pavimentos. Bogotá - Colombia: Universidad Católica de Colombia.*
- Norambuena C., J., Zamora B., D., Castro F., D., & Vega Z., A. (2009). Análisis térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos. *INGENIARE - Revista Chilena de ingeniería*, 100.
- Novoa F., L. (2017). *"Aplicación de la geomalla Triaxial para mejorar la estabilización en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo - 2017". Lima: Universidad César Vallejo.*

- PAVCO. (2012). *"Manual de diseño con geosintéticos"*. Bogotá - Colombia: Departamento de Ingeniería - Geosistemas.
- PAVCO, G. (2012). *"Manual de diseño con geosintéticos"*. Departamento de Ingeniería Geosistemas: Bogotá - Colombia.
- Quijije M., A. D. (2019). *"Reforzamiento del suelo con la utilización de Geotextiles y Geomallas aplicado en la ciudad de Manta"* tesis. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Rivera M., W. A. (2013). *"Correlación del soporte de California (CBR) con la resistencia a la compresión inconfiada y la plasticidad del suelo"* tesis para obtener el título de ingeniero civil. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Sicha F., G. G. (2018). *"Diseño con Geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles"* Tesis para optar el título de ingeniero civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- TENSAR. (2016). *"Geomalla TENSAR TriAx (TX): una revolución en la tecnología de las Geomallas"*. Obtenido de Tensar international Corporation: [https://info.tensarcorp.com/hubfs/WH\\_Files/WH\\_Marketing%20Operations\\_Sales%20Tools/Marketing%20Support%20Files/Brochures/English/ISPN\\_TX\\_BR\\_O\\_5.16.pdf](https://info.tensarcorp.com/hubfs/WH_Files/WH_Marketing%20Operations_Sales%20Tools/Marketing%20Support%20Files/Brochures/English/ISPN_TX_BR_O_5.16.pdf)
- Vargas M., J. E. (2009). *"Evaluación de los métodos AASHTO y USCS en la caracterización del suelo del barrio Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar - Propuesta de una metodología particular"*. Universidad Minuto de Dios - Facultad de Ingeniería Civil.
- Zornberg, J. (Noviembre de 2019). *"Funciones y aplicaciones de geosintéticos en carreteras"*. Obtenido de Artículo técnico: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sites.utexas.edu/zornberg/files/2022/03/Zornberg\\_2019b.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sites.utexas.edu/zornberg/files/2022/03/Zornberg_2019b.pdf)

## VI. ANEXOS

### 6.1.- PANEL FOTOGRAFICO







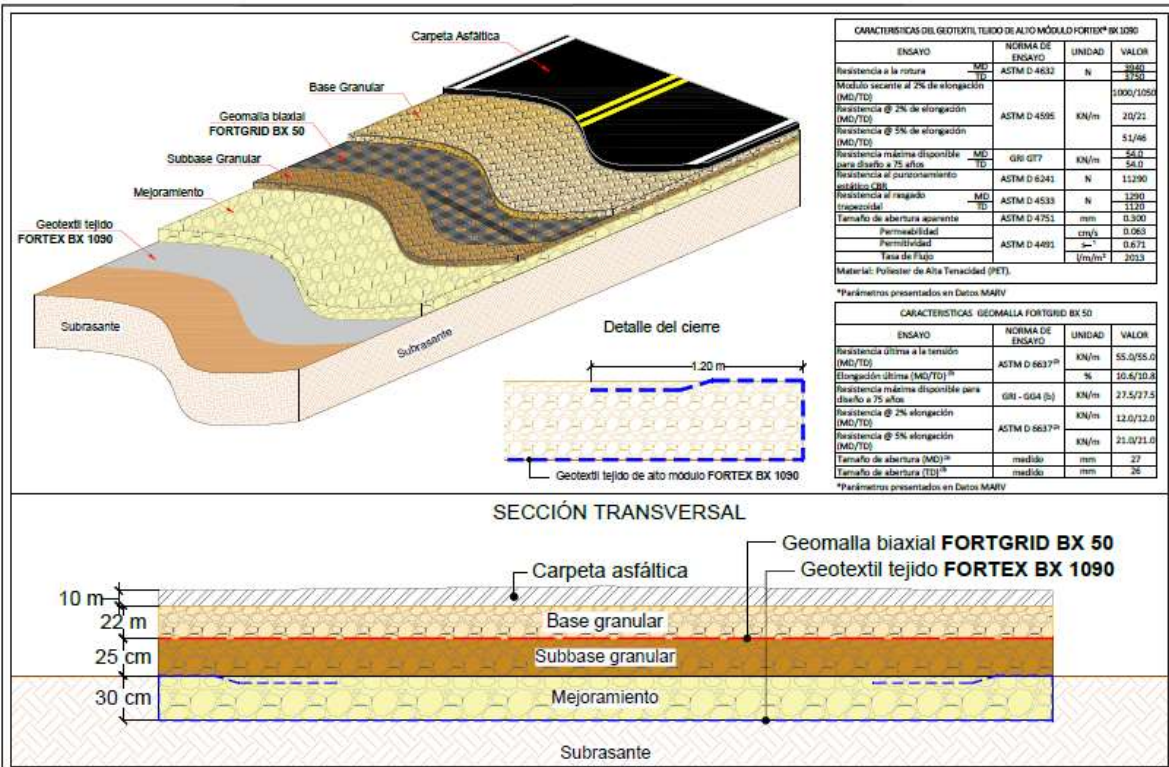








6.2.- ESQUEMA DE MEJORAMIENTO



6.3. TOPOGRAFIA DE CARRETERA MORROPE – EL ANGOLO



## ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N° 015-2023-FICSA - D



Siendo las 11:00 am horas del día 15 de marzo del 2023, se reunieron via plataforma virtual: <https://meet.google.com/pit-puec-gkv>, los miembros de jurado de la Tesis titulada: "ALTERNATIVAS DE LA UTILIZACION DE MATERIALES GEOSINTETICOS EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA MORROPE - EL ANGOLO, EL ANGOLO - PLAYA SAN PEDRO (8.00 KM), DISTRITO DE MORROPE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE" con código de proyecto IC-2019-049, designados por Resolución Decanal Virtual N° 577-2022-UNPRG-UIFICSA, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DÁVILA VIDARTE  
MG. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO  
ING. JORGE LUIS MARTINEZ SANTOS

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
VOCAL

Asesorado por el Docente: MG. ING. ROGER ANTONIO ANAYA MORALES

El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL No 048-2023-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres WALTER JAVIER CHAPOÑAN VIDAURRE Y CARLOS ALBERTO GARCÍA PINTADO, tuvo una duración de 60.00 minutos Después de la sustentación absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado, se procedió a la calificación respectiva:

WALTER JAVIER CHAPOÑAN VIDAURRE	16.00	DIECISÉIS	BUENO
CARLOS ALBERTO GARCÍA PINTADO	16.00	DIECISÉIS	BUENO

Por lo que quedan **APTOS** para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12.05 m horas, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

MG. ING. DOMINGO JORGE LUIS DÁVILA VIDARTE  
PRESIDENTE

MG. ING. WESLEY AMADO SALAZAR BRAVO  
SECRETARIO

ING. JORGE LUIS MARTINEZ SANTOS  
VOCAL

MG. ING. ROGER ANTONIO ANAYA MORALES  
ASESOR



DR. ING. SERGIO BRAVO IDROGO  
DECANO



## Recibo digital


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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Walter Chapoñan Vidaurre  
Título del ejercicio: TESIS CHAPOÑAN - PINTADO  
Título de la entrega: LTERNATIVAS DE LA UTILIZACION DE MATERIALES GEOSINTE...  
Nombre del archivo: Informe\_de\_tesis\_3.pdf  
Tamaño del archivo: 5.04M  
Total páginas: 90  
Total de palabras: 21,479  
Total de caracteres: 113,610  
Fecha de entrega: 30-nov.-2022 10:17a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 1967278990



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE  
ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

"ALTERNATIVAS DE LA UTILIZACION DE MATERIALES GEOSINTETICOS EN  
FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA SUBRIANTE  
DE LA CARRETERA MORROPPE - EL ANZOLCO, EL ANZOLCO - PLAYA SAN  
PEDRO SURKIM, DISTRITO DE MORROPPE, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE  
LAMBAYQUE"

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Rodrigo CHAPOÑAN VIDAURRE WALTER JAVIER  
Rodrigo GARCIA PINTADO LUIS ALBERTO

ASESOR

ANAYA MORALES ROGER ANTONIO

LAMBAYQUE - PERU

2022

  
Roger A. Anaya Morales  
INGENIERO CIVIL  
REGISTRO CIP. N° 61876



# ALTERNATIVAS DE LA UTILIZACION DE MATERIALES GEOSINTETICOS EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA MORROPE - EL ANGOLO, EL ANGOLO - PLAYA SAN PEDRO (8.00 KM)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://www.geosai.com">www.geosai.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://scielo.conicyt.cl">scielo.conicyt.cl</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%

  
Roger A. Ahaya Morales  
INGENIERO CIVIL  
REGISTRO CIP. N° 61878

9	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
11	<a href="http://prodac.bekaert.com">prodac.bekaert.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.landmsupplyco.com">www.landmsupplyco.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://smig.org.mx">smig.org.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://biblioteca.usac.edu.gt">biblioteca.usac.edu.gt</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
20	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec)

  
 Roger A. Anaya Morales  
 INGENIERO CIVIL  
 REGISTRO CIP. N° 61876