

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“REHABILITACION Y MEJORAMIENTO AV  
UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO A  
MARABAMBA CON GLARGRID-2019”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS**

Bach. Salinas Albornoz Diego

**ASESOR**

Ing. Jorge, Zevallos Huaranga

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**



## **DEDICATORIA**



Al Divino creador, por darnos la vida y cuidado para seguir perdurando y esforzándonos cada día en todas las áreas de nuestra vida, y a mis queridos padres, hermanos y docentes por su invaluable apoyo moral para seguir mis estudios hacia el éxito profesional.



**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”**  
**Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero y eterno agradecimiento a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco por ser mi alma máter de a formación profesional.

A todos los docentes de esta Casa Superior de Estudios, por brindarme sus conocimientos y sus valiosas experiencias.



### Resumen:

El proyecto de tesis se enfocara en la rehabilitación del pavimento existente REHABILITACION Y MEJORAMIENTO AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO A MARABAMBA para su posterior mejoramiento con la aplicación de GEOTEXTIL GLARGRID con refuerzo en el pavimentos flexibles existente ,para lo cual se aplicara la será el PCI (índice de condición del pavimento), este método nos dará un indicador que permita precisar la degradación o condición del pavimento flexible existente, con la finalidad de solicitar su intervención oportuna, seleccionando la técnica más adecuada de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción del pavimento existente. Al realizar la intervención in situ al aeropuerto se pudo dialogar con el jefe la cual afirma que la pista de aterrizaje no ha sido evaluada antes de ser intervenida bajo una metodología o procedimiento; esto nos permite realizar la evaluación superficial del pavimento flexible, para obtener su índice de condición con la aplicación de la metodología PCI.



### Summary:

The thesis project will focus on the rehabilitation of the existing pavement of the runway of the REHABILITACION Y MEJORAMIENTO AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO A MARABAMBA for its subsequent improvement with the application of GEOTEXTIL GLARGRID with reinforcement in the existing flexible pavements, for which the will be applied. the PCI (pavement condition index), this method will give us an indicator that allows us to specify the degradation or condition of the existing flexible pavement, in order to request its timely intervention, selecting the most appropriate technique for maintenance, rehabilitation or reconstruction of the pavement existing. When carrying out the intervention in situ at the airport, it was possible to dialogue with the chief who affirms that the runway has not been evaluated before being intervened under a methodology or procedure; this allows us to carry out the superficial evaluation of the flexible pavement, to obtain its condition index with the application of the PCI methodology.



## ÍNDICE

Dedicatoria .....	II
Agradecimiento .....	III
Resumen .....	IV
Summary .....	V
Índice .....	VI
Introducción .....	VIII

### I. MARCO TEORICO.....

1.1.- Antecedentes y Fundamentación del Problema.....	9
1.1.1.- Antecedentes Locales.....	9
1.1.2.- Antecedentes Nacionales.....	10
1.1.3.- Antecedentes Internacionales.....	13
1.2.- Formulación del Problema.....	15
1.2.1.- Problema General.....	15
1.2.2.- Problemas Específicos.....	15
1.3.- Objetivos: Generales y Específicos.....	16
1.3.1.- Objetivo General.....	16
1.3.2.- Objetivos Específicos.....	16
1.4.- Justificación e Importancia.....	16
1.5.- Limitaciones.....	17
1.6.- Revisión de Estudios Realizados.....	17
1.6.1.- Investigaciones Locales.....	18
1.6.2.- Investigaciones Nacionales.....	18
1.6.3.- Investigaciones Internacionales.....	20
1.7.- Conceptos Fundamentales.....	21
1.8.- Marco Situacional.....	61



1.9.- Definición de Términos Básicos.....	61
1.10- Hipótesis: General y Específicas.....	62
1.10.1.-Hipótesis General.....	62
1.10.2.-Hipótesis Específicos.....	62
1.11.- Sistema de Variables – Dimensiones e Indicadores.....	63
1.12.- Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores.....	63
<b>II. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>65</b>
2.1.- Nivel y Tipo de Investigación.....	65
2.2.- Diseño de la Investigación.....	66
2.3.-UNIVERSO / POBLACIÓN Y MUESTRA.....	67
2.3.1.- Determinación del Universo / Población.....	67
2.3.2.- Selección de la Muestra.....	67
2.4.- Tecnicas de recolección y tratamiento de datos.....	69
2.4.1.- Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	69
2.4.2.- Procesamiento y Presentación de Datos.....	70
<b>III. DISCUSION DE RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
3.1 Contrastación de los resultados del trabajo de campo con los referentes bibliográficos de las bases teóricas.....	71
3.2 Contrastacion de hipotesis y prueba de hipotesis.....	71
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>IV BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>75</b>



## **INTRODUCCIÓN**

Los problemas existentes con respecto al tiempo de vida de los pavimentos en nuestra región y su gran importancia en la economía hacen que estos se vuelvan una pieza fundamental para el desarrollo tanto social y económico por lo cual se pone énfasis para contribuir en su diseño tanto para un proyecto en mejoramiento o en rehabilitación tratando de buscar maximizar beneficios y disminuir costos en la ejecución. La incorporación del Sistema GLASGRID en el diseño de un proyecto de Pavimento en mejoramiento o en rehabilitación busca otorgar un mayor beneficio al tema estructural y económico. Los métodos o formas tradicionales con los cuales se ha venido trabajando tienen un punto en el cual el costo y el beneficio trabajan de forma directamente proporcional o incluso existe un desbalance por lo que la economía se ve afectada, por las cuales con el sistema Adoptado en el desarrollo de la presente investigación se busca dar un mejor servicio en un tiempo más prolongado



## I MARCO TEORICO

El proyecto de tesis es en la Rehabilitación y Mejoramiento del pavimento existente de la AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO A MARABAMBA que en la actualidad se puede apreciar que existe envejecimiento de la superficie de rodadura, así como la aparición de pequeñas fisuras y grietas, consecuencia de la falta de mantenimiento ya que dicha vía fue ejecutada aproximadamente hace más de 10 años

En las condiciones actuales del pavimento existente sino se hace una intervención de rehabilitación y mejoramiento de la vía, esta ya no podrá ser rehabilitada y lo único que se podrá hacer es la reconstrucción total de la vía.

Así mismo para su rehabilitación se debe de aplicar una técnica adecuada para que los costos de rehabilitación como su mantenimiento sean los más económico otro factor a tomar en cuenta es alargar la vida útil del pavimento, ya que está demostrado que las autoridades tanto locales como regionales nunca tienen la política de manteamientos de las vías urbanas por lo que se hace necesario utilizar la tecnología de materiales para reforzar el pavimento a colocar con GEOTEXTIL GLASGRID

### **1.1.- Antecedentes y Fundamentación del Problema:**

#### **1.1.1.- Antecedentes Locales:**

No existe en la actualidad estudios realizados en la zona, es decir, en la región Huánuco, referente a la utilización de geosintéticos como material de refuerzo en pavimentos para aeropuertos que se utilizan en la rehabilitación de vías pavimentadas en tipo flexible. Es nula este tipo de investigación, solo se han realizados estudios de materiales para mezclas asfálticas en caliente tanto en agregados como en los ligantes asfálticos para la construcción de pavimentos flexibles.



### 1.1.2.- Antecedentes Nacionales:

- - En las conclusiones de la tesis denominada "evaluación estructural, superficial y funcional del pavimento de la pista principal aeropuerto de pisco: Renán Elías Olivera" (Guzmán & Ulloa, 2015), se ha podido determinar que la evaluación estructural, superficial y funcional del pavimento de la pista principal del Aeropuerto de Pisco "Renán Elías Olivera" cumple con la Norma establecida por las FAA y la OACI.
  
- En las conclusiones de la tesis denominada proyecto de tesis titulado: "ESTUDIO DEFINITIVO DE LA PAVIMENTACIÓN DE LA AVENIDA TÚPAC AMARU DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE LLALLI-MELGAR-PUNO, (Lupaca Huichi, Romulo 2017) tiene como principal objetivo brindar adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Túpac Amaru de la ciudad de Llalli, proponiendo el estudio definitivo que permita la construcción de la Pavimentación de la avenida en mención. El estado actual de la vía se encuentra en muy malas condiciones, dado que a la fecha no fue intervenida para su mejoramiento y sumado a esto el deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propio de la zona en estudio. Se plantea una propuesta de pavimentación en la avenida Túpac Amaru para que brinde un adecuado flujo vehicular y de transporte de pobladores de la zona del proyecto y aledaños a la misma, mejorando las condiciones de vida de los moradores de la zona a la cual pertenece el presente estudio definitivo.
  
- En las conclusiones de la tesis denominada rehabilitación de pavimento de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo en la avenida todos los santos de la ciudad de chota. (Guevara, 2018, pág. 157), Luego de haber determinado la situación en que se encuentra la avenida Todos los Santos mediante los métodos VIZIR y PCI. De



acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que hay tramos donde la Avenida se encuentra muy deteriorada (progresivas 0+160 –) por lo tanto necesita una reconstrucción de la misma y en los tramos donde se encuentra en regulares condiciones (progresivas 0+000 - 0+160 y 0+720 –), colocaremos sobrecapas asfálticas para rehabilitar la avenida; utilizando los parámetros utilizados por método AASHTO 93. Obteniendo resultados, para el pavimento rígido un espesor de pulgadas y el espesor de sobrecapas de refuerzo equivalente a pulgadas

- En las conclusiones de la tesis denominada Rehabilitación de pavimentos flexibles para la conservación vial empleando mezclas asfálticas en caliente en la carretera Puerto Bermúdez - San Alejandro - 2018” (Pereda, 2015, pág. 102), está dirigida a la Rehabilitación de pavimentos flexibles para la conservación vial empleando mezclas asfálticas en caliente en la carretera Puerto Bermúdez, San Alejandro, a fin de devolverle sus características originales y adecuarla a su nuevo período de servicio, mediante actividades que requieran realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman esta vía. En el trabajo de campo se obtuvo información sobre el estado actual de la carretera, su clasificación, así como las características técnicas. Asimismo, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, se realizó los ensayos correspondientes para la clasificación de suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO, así como los ensayos que permitan determinar la resistencia de los suelos o comportamiento frente a las sollicitaciones de carga. Para poder realizar el mejoramiento, se realizó análisis de los suelos en ambos lados de la vía a ampliar, las calicatas fueron a ejecución de “pozos a cielo abierto” con un espaciamiento de 250 m y a una profundidad mínima de 1.5 m, llegando mayormente a los 1.70, debido a que se realizaron con equipo mecánico (retroexcavadora), identificando los estratos, sus espesores y algunas propiedades físicas,



identificándose suelos finos blandos. Encontrándose, además que el terreno de fundación está conformado por suelos finos con CBR menores al 6%, por lo cual requieren mejoramiento, por ser suelos pobres a muy pobres de capacidad portante, habiéndose considerado un coeficiente de drenaje ( $m^4$ ) de 0.9 debido a que las características físico mecánicas de los materiales que compone la capa de mejoramiento son de menor calidad que las requeridas por las capas de sub base y base granular, siendo el número estructural requerido para el pavimento con sub rasante muy pobre, regular, buena o buena el calculado con el Método AASHTO 1993 – 20 años. Finalmente, mediante la presente investigación se logró determinar que es necesario realizar mejoramientos en casi todo el tramo en un espesor promedio de 0.90 m, por haberse encontrado material inadecuado para la conformación de la sub rasante.

- En las conclusiones de la tesis denominada "REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO A LA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE (S.M.C.V) DESDE LA PROG. KM 0+000 HASTA EL KM 1+900, EN EL DISTRITO DE UCHUMAYO, AREQUIPA, AREQUIPA. EMPLEANDO EL SISTEMA BITUFOR PARA REDUCIR LA REFLEXIÓN DE GRIETAS Y PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO (yarango serrano, eduardo Manuel Lima 2014), La reflexión de grietas en las capas de recubrimiento de Asfalto de Mezcla Caliente (HMA) representa un serio desafío asociado a la rehabilitación de pavimentos, siendo un problema importante e incidente en el desarrollo de la vida útil de los pavimentos; por lo tanto en la tesis se propone el uso del sistema Bitufor (Mesh Track +Slurry Seal) como una alternativa de solución para retardar la aparición de grietas, además de otros beneficios que prolongan la vida útil del pavimento. Se plantea el uso de este sistema basándose en la ejecución del proyecto "REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO A LA SOCIEDAD MINERA CERRO



VERDE (S.M.C.V) DESDE LA PROG. KM 0+000 (CRUCE DE LA VÍA FÉRREA) HASTA EL KM 1+900, EN EL DISTRITO DE UCHUMAYO, AREQUIPA, AREQUIPA". También se han desarrollado un material bibliográfico sobre las características y beneficios de la malla que conforma este sistema denominada "Mesh Track", además de recomendaciones sobre su proceso constructivo. Se ha empleado el método PCI para su evaluación visual del estado inicial del pavimento, asimismo el ensayo de la viga de Benkelman para su evolución estructural, de la cual se analizaron los cálculos y gráficos de deflexión, obteniendo resultados favorables

- En las conclusiones de la tesis denominada "Comportamiento mecánico de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando Cal, en los aeropuertos del sur de Perú" (Ordoñez, 2016, pág. 178), se determinó que: los resultados de laboratorio se determinaron que se tiene una mejora en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente empleando cal, tales como la tracción indirecta con 84.50%, estabilidad 1181Kg, flujo 5.0 pulg. Y el índice de rigidez Marshall con 2360 Kg/cm, por lo que se puede asegurar una buena Trabajabilidad y que los daños en la pista de aterrizaje van a disminuir con la utilización de esta mezcla.

### **1.1.3.- Antecedentes Internacionales:**

- En las conclusiones de la tesis denominada GEOTEXTIL GLASGRID (G (Caro, 2017), el PCI únicamente muestra un estado superficial del pavimento, lo que en algunos de los casos puede significar daños estructurales, pero sin la capacidad de evaluar el pavimento en este aspecto. La evolución de gestión aeroportuaria de los pavimentos debiera ir enfocada en el desarrollo de estos indicadores para que no precisen de la actuación complementaria de otros, sino que un mismo indicador puede determinar varios aspectos de estudio.



- En las conclusiones de la tesis EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL MÉTODO DEL RECICLAJE, (José Antonio Rodríguez Molina 2004, pág. 201), Por esta razón se ha investigado sobre técnicas de mantenimiento de vías, que reduzca los costos de una reconstrucción, de mano de obra y equipo a usar, lo que ha traído consigo alternativas como la de extraer los materiales que conforman al pavimento y reutilizarlos, mezclándolos con otros productos dando origen así a lo que es el reciclaje. El reciclaje de pavimento asfáltico es una tecnología especial que permite la reconstrucción de los pavimentos envejecidos y/o deteriorados, empleando sus materiales de construcción originales. Esto es posible en la medida en que no haya llegado a un grado de degradación tal que no permita un rejuvenecimiento eficiente
- En las conclusiones de la tesis TITULADA "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL GEOTEXTIL CONVENCIONAL Y EL GEOTEXTIL DE YUTE QUÍMICAMENTE TRATADO EMPLEADO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD PORTANTE EN OBRAS VIALES, Y SU EVALUACIÓN COMO ALTERNATIVA DE USO EN COLOMBIA" (Nuñez Caballero 2020 Colombia) Los geotextiles están hechos por materiales de polipropileno, poliéster y en los últimos años de fibras naturales debido a su economía y compatibilidad con el medio ambiente, estos pueden ser de tipo tejido y no tejido. Se utilizan para cumplir funciones de refuerzo, separación, filtración y drenaje en los suelos, evitando la erosión, el paso de finos entre capas y la degradación del suelo. En infraestructuras viales, los geotextiles son uno de los materiales más demandados por las propiedades que aporta a las capas de pavimento especialmente en la subrasante. En el presente trabajo se determinó la viabilidad de implementar un nuevo geotextil de fibra natural de yute tratada químicamente con betún en las vías de Colombia por medio de una comparación entre el geotextil convencional y el geotextil de yute, teniendo en cuenta su fabricación, características físico mecánicas en



el suelo de una subrasante, su costo de instalación y vida útil, siendo apto el geotextil de yute tejido tratado químicamente con betún para vías terciarias de bajo volumen

### **1.2.- Formulación del Problema:**

La carpeta asfáltica es la parte más expuesta y la más propensa a sufrir deterioros en el pavimento flexible, principalmente por las deformaciones plásticas y fisuración por fatiga ante las solicitaciones de las cargas producidas por el tráfico y el aumento de las cargas de los vehículos que circulan por el pavimento.

Por consiguiente, es importante diseñar una sobre carpeta en la rehabilitación del pavimento existente, que pueda distribuir adecuadamente las deformaciones en la carpeta, y evitar produciendo fallas por fatiga y de deformación permanente.

#### **1.2.1.- Problema General:**

¿Es posible que el Geotextil GLASGRID como refuerzo de la carpeta asfáltica mejore las propiedades mecánicas del pavimento

#### **1.2.2.- Problema Específico**

- ¿Es posible que el Geotextil GLASGRID tenga la propiedad de retardar la aparición prematura de las grietas superficiales?
- ¿Es posible la rehabilitación del pavimento existente con el Geotextil GLASGRID para alargar la vida útil?



### **1.3.- Objetivos: General y Específicos:**

#### **1.3.1.- Objetivo General:**

- Dar a conocer si el Geotextil GLASGRID mejora las propiedades mecánicas del pavimento.

#### **1.3.2.- Objetivos Específicos:**

- Dar a conocer los beneficios del Geotextil GLASGRID en la propiedad de retardar la aparición prematura de las grietas superficiales.
- Dar a conocer la rehabilitación del pavimento existente con el Geotextil GLASGRID para alargar la vida útil.

### **1.4.- Justificación e Importancia:**

La investigación de la presente tesis busca mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos del diseño estructural de pavimentos y utilización de los geosintéticos (Geotextil GLASGRID), que contribuye a mejorar la distribución de los esfuerzos en la superficie de rodadura para poder reducir las deformaciones a tensión en la parte inferior de la carpeta.

La investigación nos ayudaría a conocer los mejores procedimientos de rehabilitación de pavimentos con la utilización de geosintéticos en especial el Geotextil GLASGRID.

La presente tesis servirá como base teórica para el análisis de las demás técnicas de rehabilitación de pavimentos flexibles y así nos permitirán escoger la mejor calidad de las mezclas de adherencia entre el pavimento y el Geotextil GLASGRID.



### **1.5.- Limitaciones:**

La falta de información de los procedimientos de mantenimientos de las vías urbanas

La ubicación del área en estudio, por su accesibilidad a la infraestructura no permite tomar muestras del pavimento con facilidad, así como las visitas para visualizar la superficie de rodadura.

El tiempo limitado para realizar la investigación, ya que, si queremos obtener resultados más óptimos y satisfactorios, se deberían hacer pruebas constantes y/o periódicas durante un tiempo no menor a un año. Pero, a su vez, esta tesis servirá de base para futuros estudios similares en la zona.

### **1.6.- Revisión de Estudios Realizados:**

#### **a) Fuente Primaria:**

Los datos básicos necesarios para la investigación, son proporcionados por las literaturas.

#### **b) Fuente Secundaria:**

Comprende la compilación de resúmenes de la investigación relacionada:

- Estudio de la potencialidad en producción e identificación de canteras del distrito de Pillco Marca (Informe proporcionado por la oficina de abastecimientos de la Municipalidad Distrital de Huánuco).
- Determinación del índice de rugosidad inicial (IRI)



- Tesis: Aplicación de los geotextiles en la ingeniería vial: carretera Ilo - Desaguadero tramo VI km 235+000 - 275+000, presentado por: Chipana Huacles, septiembre de 2000.

#### **1.6.1.- Investigaciones Locales:**

- No existe en la actualidad estudios realizados en la zona es decir en la región Huánuco, referente a la utilización de geosintéticos como material de refuerzo en pavimentos para aeropuertos que se utilizan en la rehabilitación de vías pavimentadas en tipo flexible, es nula es te tipo de investigación solo se han realizados estudios de materiales para mezclas asfálticas en caliente tanto en agregados como en los ligantes asfálticos para la construcción de pavimentos flexibles.

#### **1.6.2 Investigaciones Nacionales:**

- Evaluación estructural de pavimentos flexibles empleando Geotextiles, Carretera Cajamarca – Chachapoyas, tramo(López Grandez, Jhon Domingo), Los resultados muestra que el uso del pavimento flexible permite el incremento de la resistencia de un pavimento flexible, así como una disminución notable de las deformaciones transversales debido a la aplicación de cargas provenientes del tráfico, finalmente, también se pudo observar que el uso de Geotextiles, también permite la reducción de los espesores del pavimento flexible, permitiéndonos diseños más eficientes y económicos.
- En las conclusiones de la tesis denominada “evaluación estructural, superficial y funcional del pavimento de la pista principal aeropuerto de pisco: Renán Elías Olivera” (Guzmán & Ulloa, 2015), se ha podido determinar que la evaluación estructural, superficial y funcional del pavimento de la pista principal del Aeropuerto de Pisco “Renán Elías Olivera” cumple con la Norma establecida por las FAA y la OACI.



- En las conclusiones de la tesis denominada "Evaluación de los pavimentos de la pista de aterrizaje, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento del aeropuerto de Talara" (Aquiye, 2011, pág. 119), las determinaciones realizadas in situ y en laboratorio mediante ensayos destructivos y no destructivos, han permitido obtener parámetros superficiales, estructurales, funcionales y las características de las capas de materiales que conforman la estructura del pavimento. Superficialmente se ha realizado el relevamiento de fallas para la determinación del PCI; estructuralmente se han ejecutado ensayos de deflectometría con equipo Viga Benkelman; en cuanto a funcionalidad, se ha evaluado parámetros de rugosidad, micro textura y macro textura, y finalmente se han obtenido las características de los materiales granulares y capa asfáltica evaluados en laboratorio".

- En las conclusiones de la tesis denominada "Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y mezcla asfáltica modificada con Polímeros tipo SBS PG 70-28" (Estrada, 2017, pág. 157), se determinó que: el uso de una mezcla asfáltica convencional, se ve afectada por distintos factores como son, el volumen de tránsito, exceso de cargas, factores climatológicos, etc. y el uso de una mezcla asfáltica modificada con polímero de tipo SBS ofrecerá mejor respuesta mecánica que una mezcla asfáltica convencional, mejorando el desempeño de la carpeta asfáltica e incrementando la vida útil del pavimento. Debido a que la mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70 -28 demostró tener un mejor comportamiento mecánico y mucho mayor desempeño que la mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus.

- En las conclusiones de la tesis denominada "Comportamiento mecánico de Mezclas Asfálticas en caliente, empleando Cal, en los aeropuertos del sur de Perú" (Ordoñez, 2016, pág. 178), se determinó que: los resultados de laboratorio se determinaron que se tiene una mejora en las propiedades



físico–mecánicas de mezclas asfálticas en caliente empleando cal, tales como la tracción indirecta con 84.50%, estabilidad 1181Kg, flujo 5.0 pulg. Y el índice de rigidez Marshall con 2360 Kg/cm, por lo que se puede asegurar una buena Trabajabilidad y que los daños en la pista de aterrizaje van a disminuir con la utilización de esta mezcla.

- En las conclusiones de la tesis denominada “Rehabilitación de pavimentos del aeropuerto del cusco usando modificadores de asfalto” (Martínez, 2009, pág. 215), se determinó que: por las condiciones climáticas existentes en la zona del Proyecto y a la gradiente térmica existente se recomienda el uso de asfaltos modificados. Esto se debe fundamentalmente a que en la zona de elaboración del proyecto la temperatura varía considerablemente en periodos cortos (en un mismo día), las propiedades del asfalto modificado, nos permiten manejar estas variaciones de manera más eficiente que los asfaltos convencionales, esto se debe a las propiedades geológicas del asfalto modificado.

### **1.6.3 Investigaciones Internacionales:**

- En las conclusiones de la tesis denominada “Gestión de pavimentos de Aeropuertos mediante indicadores de figuración superficial” (Caro, 2017), el PCI únicamente muestra un estado superficial del pavimento, lo que en algunos de los casos puede significar daños estructurales, pero sin la capacidad de evaluar el pavimento en este aspecto. La evolución de gestión aeroportuaria de los pavimentos debiera ir enfocada en el desarrollo de estos indicadores para que no precisen de la actuación complementaria de otros, sino que un mismo indicador puede determinar varios aspectos de estudio.

- En el artículo presentado en el tercer simposio Colombiano sobre ingeniería de pavimentos realizado en Cartagena (García & Beltrán, 1979), el Incremento en las operaciones aéreas y en el tamaño y peso de los



aviones, ha traído como consecuencia la modificación de criterios de diseño y construcción de pavimentos para aeropuertos y la necesidad de evaluar la capacidad de carga de los ya existentes para definir si debe acudirse a medidas de reacondicionamiento como las capas de refuerzo. También se hace necesaria la evaluación en el caso de problemas relativos al diseño. Los materiales usados o las técnicas de construcción. Los cuales introducen dudas o discrepancias sobre el comportamiento de la obra en proceso o terminada o pueden manifestarse en un deterioro rápido del pavimento.

- Chile. Por lo tanto, requiere una actualización de las normas Superpave para ligantes asfálticos del Manual de Carreteras. M.C. y AASHTO son métodos realizados específicamente para el área vial, mientras que ASTM incluye información y procedimientos para utilizar e interpretarlo.

- SISTEMA PETROMAT, LUIS ADOLFO CHICAS TORRES Guatemala, agosto de 2005- Este tema está enfocado a la ampliación de los conocimientos de cómo poder hacer una rehabilitación de carretera pavimentada de una manera práctica, técnica y económica, para romper esquemas dentro del medio en la rehabilitación, ya que, es un método en Guatemala y Centroamérica que ha sido usado muy poco y hoy en día todavía se evita su uso por falta de conocimiento técnico y temor al cambio tradicional.

## 1.7- Conceptos Fundamentales:

### **Pavimentos**

Según (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005), un pavimento puede definirse como el "conjunto de capas, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros



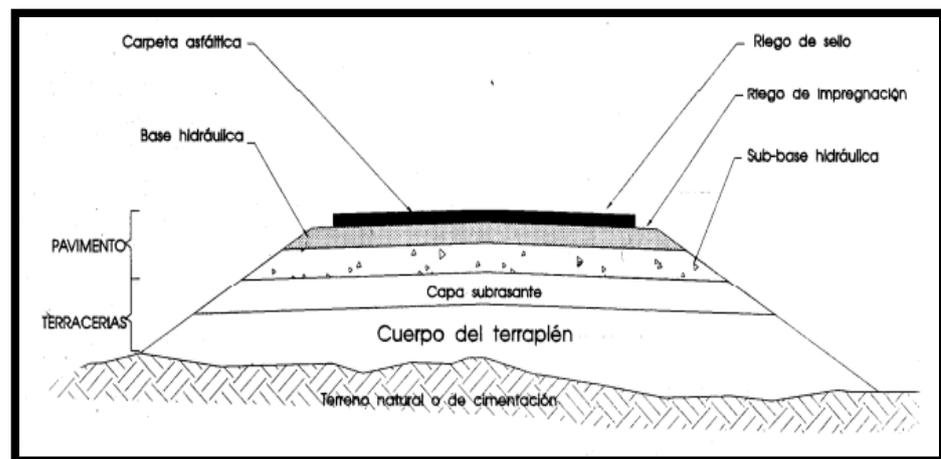
agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito”

### - Tipos de pavimentos

Según (Valenzuela Rodríguez, 1993) la clasificación de pavimentos está sujeta a las limitaciones relativas; sin embargo, históricamente, los pavimentos han sido divididos en dos tipos:

#### **Pavimentos Flexibles.**

Consiste de una carpeta relativamente delgada construida sobre unas capas (base y subbase), apoyándose este conjunto sobre la subrasante compactada, de manera que la subbase, base y la carpeta, son los componentes estructurales de este tipo de pavimento.



**Figura N° 1: Estructura del pavimento flexible**

Fuente: (Valenzuela Rodríguez, 1993)

**Pavimentos Rígidos.** En los pavimentos rígido, la superficie de rodamiento es proporcionada por losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presentan un armado de acero. Por su mayor rigidez distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las losas adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente la carga.

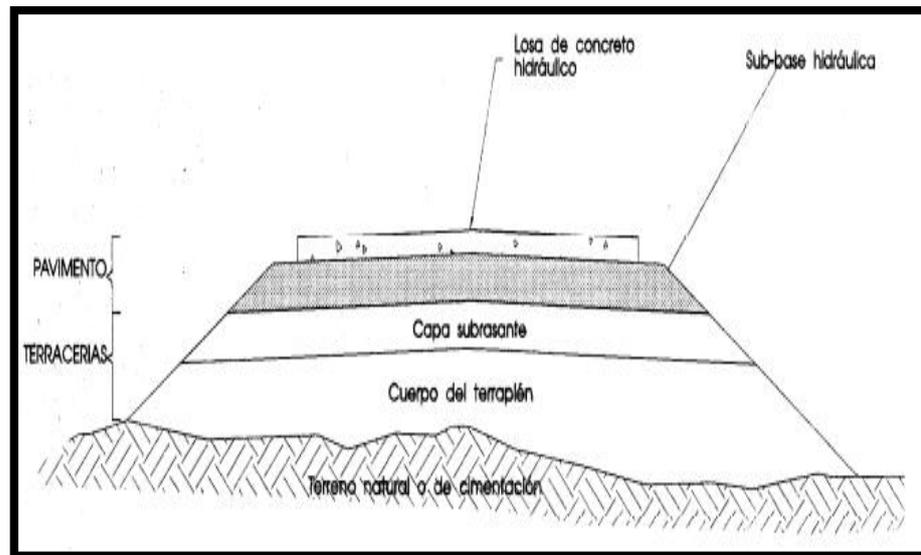


Figura N° 2: Estructura del pavimento rígido

Fuente: (Valenzuela Rodríguez, 1993)

### **Pavimentos Flexibles.**

- (Tapia García, 2009), Estos pavimentos cuentan con una capa de rodamiento constituida por mezcla asfáltica, por lo que también se les conocen como pavimentos asfálticos. Resultan más económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

- Según (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005) las características principales que debe cumplir un pavimento flexible son las siguientes:

- Resistencia estructural. La primera condición que debe cumplir el pavimento es, soportar las cargas impuestas por el tránsito dentro del nivel de deterioro y paulatina destrucción previstos por el proyecto. Las cargas del tránsito producen esfuerzos normales y cortantes en toda la estructura. La metodología teórica para el análisis de resistencia de los pavimentos es proporcionada por la Mecánica de Suelos y es sabido que en ese campo las teorías de falla de mayor aceptación hoy son las de esfuerzo cortante; como consecuencia, en el estudio de los pavimentos flexibles suele considerarse a los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural; correspondientemente, la resistencia al esfuerzo cortante



de los suelos resulta ser la propiedad fundamental. En los suelos con resistencia potencial, la repetición de las cargas puede llegar a provocar el

- colapso; asimismo, también la interpenetración de partículas granulares en las capas de suelo más fino.

- La resistencia de los materiales que forman los pavimentos es importante desde dos puntos de vista.

- En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

- En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y el terraplén, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir, a su vez al terraplén a niveles convenientes.

- **Deformabilidad.** Con respecto a la deformación, dada la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho. Dentro de este, la subrasante (capa inferior), es mucho más deformable que las capas superiores.

- Desde este punto de vista la deformabilidad interesa sobre todo a niveles relativamente profundos, pues es relativamente fácil que las capas superiores tengan niveles de deformación tolerables aun para los altos esfuerzos que actúan en ellas.

- En los pavimentos las deformaciones interesan, como es usual en la ingeniería, desde dos puntos de vista.

- Las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla.

- Un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho.

- Las cargas del tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases, una de ellas es la elástica, que son de recuperación instantánea y suelen denominarse plásticas dentro de la tecnología, bajo carga móvil y



repetida, la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles.

- **Durabilidad.** Las incertidumbres prácticas ligadas a la durabilidad de un pavimento flexible son grandes y difíciles de tratar. Será difícil definir cuál es la durabilidad deseable que haya de lograrse en un caso dado. Evidentemente esta está ligada a una serie de factores económicos y sociales; en una obra modesta, la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, con tal de que la serie de reconstrucciones que entonces se requieran valgan menos que el costo inicial de un pavimento, más el valor que pueda darse a las interrupciones de servicio a que las reconstrucciones den lugar; por el contrario, en obras de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.
- **Costo.** Como todas las estructuras de ingeniería un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general, y el costo.
  - Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los requerimientos necesarios del servicio a costo mínimo.
  - De hecho, la primera alternativa se tiene al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso; los pavimentos rígidos, flexibles o semirrígidos son ventajosos o inconvenientes según los casos, hablando comparativamente.
    - En general los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado.
    - Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa.

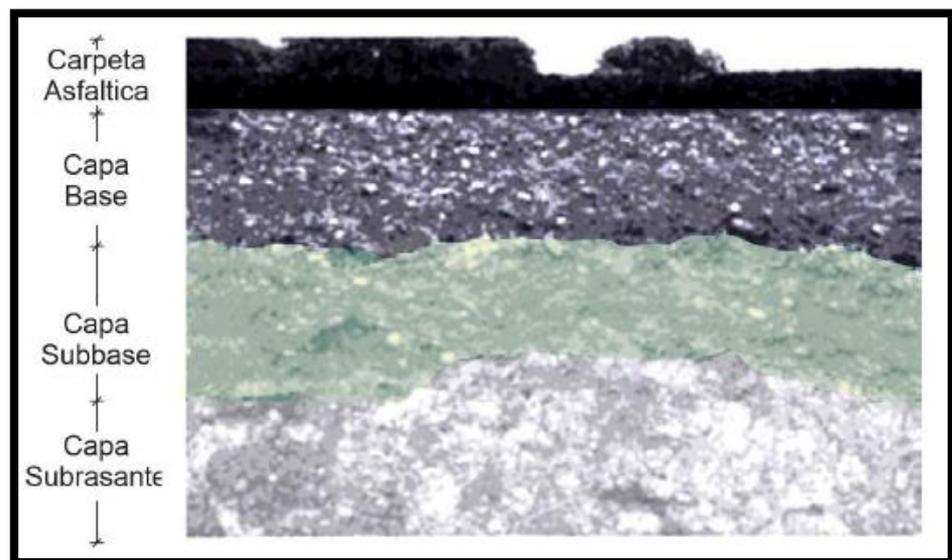


- **Requerimientos de conservación.** Respecto a su conservación, los factores climáticos influyen decisivamente en la vida de los pavimentos, por lo que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para su previsión, a fin de que la conservación sea una tarea razonable; sin embargo, es obvio que tales factores involucran muchos elementos de difícil estimación, a pesar de lo cual ésta debe intentarse siempre, conjugando la experiencia precedente con una buena información de las condiciones locales.
- La intensidad del tránsito también se refleja en el aspecto que ahora se analiza; se trata ahora de prever el crecimiento futuro, tanto del número como del tipo de los vehículos circulantes.
  
- **Las condiciones de drenaje y subdrenaje** de la vía terrestre son seguramente uno de los puntos más importantes para definir tanto la vida de un pavimento, como su necesidad de conservación. El proyecto de aquellos elementos debe considerarse en muchas ocasiones como formando parte del diseño del pavimento, pues forma con él un todo integral inseparable, así como la degradación estructural de los materiales constitutivos por carga repetida.
- Es fundamental que los requerimientos de conservación sean resueltos con buen juicio y experiencia, pues es un hecho comprobado que los descuidos en este terreno se reflejan rápidamente en una conservación costosa y aun en la necesidad de reconstrucciones.
- **Comodidad.** En grandes autopistas y caminos de primer orden, los problemas y métodos del diseño de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto. Evidentemente dentro de este requisito quedan incluidos muchos otros, donde la seguridad es el más importante; la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor merece también consideración. Las deformaciones longitudinales de un pavimento, por ejemplo, pueden constituir problema contra la comodidad, independientemente de que, desde un punto de vista estrictamente mecánico, representen poco o nada de deficiencia estructural o riesgo de falla. En caminos de especificaciones



altas, el proyectista deberá elevar su nivel de exigencia, haciendo intervenir en su criterio consideraciones de esta índole, que no figuran en otros caminos más modestos, en que menores velocidades de operación o intensidades de tránsito hacen estos problemas menos críticos.

- Estructura clásica de un Pavimento flexible
- Según (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005),
- El sistema con que típicamente se estructuran la mayor parte de los pavimentos flexibles que se construyen en la actualidad y con el cual se trata de establecer una nomenclatura para discutir el papel que se asigna a cada una de las diversas capas es el que se muestra en la Figura N° 3:



**Figura N° 3: Estructura de Pavimento flexible**  
**Fuente: (Rico Rodríguez & Del Castillo, 2005)**

La Figura N° 3, muestra una estructuración típica (clásica) para una sección de pavimento flexible. Bajo una carpeta bituminosa, formada típicamente por una mezcla de agregado pétreo y un aglutinante asfáltico, que constituye la superficie de rodamiento propiamente dicha, se disponen casi siempre por lo menos dos capas bien diferenciadas: una base, de material granular y una subbase, formada, preferentemente, también por un suelo granular,



aunque el requisito obligue menos que en la base, en el sentido de poderse admitir suelos de menor calidad, con mayor contenido de finos y menor exigencia en lo que se refiere a la granulometría; la razón es, el mayor alejamiento de la subbase de la superficie de rodamiento, por el que le llegan esfuerzos de menor intensidad.

- Bajo la subbase se dispone casi universalmente presente otra capa, denominada subrasante, todavía con menores requisitos de calidad mínima que la subbase, por la misma razón, pero cuyo fundamental papel mecánico y económico se discute cada vez menos.

### **Definición y función de las capas del pavimento flexible**

(Valenzuela Rodríguez, 1993), define y explica las funciones que cumple la estructura de un pavimento flexible, incluyendo aquellas capas que no forman parte del pavimento estrictamente, pero que forman parte de la sección de un camino, y estas son las siguientes

### **Terraplén**

En algunos casos será necesario realizar la construcción de un terraplén, este será utilizada únicamente en porciones de camino, cuya función principal es dar la altura necesaria para alojar las obras de drenaje [31].

### **Subrasante**

Tiene múltiples funciones como la de recibir y resistir las cargas de tránsito transmitidas por la capa de pavimento y transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores, evita que se contaminen las capas del pavimento cuando el cuerpo del terraplén o el terreno natural sea de material fino o arcilloso



### **Subbase**

Para muchos, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirse en parte por una sub-base de menor calidad, aun cuando esto traiga consigo un aumento en el espesor total del pavimento, pues, normalmente cuanto menor sea la calidad del material colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos, Su función es la de resistir las cargas de tránsito y transmitir las adecuadamente, actuar como dren para desalojar el agua que se infiltra a través de las capas superiores e impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedentes del terraplén.

### **Base**

Hasta cierto punto existe en la base una función económica análoga a la comentada para el caso de la sub-base, pues permite reducir el espesor de la carpeta que viene a ser la capa más costosa. Pero la función fundamental de esta capa consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito en una

- intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

### **Carpeta asfáltica.**

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textural y color conveniente para resistir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible ya que estará en contacto directo con él, además debe impedir hasta cierta medida el paso del agua a las capas inferiores.



### **Asfalto**

- Según (Cárdenas & Fonseca, 2009) Las propiedades reológicas (deformación y el flujo de los materiales bajo la aplicación de una carga) del asfalto dependen de las proporciones en que están presentes sus componentes, las cuales varían de acuerdo con el origen de los crudos de petróleo. El comportamiento reológico del ligante tiene una influencia significativa en las propiedades de la mezcla asfalto-agregado (ahuellamiento, fatiga y susceptibilidad térmica). Para describir el comportamiento reológico del asfalto se debe realizar mediciones de viscosidad a diferentes temperaturas.
- Los principales problemas que se presentan en los pavimentos asfálticos en servicio son la resistencia a la fatiga y la deformación permanente, como consecuencia de una inadecuada dosificación ligante-agregado, sus interacciones, el método y la temperatura de colocación, mezclado y compactación de la mezcla asfáltica. Las propiedades deseables en las mezclas asfálticas son: resistentes al desplazamiento, a la fatiga, al deslizamiento, a la deformación plástica, impermeables, durables, grado adecuado de flexibilidad. Asimismo, El desempeño, durabilidad y resistencia de la mezcla asfáltica depende directamente de las propiedades del ligante y el agregado, su interrelación, y de los procesos de elaboración, colocación y compactación.
  - Comportamiento del Asfalto
  - Según (Morea, 2018):

El asfalto tiene una propiedad que varía con la temperatura. A bajas temperaturas el ligante tiene el comportamiento de un sólido elástico mientras que a altas temperaturas el mismo es el de un fluido viscoso puro. En el medio se produce una transición entre los dos estados presentando un comportamiento visco-elástico, Figura N° 4. Debido a esto es importante tener en cuenta las condiciones de temperatura a las que será expuesto el pavimento, a bajas temperaturas se tendrá una mezcla que puede sufrir fisuración y a altas temperaturas ahuellamientos

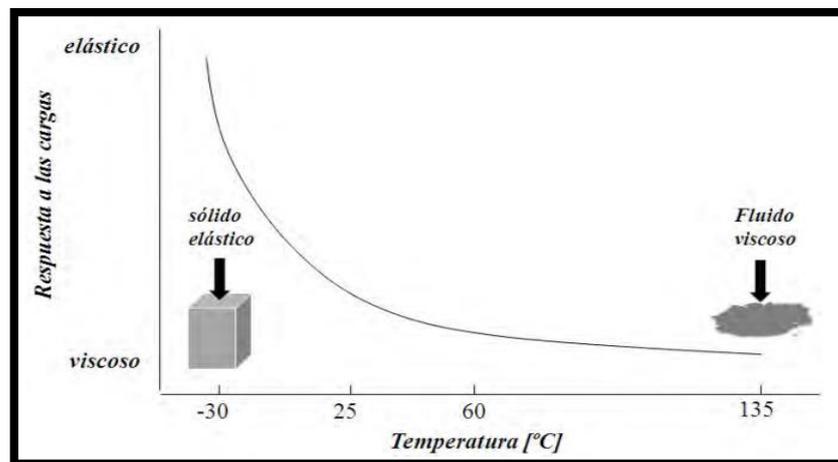


Figura N° 4: Cambio en el comportamiento del asfalto en función de la temperatura.

Fuente (Morea, 2018)

El ahuellamiento de las mezclas asfálticas débiles es un fenómeno asociado a las altas temperaturas para el pavimento por tanto es más probable que ocurra en verano. En ocasiones el ahuellamiento se puede producir en forma parcial en dos o tres veranos consecutivos, Figura N° 5. A estas temperaturas el asfalto se comporta más como un fluido Ahuellamiento en Mezclas asfálticas viscoso que como un sólido elástico por lo que aumenta la componente plástica de deformación del mismo y aumentan en consecuencia las deformaciones remanentes. Este comportamiento del ligante se traslada a la mezcla. Si la rigidez del ligante no es suficiente para mantener la cohesión de la mezcla a esas temperaturas pueden ocurrir exudaciones y deformaciones excesivas en la superficie

-

- Figura N° 5: Esquema de deformaciones en el tiempo. (Morea, 2018)
- Por tanto, el pavimento, el asfalto, y por ende la mezcla, tiene un comportamiento viscoelástico a temperaturas de servicio y las deformaciones resultan una combinación de deformaciones elásticas y plásticas (o viscosas) producto del tránsito. Cada vez que se aplica una carga tiene lugar, aunque sea en una mínima medida, una deformación permanente. Las cargas cíclicas entregan energía deformando la superficie



del pavimento. Una fracción de esa energía se recupera en forma elástica y la otra es disipada en forma de calor y flujo.

- Si bien el asfalto tiene un comportamiento viscoelástico, se asumirá un comportamiento lineal para el asfalto, debido a que nos ceñiremos en los lineamientos establecidos por distintos investigadores que toman en cuenta el reforzamiento con geomallas y cuyas publicaciones son: "Modelamiento de Elementos Finitos del Pavimento Flexible Reforzado con Geomalla", G. Leonardi & R. Palamara (2017); "Modelamiento de Elementos Finitos de caminos no pavimentados reforzadas con geosintéticos", Lidia Sarah Calvarano & Giovanni Leonardi & Rocco Palamara (2017) y "Modelamiento numérico del suelo reforzado con geomalla debajo de la base de la zapata usando análisis de elementos finitos", Ahmed M. Gamal & Adel M. Belal (2016).

- **Evaluación superficial y estructural de la pista principal en pavimentos flexibles**

**Evaluación superficial:**

La Evaluación Superficial del Pavimento, consiste en la recopilación de las fallas en el pavimento por medio de guías en las cuales se colocan la localización de la falla, su severidad y la longitud o área de falla según sea el caso, este relevamiento de fallas se realizan de acuerdo a las normas ASTM para aeropuertos toda información que permita establecer los parámetros que reflejen el comportamiento funcional – estructural del Pavimento en servicio (Guzman & Ulloa, 2015).

En esta evaluación nos centramos en el método del PCI las cuales nos muestran las siguientes fallas:



- **Piel de cocodrilo:** La piel de cocodrilo está compuesta por una serie de fisuras interconectadas causadas por fatiga de la superficie de concreto asfáltico (AC) bajo carga repetida de tráfico (ASTM, 2005).

**Exudación:** La exudación es una película de materia bituminoso en la superficie del pavimento que crea una superficie brillante, en la que se puede producir reflejo, generalmente se torna bastante pegajosa (ASTM, 2005).

**Ondulación:** La ondulación está conformada por una serie de valles y picos con poca separación entre sí que ocurren a lo largo del pavimento en intervalos regulares, generalmente menos de 5 ft o 1,5m (ASTM, 2005).

**Depresión:** Las depresiones están localizadas en áreas de superficies pavimentadas que tienen elevaciones ligeramente menores que aquellas del pavimento que las rodea (ASTM, 2005).

**Erosión por chorro de turbina:** La erosión por chorro de turbina, causa áreas oscuras sobre el pavimento cuando el ligante bituminoso ha sido quemado o carbonizado. Las áreas quemadas pueden variar en profundidad hasta aproximadamente ½ in. o 13 mm (ASTM, 2005).

**Reflexión de juntas:** Estas fallas ocurren únicamente sobre pavimentos asfálticos construidos sobre un pavimento de losas de hormigón PCC (ASTM, 2005).

**Fisuras longitudinales y transversales:** Las fisuras longitudinales son paralelas al "center line" del pavimento o en la dirección preestablecida. Ellas pueden ser causadas por (1) fallas en las fajas constructivas de la pavimentación, (2) contracción de la superficie del asfalto debido a bajas temperaturas o reagudización del asfalto, o (3) una fisura refleja que se produce debajo de la superficie en uso, estas incluyen fisuras en la losa de



hormigón, pero no producidas por la reflexión de juntas del pavimento de hormigón, (ASTM, 2005).

**Deterioro por derrame de combustible:** Es el deterioro o ablandamiento de la superficie pavimentada causada por un derrame de combustible, aceite o un solvente hidrocarburo (ASTM, 2005).

**Bacheos:** Un bache es considerado un defecto, sin importar si se encuentra en perfecto estado (ASTM, 2005).

**Agregados pulidos:** El desgaste de los agregados es producido por efecto del tráfico. El agregado pulido está presente cuando una exhaustiva inspección del pavimento revela que la porción de agregados que se presentan sobre el asfalto es muy pequeña, no hay rugosidad o las partículas angulares del agregado pierden su resistencia al deslizamiento (rozamiento), (ASTM, 2005).

- **Peladura y efecto de la intemperie:** La Peladura y efecto de la intemperie están siempre en la superficie de desgaste del pavimento, causados por el desprendimiento de agregados y pérdida de la capacidad ligante del asfalto. Ellas pueden indicar que el asfalto de liga se ha rigidizado significativamente (ASTM, 2005).

**Ahuellamiento:** El ahuellamiento se produce por la depresión de la superficie del pavimento en la zona de tránsito del tren de la aeronave (ASTM, 2005).

**Fisuras por resbalamiento o deslizamiento:** Son fisuras con forma de luna creciente o medialuna, tienen dos puntos apuntando en la dirección del tráfico. Ellas son producidas cuando las ruedas frenan o giran causando un deslizamiento y deformación en la superficie del pavimento (ASTM, 2005).



**Hinchamiento:** Esta falla está caracterizada por un hinchamiento de la masa en la superficie pavimentada. Un hinchamiento puede ocurrir de forma puntual en un área localizada o en forma de onda gradual en un área mayor (ASTM, 2005).

#### **Evaluación estructural:**

**Evaluación de suelos:** El estudio de suelos es altamente importante en el diseño de pavimentos de un aeropuerto, debido a que este será quien le dé soporte a la estructura. De manera que, si el suelo no es muy resistente, el espesor del pavimento será mayor, o, tal como se mencionó en el acápite Pavimentos, se deberá estabilizar la subrasante (Roel, 2018).

Para poder determinar información acerca de los distintos tipos de suelos, los ensayos realizados deberán determinar la distribución y propiedades físicas de estos. Según la FAA, las investigaciones de las condiciones del suelo donde será emplazado el pavimento deberán incluir (Roel, 2018).

- **Estudio de suelos:** Es necesario elaborar un estudio de suelos para determinar su perfil y con ello poder clasificar cada una de sus capas (Roel, 2018).
- **Muestreo:** Recolectar las muestras más representativas de las capas de suelo (Roel, 2018).
- **Ensayos:** Ensayar las muestras para determinar las propiedades físicas de los diferentes materiales del suelo (Roel, 2018).
- **Disponibilidad:** Una muestra para determinar la capacidad de los materiales para poder llevar a cabo la construcción de los pavimentos (Roel, 2018).



**Ensayos de resistencia:** Es necesario realizar ensayos de resistencia para poder predecir un posible comportamiento del suelo ante la aplicación de las cargas. Para pavimentos flexibles, la resistencia de la subrasante se mide mediante el ensayo de índice de penetración California (CBR), mientras que, en el caso de pavimentos rígidos, se utiliza el ensayo de Plate Bearing Test.

- **Ensayo CBR:** Es un ensayo de penetración, cuya finalidad es determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo y de los agregados del mismo. El cálculo CBR es básicamente empírico; sin embargo, se han preparado en base a correlaciones fiables. Dichas correlaciones constan en realizar una comparación entre la fuerza requerida para producir una determinada penetración en el material a analizar y la fuerza requerida para realizar la misma penetración en piedra picada califonia, es por ello que el resultado es expresado en un ratio de dos fuerzas (porcentaje) (Roel, 2018).

**Evaluación de capa asfáltica:** Es una capa revestida en asfalto con el fin de prevenir la penetración del agua de la superficie a la base granular; es una superficie lisa y bien compacta, de alta estabilidad y durabilidad con el fin de prevenir que las partículas sueltas pongan en peligro las aeronaves; resistente a los esfuerzos inducidos por las cargas de aeronaves; y su terminado debe tener cualidades antideslizantes y que no cause un desmedido desgaste a las llantas. Una gradación densa de un concreto de mezcla asfáltica en caliente, se debe producir en planta, para que reúna satisfactoriamente todos los requisitos de la especificación FAA-P-401 (Mora, 2012).

**Base granular:** La base es el principal componente de la estructura del pavimento. Esta tiene la función de distribuir las cargas impuestas por las ruedas a la Subbase o Subrasante. La base por sí misma, debe resistir las presiones verticales que producen consolidación y da como resultado una



distorsión en la superficie, y además debe resistir los cambios de volúmenes causados por las fluctuaciones del contenido de humedad. En el desarrollo de la obtención de espesores de los pavimentos, la base como requisito mínimo debe asumir un valor de CBR de 80. La calidad de la base depende de la composición, de las propiedades físicas y su compactación. Las especificaciones cubren la calidad de los componentes, su gradación, manejo, control y preparación de varios tipos de base usadas en aeropuertos, para cubrir que las cargas de diseño estén en los 14,000 kilos o más (Mora, 2012).

**Subbase granulares:** Se incluye como parte integral de la estructura de todos los pavimentos flexibles exceptuando donde se encuentren Subrasante con CBR mayores de 20. Su función es similar a la de la base. Sin embargo, es adicionarse para quitar desde la superficie y a la cual está sometida, las bajas intensidades de cargas; los requerimientos de material no son tan estrictos y su valor de CBR es variable. Las especificaciones cubren la calidad de los componentes, su gradación, manejo, control y preparación de varios tipos de Subbase usadas en aeropuertos, para cubrir que las cargas de diseño estén en los 14,000 kilos o más (Mora, 2012).

**Subrasante:** Las Subrasante deben estar sometidas a bajos esfuerzos que vienen desde la superficie y pasan la carpeta, base y Subbase, los cuales se atenúan con la profundidad y el control de los esfuerzos se hace en la parte superior de la Subrasante a las inusuales condiciones existentes. Una de estas inusuales condiciones es la gran variabilidad por el contenido de humedad o densidad, que cambia en la localización de los controles de esfuerzos. La habilidad de una partícula de suelo es la resistencia al corte y la deformación que varía con su densidad y contenido de humedad. Se ha establecido una tabla la cual muestra con la profundidad el control de compactación que se debe aplicar desde la superficie (Mora, 2012).



### 1.7.1 DEFINICION DE GEOSIENTETICOS

Productos planos fabricados con materiales polimérico, que se utilizan con suelo, roca u otro material de ingeniería geotécnica como parte integral de un proyecto, estructura o sistema artificial (ASTM 1997).

#### VENTAJAS

- Son producidos en ambientes de control de calidad estandarizados, lo que impacta directa y favorablemente sus propiedades y desempeño
- Pueden ser instalados rápidamente
- Generalmente reemplazan y/o disminuyen materiales o sistemas tradicionales, como materiales de banco o sistemas suelo cemento; con el mismo o mejor desempeño, lo que implica mejoras económicas.
- Puede reemplazar métodos tradicionales complicados de diseño y construcción
- Puede representar soluciones económicamente competitivas en comparación a sistemas tradicionales
- Su impacto ambiental suele ser mucho más reducido que las soluciones tradicionales

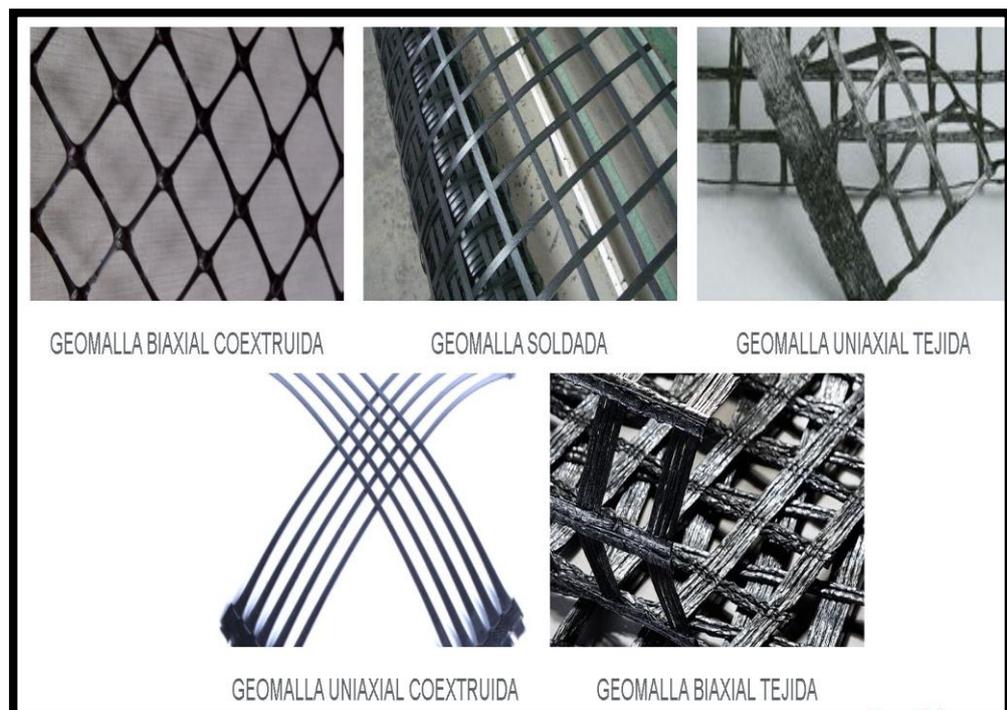
### 1.7.2 TIPOS DE GEOSINTÉTICOS: GEOTEXTILES

Son láminas continuas de fibras tejidas o no tejidas; flexibles y permeables



### 1.7.3 TIPOS DE GEOSINTÉTICOS: GEOMALLAS

Se distinguen por la red regular de elementos de tracción que forman aberturas que son lo suficientemente grandes como para enclavarse con la matriz del suelo circundante





### 1.7.5 FUNCIONES: ¿PARA QUE SIRVE UN GEOSINTÉTICO?

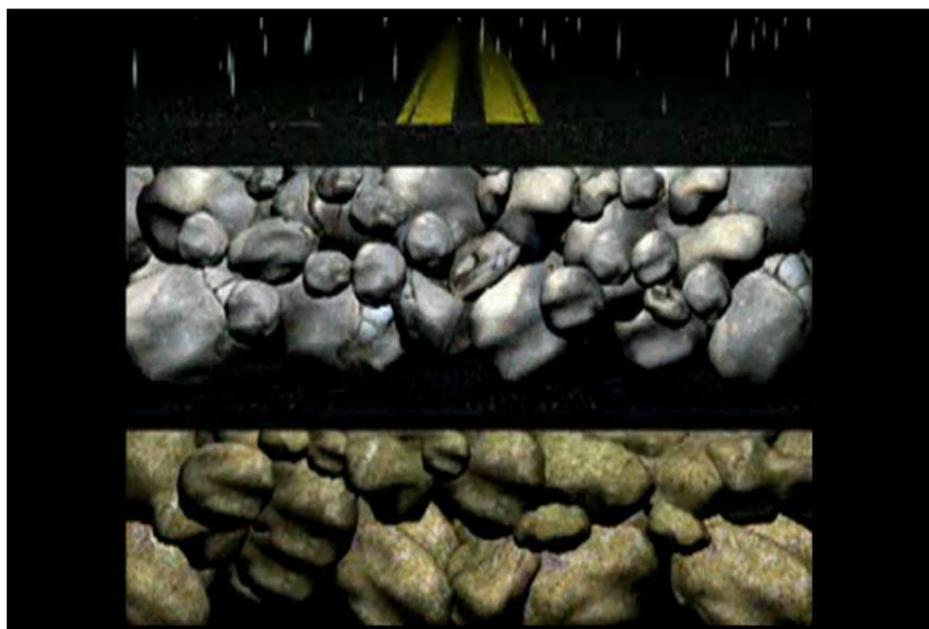
Los geosintéticos contribuyen al mejoramiento de las propiedades de los suelos principalmente cumpliendo una o varias de las siguientes funciones:

- Separación
- Filtración
- Drenaje
- Confinamiento
- Refuerzo
- Impermeabilización
- Protección

En materia de investigación sobre los geosintéticos que desempeñará las funciones dentro del muro de suelo reforzado será: filtración, drenaje, refuerzo y confinamiento

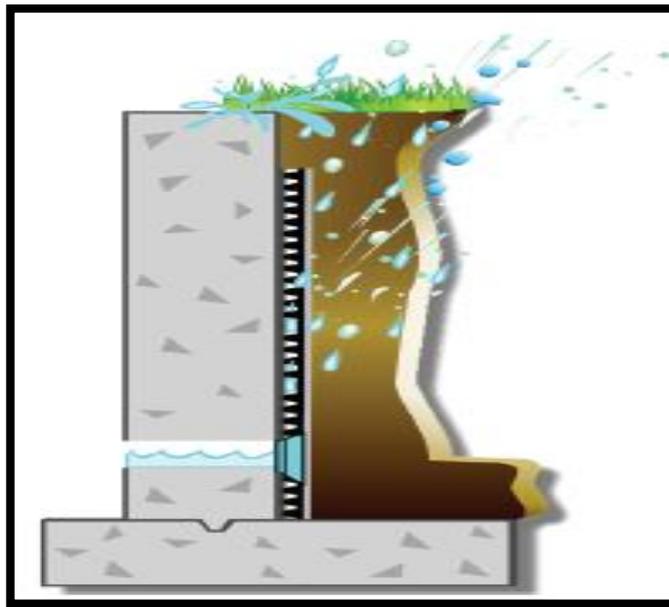
### 1.7.6 FUNCIONES: FILTRACIÓN

Involucra el movimiento de líquido a través del geo sintético, el cual debe, al mismo tiempo, retener las partículas de suelo sobre el sin producir oclusión o colmatación durante la vida de servicio.



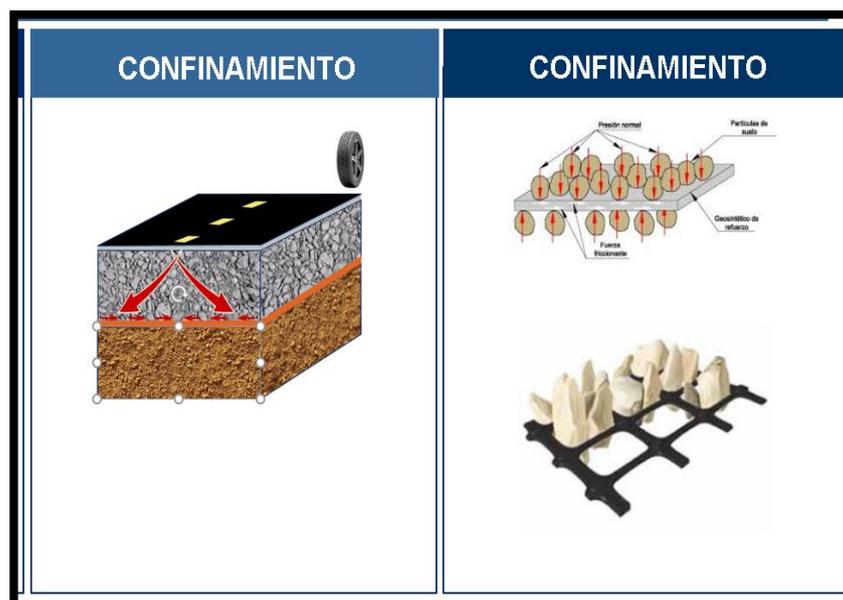
### 1.7.7 FUNCIONES: DRENAJE

Involucra el movimiento de líquido a lo largo del plano del geosintético, el cual debe, al mismo tiempo, retener las partículas de suelo circundante sin producir oclusión o colmatación durante la vida de servicio.



### 1.7.8 FUNCIONES: CONFINAMIENTO

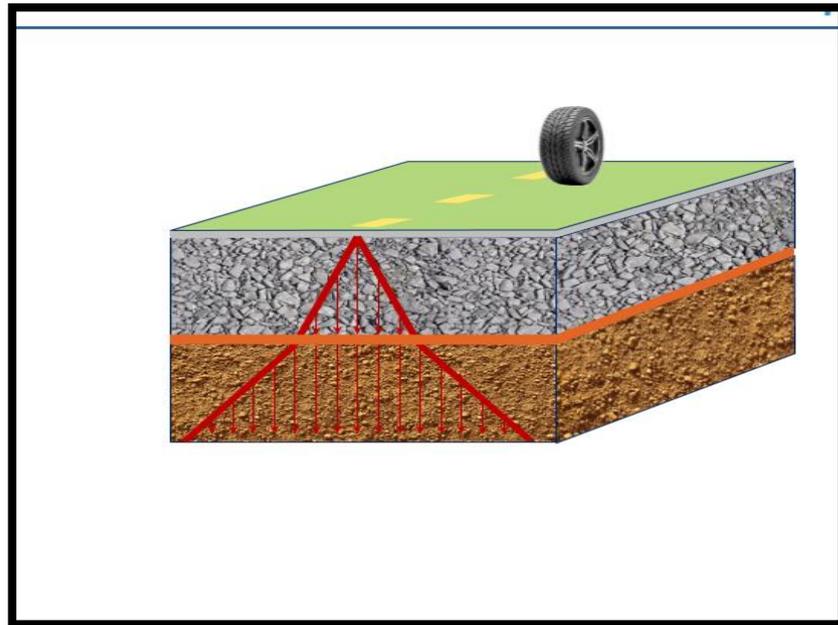
Se trata de un tipo de refuerzo particular el cual consisten en impedir el movimiento lateral de partículas de suelo producido por aplicación de cargas dinámicas.



### 1.7.9 FUNCIONES: REFUERZO

Es la mejora sinérgica de resistencia total de un sistema creado por la introducción de un geotextil (que es bueno en tensión) a un suelo que es bueno en compresión, pero pobre en tensión.

Esta función es principalmente relacionada con tres mecanismos de trabajo para pavimentos y terraplenes: Membrana Tensionante, Cortante y Anclaje



### 1.7.10 PROPIEDADES GEOTEXTILES

Las principales propiedades de los geotextiles son:

FÍSICAS	MECÁNICAS	HIDRÁULICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina</li> <li>• Fabricación</li> <li>• Espesor</li> <li>• Masa por unidad de Área</li> <li>• Resistencia <u>Pulout</u> ASTM D6706</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la Tensión <u>Grab</u> ASTM D4632</li> <li>• Resistencia a la Tensión Tira Ancha ASTM D4595</li> <li>• Desgarre Trapezoidal ASTM D4533</li> <li>• Punzonamiento CBR ASTM D6241</li> <li>• Resistencia a la Costura ASTM D4884</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AOS ASTM D4751</li> <li>• <u>Permitividad</u> ASTM D4491</li> <li>• Permeabilidad ASTM D4491</li> <li>• Flujo ASTM D4491</li> </ul>



### 1.7.11 PROPIEDAD DE LAS GEOMALLAS

FÍSICAS	MECÁNICAS	HIDRÁULICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resina</li> <li>• Fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la Tensión ASTM D6637</li> <li>• Eficiencia de Unión</li> <li>• Rigidez <u>Flexural</u> ASTM D7748</li> <li>• <u>Estabilidad</u> de apertura GRI GG9.</li> <li>• Resistencia a la ruptura por fluencia</li> <li>• Resistencia a la instalación ASTM D6637.</li> <li>• Resistencia a la degradación a largo plazo EPA 9090</li> <li>• Resistencia a la degradación UV ASTM D4355</li> </ul>	<p>No Aplican.</p>

### 1.7.12 FICHAS TECNICAS DE LA GEOMALLAS

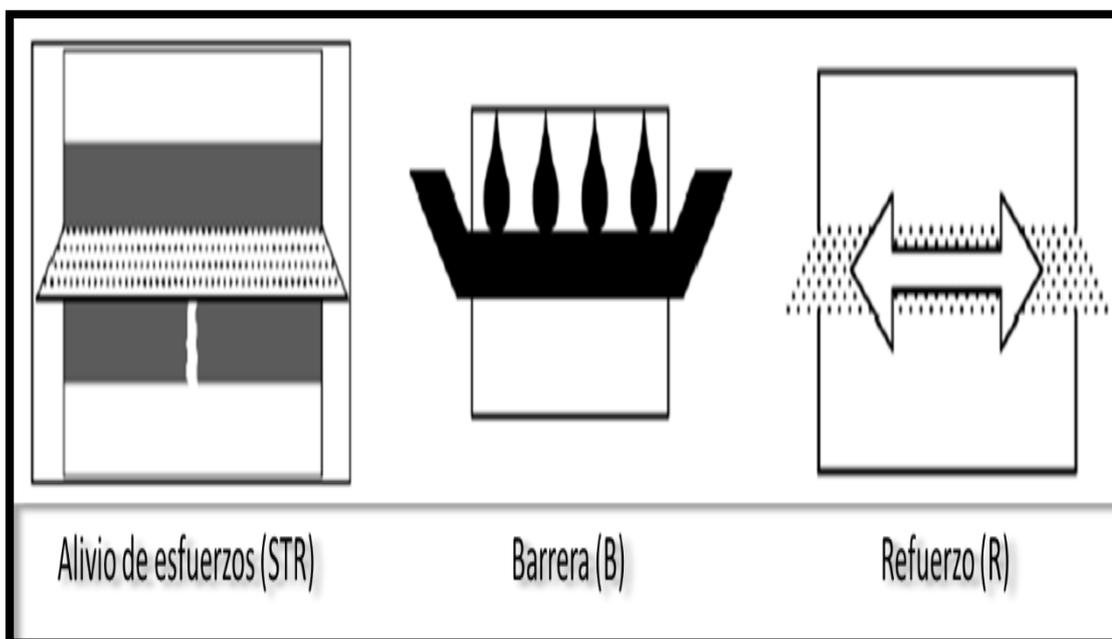
FICHA TECNICA GEOMALLA COEXTRUIDA		
<b>Index Properties</b>	<b>Units</b>	<b>MD Values<sup>1</sup></b>
▪ Tensile Strength @ 5% Strain <sup>2</sup>	kN/m (lb/ft)	31 (2,130)
▪ Ultimate Tensile Strength <sup>2</sup>	kN/m (lb/ft)	70 (4,800)
▪ Junction Strength <sup>3</sup>	kN/m (lb/ft)	66 (4,520)
▪ Flexural Stiffness <sup>4</sup>	mg-cm	730,000
<b>Durability</b>		
▪ Resistance to Long Term Degradation <sup>5</sup>	%	100
▪ Resistance to UV Degradation <sup>6</sup>	%	95
<b>Load Capacity</b>		
▪ Maximum Allowable Strength for 120-year Design Life <sup>7</sup>	kN/m (lb/ft)	25.6 (1,760)
<b>Recommended Allowable Strength Reduction Factors<sup>7</sup></b>		
▪ Minimum Reduction Factor for Installation Damage (RF <sub>ID</sub> ) <sup>8</sup>		1.05
▪ Reduction Factor for Creep for 120-year Design Life (RF <sub>CR</sub> ) <sup>8</sup>		2.60
▪ Minimum Reduction Factor for Durability (RF <sub>D</sub> )		1.00

FICHA TECNICA GEOMALLA TEJIDA México

Mechanical Properties	Test Method	Unit	Minimum Average Roll Value	
			MD	CD
Tensile Strength (at ultimate) <sup>1</sup>	ASTM D6637	lbs/ft (kN/m)	1310 (19.2)	1970 (28.8)
Tensile Strength (at 2% strain) <sup>1</sup>	ASTM D6637	lbs/ft (kN/m)	410 (6.0)	620 (9.0)
Tensile Strength (at 5% strain) <sup>1</sup>	ASTM D6637	lbs/ft (kN/m)	810 (11.8)	1340 (19.6)
Junction Efficiency <sup>2</sup>		%	93	
Flexural Stiffness <sup>3</sup>		mg-cm	750,000	
Aperture Stability <sup>4</sup>		m-N/deg	0.65	
Resistance to Installation Damage <sup>5</sup>		% SC/%SW/%GP	95 / 93/ 90	
Resistance to Long Term Degradation <sup>6</sup>		%	100	
Resistance to UV Degradation <sup>7</sup>		%	100	

### 1.7.13 INTERCAPAS ENTRE PAVIMENTOS

- Son materiales que instalados entre pavimentos mejoran su desempeño y extienden su vida útil
- Son empleados en rehabilitaciones, junto con una sobrecapa superficial.
- Funcionalmente aportan:





- Aparecen en los 60's como geotextiles para pavimentación
- En los 80's aparecen las mallas para pavimentación
- En el 2000 inician los geocompuestos para la pavimentación

#### 1.7.14 GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN

- Se pueden agrupar por las funciones que desempeñan
- Representan una variedad de materiales, que se agrupan como:

Geotextiles para Pavimentación

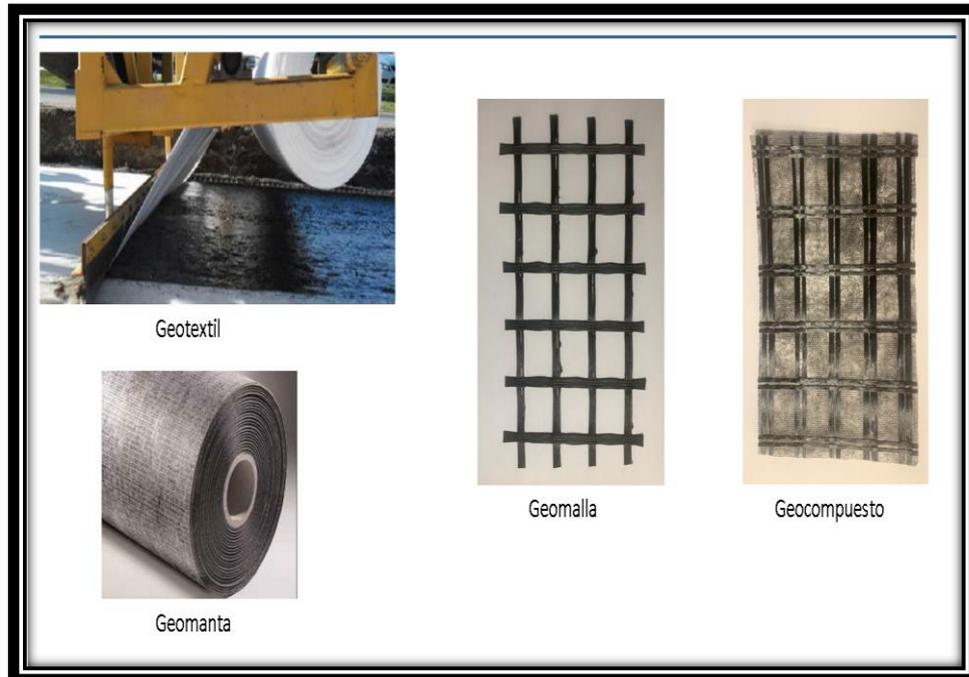
Geomantas para Pavimentación

Geomallas para Pavimentación

Geocompuestos de Mall para Pavimentación

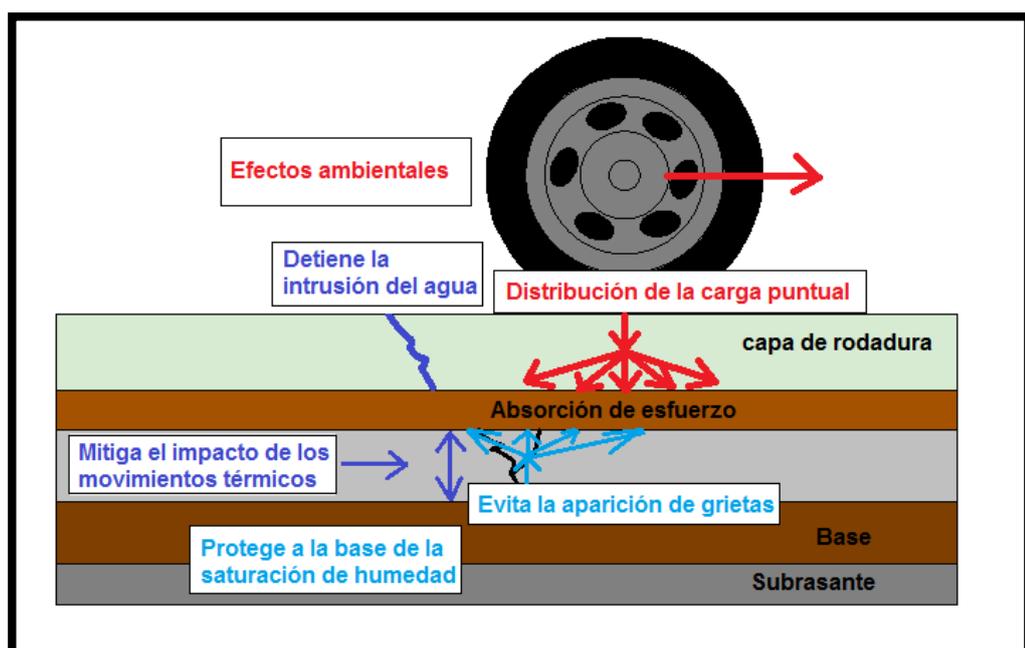
Geosintéticos	Función	
	SAMI	Refuerzo
Geotextiles	X	
Geomallas		X
Geocompuestos	X	X

### 1.7.15 GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN



### 1.7.16 FUNCIONALIDAD DE LOS GEOSINTÉTICOS PARA PAVIMENTACIÓN

- Contribuyen a proporcionar resistencia al sistema de pavimentación
- Disminuyen el agrietamiento reflejado
- Reducen la entrada de agua superficial a la estructura del pavimento
- Extienden la cantidad de tráfico que pueden soportar
- Extienden la vida útil de los pavimentos





### 1.7.17 GLASGRID ® SISTEMA DE REFUERZO DE ASFALTO

El sistema de refuerzo de asfalto GlasGrid ® está compuesto de hebras de fibra de vidrio recubiertas con un polímero elastomérico y formadas en una estructura de rejilla. Cada hebra tiene una resistencia a la tracción notablemente alta y un alto módulo de elasticidad; esto es particularmente importante ya que el concreto asfáltico generalmente se agrieta con tensiones bajas.

Cuando el sistema GlasGrid se intercala entre la capa de nivelación y la capa de superficie en una capa de asfalto, se convierte en la fuerza oculta en la carretera, girando las tensiones de grietas verticales horizontalmente para disiparlas de manera efectiva.

La manta GlasPave resiste la podredumbre, el moho y la degradación química. A diferencia de las telas de polipropileno, no se encoge ni cambia de tamaño cuando se la expone a la mezcla caliente de asfalto, lo cual evita el deslizamiento o la pérdida de adherencia prematuros. Como su instalación requiere menos asfalto líquido caliente que la mayoría de las telas, también produce menores emisiones de carbono. Además, gracias a su mayor resistencia a la tensión, la manta GlasPave es más duradera y menos susceptible a los daños durante la instalación. La variedad de longitudes de rollo disponibles permite una instalación más rápida y menos cambios de rollo. Por otro lado, la disponibilidad de rollos de distintos anchos permite una fácil colocación en esquinas y curvas.

El sistema GlasGrid se puede instalar fácilmente sin equipo ni mano de obra especializados. Con su revestimiento adhesivo activado por presión en la parte inferior, también es uno de los sistemas de capa intermedia más rápidos instalados; Se pueden colocar hasta 25,000 yardas cuadradas de cuadrícula en un día con una unidad de disposición estándar. La instalación se adapta fácilmente a las condiciones climáticas locales o requisitos de construcción únicos.



El sistema GlasGrid también es duradero y eficaz en una amplia gama de zonas geográficas y climas, desde entornos desérticos hasta condiciones casi árticas.

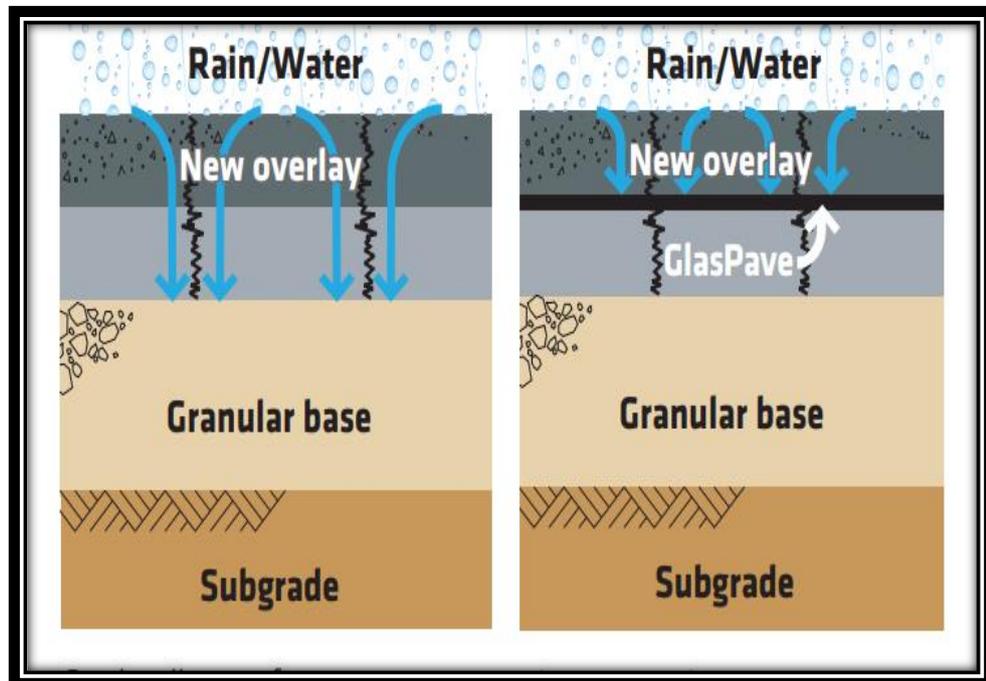
Totalmente fresable y reciclable

A diferencia de otros sistemas de capas intermedias, el sistema GlasGrid se rompe fácilmente con equipos de fresado convencionales y se puede reutilizar en otros proyectos de carreteras como pavimento de asfalto reciclado (RAP). Su componente principal es la sílice, una sustancia natural respetuosa con el medio ambiente.

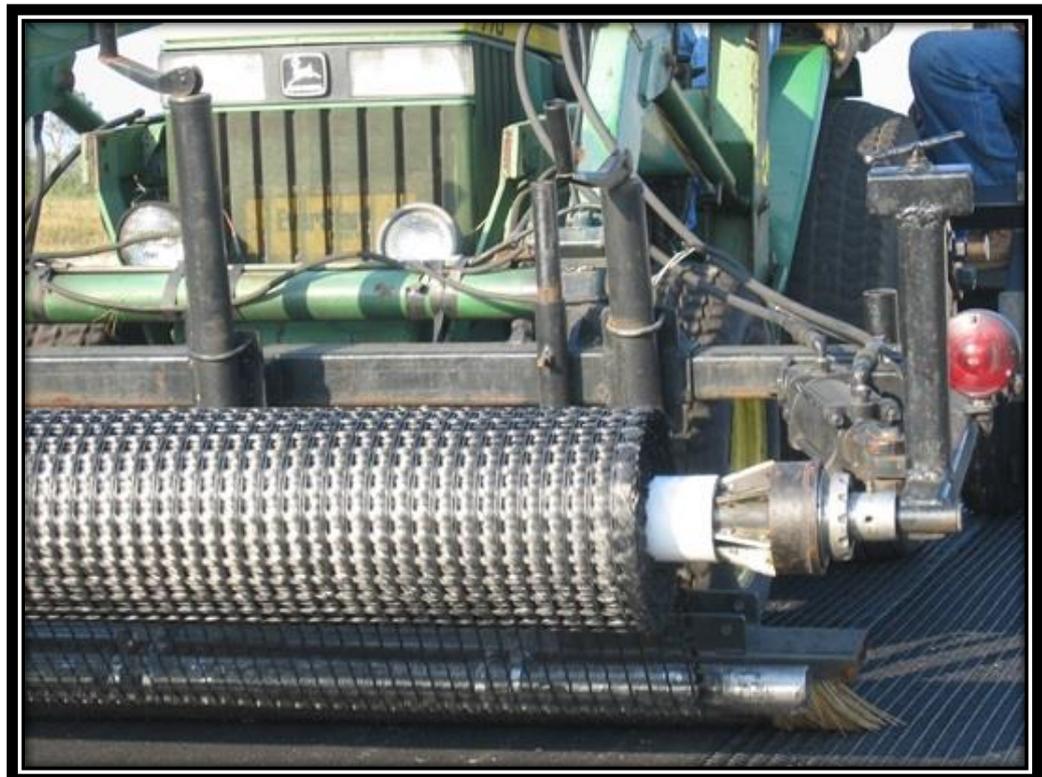
**1.7.18 Con una fácil instalación y menos mantenimiento posterior, la manta de impermeabilización para pavimentos GlasGrid:**

Los beneficios de utilizar el Glaspave:

- Reduce la capa de adherencia AC necesaria en comparación con otros materiales de impermeabilización
- Reduce las costosas reparaciones y el cierre de carriles debido a las grietas por reflexión
- Disminuye el costo de la mano de obra gracias a procedimientos de instalación fáciles y rápidos
- Reduce el desperdicio porque viene en rollos de distintos tamaños
- Garantiza la estabilidad térmica durante la instalación lo cual evita que el producto se contraiga mientras se instala
- Permanece completamente fresable y reciclable al término de su vida útil.



Sistema Glaspave ve de retardar la aparición de grietas en el pavimento en una rehabilitación de pavimento





## Colocación del GlasGrid como refuerzo para la rehabilitación de una vía pavimentada

### 1.7.19 Sistema GlasGrid® CG (Compogrid): refuerzo de asfalto con barrera contra la humedad

Para los proyectos de construcción de carreteras que requieren una barrera de humedad, ofertas Tensar el GlasGrid® CG (Compogrid) del sistema. Al incorporar una tela de polipropileno liviana en la parte posterior del componente principal de la rejilla, GlasGrid CG brinda protección adicional al pavimento tanto en proyectos de nueva construcción como de rehabilitación de pavimentos.

### 1.7.20 INSTALACIÓN





### PROCEDIMIENTO DE COLOCACIÓN DE UN RIEGO DE LIGA



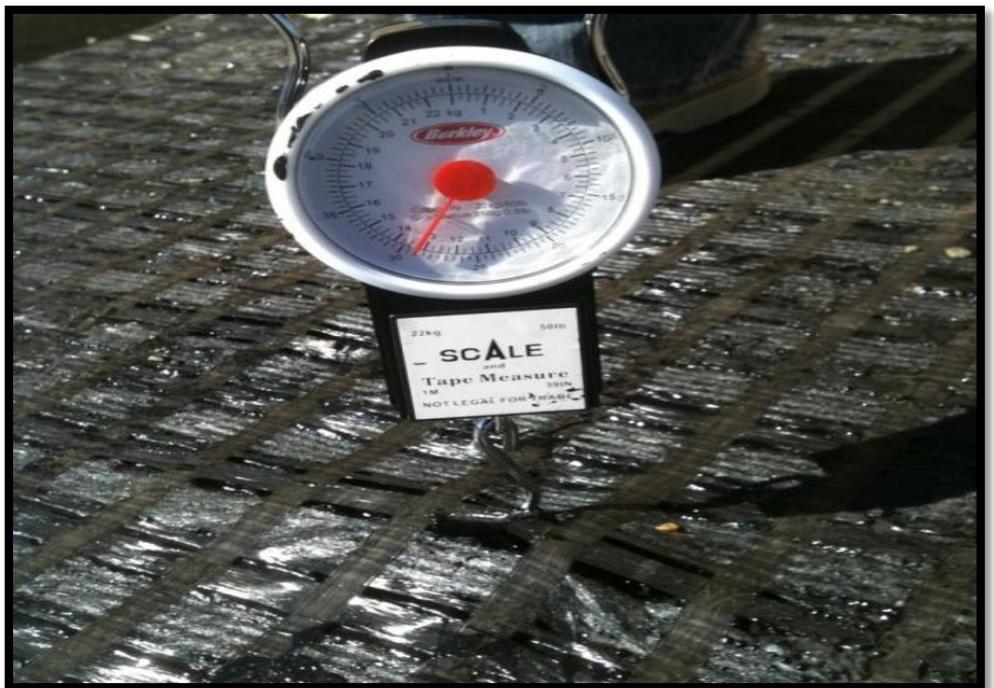
### COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL GlasGrid® CG



### COLOCACIÓN DE LA GEOMALLA COMO REFUEZO DE LA CARPETA ASFALTICA



COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFALTICA (REPAVIMENTACIÓN)





### **CONTROL DE LAS GEOMALLAS (REPAVIMENTACIÓN)**

1. Aplicación de riego de liga
2. Tendido de malla de pavimentación
3. Prueba de adhesión
4. Instalación de malla completa
5. Proceso de pavimentado

#### **1.7.21 BENEFICIOS**

Añaden refuerzo a la tensión de largo plazo a la estructura de pavimento asfáltico.

Retardan el desarrollo de grietas reflejadas.

Mejoran la capacidad a cargas dinámicas.

Mejoran la resistencia a la fatiga a cargas repetitivas.

Mejoran la resistencia a efectos por cambios de temperaturas.

Extienden la vida útil de los pavimentos.

#### **1.7.22 EVALUACIÓN DE AV UNIVERSITARIA**

Para la presente investigación se desarrolló la evaluación superficial de la pista de aterrizaje del aeropuerto, para lo cual se aplicará el método de evaluación del PCI, para Poder determinar el grado de deterior del pavimento a si como identificar las fallas que se van ha reflejar en la vista de campo y evaluación visual para poder determinar el grado de deterioro para poder determinar la rehabilitación del pavimento.





**FOTO No 1.-** evaluación de campo se aprecia la aparición de fisuras en el pavimento, así como el ahuellamiento



**Foto No 2** Fisuras más pronunciadas se aprecia el ingreso de la gua por dichas grietas







### Curvas de valores deducidos (VD) - PCI

#### 1. PIEL DE COCODRILO

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

#### 10. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			4.30
0.50			4.90
0.60		1.40	5.60
0.70		1.70	6.20
0.80		1.90	6.70
0.90		2.10	7.30
1.00		2.40	7.80
2.00	0.10	4.60	12.30
3.00	2.00	6.90	16.10
4.00	3.30	9.20	19.50
5.00	4.30	11.50	22.60
6.00	5.10	13.00	25.50
7.00	5.80	14.30	28.20
8.00	6.40	15.80	30.80
9.00	7.00	17.10	32.50
10.00	8.00	18.30	34.30
20.00	12.20	26.10	50.30
30.00	15.10	30.60	59.70
40.00	17.70	33.90	66.30
50.00	19.90	36.40	71.50
60.00	22.00	38.40	75.70
70.00	23.90	40.10	79.30
80.00	25.60	41.60	82.30
90.00	27.30	43.00	85.10
100.00	28.90	44.20	87.50

#### 2. EXUDACIÓN

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10			2.20
0.20		0.80	2.70
0.30		1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10

#### 12. PULIMIENTO DE AGREGADOS

DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	Bajo	Medio	Alto
0.10		3.70	6.50
0.20		4.50	9.20
0.30		5.20	11.20
0.40		6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.00
1.00	2.30	10.10	20.00
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	33.70	43.60	67.60



### Curvas de Valores Deducidos - Agrietamiento en Bloque

DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto
0.10			0.20
0.20			0.90
0.30			1.70
0.40			2.40
0.50			3.20
0.60		0.40	3.90
0.70		0.80	4.70
0.80		1.20	5.40
0.90		1.50	6.20
1.00	0.00	1.70	7.00
2.00	1.30	5.80	11.10
3.00	2.90	8.20	14.30
4.00	4.10	10.00	17.90
5.00	5.00	11.30	19.50
6.00	5.70	12.50	21.90
7.00	6.30	13.40	24.00
8.00	6.90	14.20	26.10
9.00	7.40	14.90	28.00
10.00	8.00	16.00	29.50
20.00	13.10	22.90	39.60
30.00	16.50	28.00	46.40
40.00	19.00	31.10	51.90
50.00	20.90	33.80	56.60
60.00	22.40	35.90	60.80
70.00	23.70	37.70	64.60
80.00	24.80	39.30	68.00
90.00	25.80	40.70	71.20
100.00	26.70	42.00	74.20

### Curvas de Valores Deducidos Pulimento de Agregados

DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			
0.40			
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
2.00		0.50	
3.00		1.20	
4.00		1.80	
5.00		2.30	
6.00		2.80	
7.00		3.10	
8.00		3.50	
9.00		3.50	
10.00		6.50	
20.00		8.30	
30.00		10.10	
40.00		11.80	
50.00		13.60	
60.00		15.40	
70.00		17.10	
80.00		18.90	
90.00		20.70	
100.00		20.70	

### Curvas de Valores Deducidos Abultamientos y Hundimientos

DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto
0.10			
0.20			
0.30			4.40
0.40			6.40
0.50			7.90
0.60			9.20
0.70			10.20
0.80			11.20
0.90			12.00
1.00			12.70
2.00			17.60
3.00			21.90
4.00			25.50
5.00			28.70
6.00			31.70
7.00			34.40
8.00			36.90
9.00			39.30
10.00			41.60
20.00			60.20
30.00			74.80
40.00			75.00

### 14. CRUCE DE VÍA FÉRREA

DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	29.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.0
9.00	53.30	82.00	
10.00	55.00	86.50	
15.00	62.90	100.00	
30.00	74.20		
40.00	79.50		
50.00	83.60		

### Curvas de Valores Deducidos - Huecos



5. CORRUGACION					VALORES DEDUCIDOS			VALORES DEDUCIDOS			13. AHUELLAMIENTO				
DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto		DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto	DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto			
0.10	1.40	5.50	10.90		0.10				0.10						
0.20	1.50	6.70	18.30		0.20				0.20						
0.30	1.60	7.90	22.60		0.30				0.30						
0.40	1.60	9.00	25.70		0.40				0.40						
0.50	1.70	10.20	28.00		0.50				0.50						
0.60	1.80	11.40	30.00		0.60				0.60						
0.70	1.80	12.60	31.60		0.70				0.70						
0.80	1.90	13.80	33.00		0.80				0.80						
0.90	2.00	15.00	34.30		0.90				0.90	2.00	6.50	21.20			
1.00	2.40	16.20	35.50		1.00	4.20	22.40	41.90	1.00	3.20	12.10	30.60			
2.00	4.20	22.40	41.90		2.00	5.60	26.70	46.70	2.00	4.40	17.20	37.90			
3.00	5.60	26.70	46.70		3.00	6.90	29.70	50.10	3.00	5.60	22.20	44.20			
4.00	6.90	29.70	50.10		4.00	8.10	32.00	52.80	4.00	6.80	27.00	49.70			
5.00	8.10	32.00	52.80		5.00	9.20	33.90	55.00	5.00	8.00	31.70	54.70			
6.00	9.20	33.90	55.00		6.00	10.30	35.50	56.80	6.00	9.20	35.00	59.40			
7.00	10.30	35.50	56.80		7.00	11.10	36.90	58.40	7.00	10.50	36.80	63.80			
8.00	11.10	36.90	58.40		8.00	12.50	39.50	61.60	8.00	11.70	37.70	66.00			
9.00	12.50	39.50	61.60		9.00	20.40	48.80	72.30	9.00	13.10	38.60	68.00			
10.00	20.40	48.80	72.30		10.00	25.00	54.40	78.00	10.00	16.50	44.50	75.60			
20.00	25.00	54.40	78.00		20.00	28.30	58.80	82.00	20.00	18.50	48.00	78.90			
30.00	28.30	58.80	82.00		30.00	30.90	62.40	85.10	30.00	19.90	50.40	81.20			
40.00	30.90	62.40	85.10		40.00	32.90	65.50	87.60	40.00	20.90	52.30	83.10			
50.00	32.90	65.50	87.60		50.00	34.70	68.30	89.80	50.00						
60.00	34.70	68.30	89.80		60.00	36.20	70.80	91.70	60.00						
70.00	36.20	70.80	91.70		70.00	37.60	73.00	93.30	70.00						
80.00	37.60	73.00	93.30		80.00	38.80	75.10	94.80	80.00						
90.00	38.80	75.10	94.80		90.00				90.00						
100.00					100.00				100.00						

6. DEPRESION					VALORES DEDUCIDOS			VALORES DEDUCIDOS			16. DESPLAZAMIENTO				
DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto		DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto	DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto			
0.10	1.40	5.50	10.90		0.10	1.10	4.60	6.00	0.10						
0.20	1.50	6.70	18.30		0.20	2.00	7.10	12.40	0.20	2.00	7.10	12.40			
0.30	1.60	7.90	22.60		0.30	2.80	9.00	16.10	0.30	2.80	9.00	16.10			
0.40	1.60	9.00	25.70		0.40	3.60	10.80	18.80	0.40	3.60	10.80	18.80			
0.50	1.70	10.20	28.00		0.50	4.30	12.30	20.80	0.50	4.30	12.30	20.80			
0.60	1.80	11.40	30.00		0.60	5.10	13.80	22.50	0.60	5.10	13.80	22.50			
0.70	1.80	12.60	31.60		0.70	5.80	15.10	23.90	0.70	5.80	15.10	23.90			
0.80	1.90	13.80	33.00		0.80	6.50	16.40	25.20	0.80	6.50	16.40	25.20			
0.90	2.00	15.00	34.30		0.90	7.20	17.60	26.20	0.90	7.20	17.60	26.20			
1.00	2.40	16.20	35.50		1.00	7.90	18.20	26.70	1.00	7.90	18.20	26.70			
2.00	4.20	22.40	41.90		2.00	14.00	25.30	36.20	2.00	14.00	25.30	36.20			
3.00	5.60	26.70	46.70		3.00	17.10	30.10	42.40	3.00	17.10	30.10	42.40			
4.00	6.90	29.70	50.10		4.00	19.10	33.40	46.80	4.00	19.10	33.40	46.80			
5.00	8.10	32.00	52.80		5.00	20.80	36.10	50.20	5.00	20.80	36.10	50.20			
6.00	9.20	33.90	55.00		6.00	22.30	38.20	53.00	6.00	22.30	38.20	53.00			
7.00	10.30	35.50	56.80		7.00	23.60	39.80	55.30	7.00	23.60	39.80	55.30			
8.00	11.10	36.90	58.40		8.00	24.90	41.60	57.40	8.00	24.90	41.60	57.40			
9.00	11.80	38.10	59.80		9.00	26.00	42.90	59.20	9.00	26.00	42.90	59.20			
10.00	12.50	39.50	61.60		10.00	27.10	44.20	60.80	10.00	27.10	44.20	60.80			
20.00	20.40	48.80	72.30		20.00	35.80	51.60	73.00	20.00	35.80	51.60	73.00			

5. CORRUGACION					VALORES DEDUCIDOS			VALORES DEDUCIDOS			13. AHUELLAMIENTO				
DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto		DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto	DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto			
0.10	1.40	5.50	10.90		0.10				0.10						
0.20	1.50	6.70	18.30		0.20				0.20						
0.30	1.60	7.90	22.60		0.30				0.30						
0.40	1.60	9.00	25.70		0.40				0.40						
0.50	1.70	10.20	28.00		0.50				0.50						
0.60	1.80	11.40	30.00		0.60				0.60						
0.70	1.80	12.60	31.60		0.70				0.70						
0.80	1.90	13.80	33.00		0.80				0.80						
0.90	2.00	15.00	34.30		0.90				0.90	2.00	6.50	21.20			
1.00	2.40	16.20	35.50		1.00	4.20	22.40	41.90	1.00	3.20	12.10	30.60			
2.00	4.20	22.40	41.90		2.00	5.60	26.70	46.70	2.00	4.40	17.20	37.90			
3.00	5.60	26.70	46.70		3.00	6.90	29.70	50.10	3.00	5.60	22.20	44.20			
4.00	6.90	29.70	50.10		4.00	8.10	32.00	52.80	4.00	6.80	27.00	49.70			
5.00	8.10	32.00	52.80		5.00	9.20	33.90	55.00	5.00	8.00	31.70	54.70			
6.00	9.20	33.90	55.00		6.00	10.30	35.50	56.80	6.00	9.20	35.00	59.40			
7.00	10.30	35.50	56.80		7.00	11.10	36.90	58.40	7.00	10.50	36.80	63.80			
8.00	11.10	36.90	58.40		8.00	12.50	39.50	61.60	8.00	11.70	37.70	66.00			
9.00	12.50	39.50	61.60		9.00	20.40	48.80	72.30	9.00	13.10	38.60	68.00			
10.00	20.40	48.80	72.30		10.00	25.00	54.40	78.00	10.00	16.50	44.50	75.60			
20.00	25.00	54.40	78.00		20.00	28.30	58.80	82.00	20.00	18.50	48.00	78.90			
30.00	28.30	58.80	82.00		30.00	30.90	62.40	85.10	30.00	19.90	50.40	81.20			
40.00	30.90	62.40	85.10		40.00	32.90	65.50	87.60	40.00	20.90	52.30	83.10			
50.00	32.90	65.50	87.60		50.00	34.70	68.30	89.80	50.00						
60.00	34.70	68.30	89.80		60.00	36.20	70.80	91.70	60.00						
70.00	36.20	70.80	91.70		70.00	37.60	73.00	93.30	70.00						
80.00	37.60	73.00	93.30		80.00	38.80	75.10	94.80	80.00						
90.00	38.80	75.10	94.80		90.00				90.00						
100.00					100.00				100.00						

6. DEPRESION					VALORES DEDUCIDOS			VALORES DEDUCIDOS			16. DESPLAZAMIENTO				
DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto		DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto	DENSIDAD	Bajo	Medio	Alto			
0.10	1.40	5.50	10.90		0.10	1.10	4.60	6.00	0.10						
0.20	1.50	6.70	18.30		0.20	2.00	7.10	12.40	0.20	2.00	7.10	12.40			
0.30	1.60	7.90	22.60		0.30	2.80	9.00	16.10	0.30	2.80	9.00	16.10			
0.40	1.60	9.00	25.70		0.40	3.60	10.80	18.80	0.40	3.60	10.80	18.80			
0.50	1.70	10.20	28.00		0.50	4.30	12.30	20.80	0.50	4.30	12.30	20.80			
0.60	1.80	11.40	30.00		0.60	5.10	13.80	22.50	0.60	5.10	13.80	22.50			
0.70	1.80	12.60	31.60		0.70	5.80	15.10	23.90	0.70	5.80	15.10	23.90			
0.80	1.90	13.80	33.00		0.80	6.50	16.40	25.20	0.80	6.50	16.40	25.20			
0.90	2.00	15.00	34.30		0.90	7.20	17.60	26.20	0.90	7.20	17.60	26.20			
1.00	2.40	16.20	35.50		1.00	7.90	18.20	26.70	1.00	7.90	18.20	26.70			
2.00	4.20	22.40	41.90		2.00	14.00	25.30	36.20	2.00	14.00	25.30	36.20			
3.00	5.60	26.70	46.70		3.00	17.10	30.10	42.40	3.00	17.10	30.10	42.40			
4.00	6.90	29.70	50.10		4.00	19.10	33.40	46.80	4.00	19.10	33.40	46.80			
5.00	8.10	32.00	52.80		5.00	20.80	36.10	50.20	5.00	20.80	36.10	50.20			



## MUESTREO

### a) Muestreo y unidades de muestra

ASTM D6433, inciso (2.1.7) menciona que el área de muestreo es:  $225 \pm 90 \text{ m}^2$

Máximo : 315.00 m<sup>2</sup>

Mínimo : 135.00 m<sup>2</sup>

Tramo a estudiar : 13+000.00 13+500.00

Longitud de la vía : 2000.00 m

Ancho de calzada : 10.00 m

Longitud de muestra : 500.00 m

Área de muestra : 5000.00 m<sup>2</sup> no ok

N = 4.00 Número total de la muestra  
 s = 10 desviación estandar; ASTM D6433, inciso (7.5.2) (p. asfalto)  
 e = 5% error aceptable; ASTM D6433, inciso (7.5.2)

ASTM D6433, inciso (7.5.2)

$$n = \frac{N \times s^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + s^2}$$

n = 3.37 Unidades a ser evaluadas

Se obtiene 4.00 unidades de muestra  
 de las cuales 4.00 deberán ser evaluadas

### b) Selección de las unidades de muestreo

ASTM D6433, inciso (7.5.3)

$$i = \frac{N}{n}$$

i = 1.1875 Intervalo de muestreo

Por lo tanto el intervalo de muestreo será :

i = 1 Intervalo de muestreo

### c) Esquema del Pavimento para muestreo



## INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Jugo, A. (2005). "Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles". Caracas, Venezuela: Manual.

	PUNTO	PCI	CARACTERÍSTICAS
	A	70±4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor.
	B	55±7	Se inicia incremento de rata de deterioro. Zona óptima de rehabilitación.
	C	40±6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

PCI = Índice de condición de pavimento (0-100).

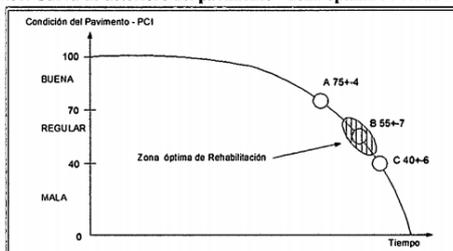
### Mantenimiento Menor

- 1.a Sellado de grietas
- 1.b Bacheo
  - de emergencia
  - bacheo superficial
  - de carpeta
  - profundo
- 1.c Sello asfáltico localizado
- 1.d Nivelación localizada
- 1.e Fresado y/o texturización localizada

### Mantenimiento Mayor

- 2.a Tratamientos superficiales
- 2.b Capas asfálticas
  - de nivelación
  - de fricción y/o sello
  - estructurales
- 2.c Remoción por fresado
- 2.d Reciclado
  - en frío
  - en caliente
- Acciones Complementarias
- 3.a Nivelación bocas de visita
- 3.b Nivelación de sumideros
- 3.c Suministro de rejillas y marcos

Gráfico 4.60. Curva de deterioro del pavimento – zona óptima de rehabilitación.



FUENTE: Ing. Augusto Jugo B. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

PUNTO	PCI	CARACTERÍSTICAS
A	75±4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor.
B	55±7	Se inicia incremento del índice de deterioro. Zona óptima de rehabilitación.
C	40±6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

Garces, A. (2017). "Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues- Cojitambodeleg- la Raya". Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Tabla 12.: Correlación de categoría de acción con un rango de PCI (Jugo B, 2005).

Categoría de acción	Rango	Clasificación	Simbología
Mantenimiento Preventivo	100 – 85	Excelente	
Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico	85 – 70	Muy Bueno	
	70 – 55	Bueno	
Mantenimiento Correctivo	55 – 40	Regular	
Rehabilitación – Refuerzo Estructural	40 – 25	Malo	
Rehabilitación – Reconstrucción	25 – 10	Muy Malo	
	10 – 0	Fallado	



### 1.8.- Marco Situacional:

En la actualidad en nuestro es casi nula las actividades de mantenimiento y rehabilitación de las pistas de aterrizaje de los aeropuertos de nuestro país a cargo de los gobiernos locales y regionales, más aún la aplicación de tecnologías de materiales para poder reducir los costos de mantenimiento, así como los pavimentos de los aeropuertos sean más duraderos.

La presente investigación pretende resolver esos dos factores que es técnicas con materiales adecuados para su rehabilitación y al mismo tiempo que su durabilidad en tiempo se beneficioso representándose en el costo final del proyecto.

### 1.9.- Definiciones de Términos Básicos:

- **Asfalto:** El asfalto es una mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y de minerales que mayormente es empleada para construir el pavimento de las calzadas.
- **Agregado:** A la mezcla de arena y piedra de granulometría variable.
- **Abrasión:** Proceso para eliminar el material superficial de un sólido mediante fricción de otro sólido o fluido de mayor dureza (abrasivo).
- **Índice de alargamiento:** La masa del total de las partículas planas expresada como porcentaje del total de la masa seca de las partículas sometidas al ensayo.
- **Índice de aplanamiento:** El porcentaje en masa de las partículas planas de la fracción.



- **Geosintéticos:** Productos planos fabricados con materiales polimérico, que se utilizan con suelo, roca u otro material de ingeniería geotécnica como parte integral de un proyecto, estructura o sistema artificial (ASTM 1997).
- **Geotextiles:** El Geotextil es una malla compuesta por fibras sintéticas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante.
- **Pavimento:** Capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano.
- **Tamiz:** Es el elemento separador, colocado dentro de un marco que puede ser lineal, circular o elíptico, libre o forzado.

## 1.10- Hipótesis: General y Específicas:

### 1.10.1- Hipótesis General:

- ¿Determinar que el Geotextil GLASGRID como refuerzo de la carpeta asfáltica mejore las propiedades mecánicas del pavimento?

### 1.10.2.- Hipótesis Específicas

- Determinar que el Geotextil GLASGRID tenga la propiedad de retardar la aparición prematura de las grietas superficiales.
- Determinar que la rehabilitación del pavimento flexible con el Geotextil GLASGRID para alargar la vida útil.



**1.11.- Sistema de Variables – Dimensiones e Indicadores:**

**1.11.1.- Variables Independientes:**

- GEOTEXTIL GLASGRID

**1.11.2.- Variable Dependiente:**

AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO  
MARABAMBA

**1.12.- Definición Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores:**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	SUB VARIABLE	INDICADORES	MEDICIÓN
<p style="text-align: center;"><b><u>Variable Independiente</u></b></p> <p>Geotextil GLARGRID</p>	<p style="text-align: center;">Sistema de refuerzo estructural debido a que cumplen con funciones de retracción de fisuras de la carpeta asfáltica</p>	<p>Propiedades físico mecánicas del geotextil</p>	<p>Costillas (espesor, rigidez y forma) Abertura (tamaño, forma y rigidez) Unión (resistencia) General (rigidez torsional y estabilidad de la apertura) Tipo de material.</p>	<p>mm, mg-cm y rectangular. mm, rectangular y mg-cm. kN/m mg-cm y m-N/deg. Polímero.</p>
		<p>Propiedades físico mecánicas de geotextil glaspave</p>	<p>Costillas (espesor, rigidez y forma) Abertura (tamaño, forma y rigidez)</p>	<p>mm, mg-cm y rectangular. mm, rectangular y mg-cm. kN/m</p>



			Unión (resistencia) General (rigidez torsional y estabilidad de la apertura) Tipo de material.	mg-cm y m-N/deg. Polímero.
<b><u>Variable Dependiente</u></b>  AV. UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO MARABAMBA	Pavimento de la AV. UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO MARABAMBA	Estructura	Espesores de la carpeta asfáltica a rehabilitar	Cm o pulg.



## II MARCO METODOLÓGICO

### 2.1.- NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN:

A continuación, se establece el nivel y tipo de la investigación ya que esto es de suma importancia porque nos permite adoptar estrategias de acuerdo a la naturaleza del tema.

#### 2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

➤ **SEGÚN EL TIEMPO DE OCURRENCIA:**

No Experimental, debido a que la información presentará valores sin manipular, producto de estudios realizados con la finalidad de plasmar las variables sin ningún tipo de intervención externa, así mismo para la búsqueda de resultados y la demostración de las hipótesis se aplicará ecuaciones teóricas que nos ayudaran a realizar nuestra corroboración de hipótesis y sus comparaciones.

➤ **SEGÚN EL PERIODO Y SECUENCIA DE ESTUDIO:**

Investigación transversal ya que los datos analizados y los cálculos producto de estos servirán para determinar el fenómeno actuante en el pavimento en un determinado lapso temporal desestimando la evolución que tendrá en dicho tiempo.

➤ **SEGÚN LAS VARIABLES**

La investigación es DESCRIPTIVA sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes en nuestra investigación viene a ser el GEOTEXTIL GLASGRID. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos su interrelación.



## ➤ 2.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis de investigación será del nivel de investigación APLICADA-EXPLICATIVA-CORRELACIONAL

**Aplicada:** ya que utilizaremos como método la observación y experimentación para obtener resultados y dar soluciones a los problemas para ayudar a la sociedad

**Explicativa:** por que busca establecer las causas y efectos en las variables, pues la incorporación del GLASGRID traerá como consecuencia a las propiedades físicas y mecánicas del comportamiento estructural del pavimento a rehabilitar.

**Correlacional:** por que busca establecer el grado de relación que existe entre EL GEOTEXTIL GLASGRID E y las propiedades físicas y mecánicas de la AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO MARABAMBA

### 2.2.1.- Diseño de la Investigación:



- Investigación bibliográfica de los manuales y ensayos dados por el MTC sobre mezclas asfálticas y pavimentos, usaremos las normas técnicas peruanas, normas ASTM y también las normas AASTHO.
- Elaboración del informe final que constara de los ensayos hechos en los laboratorios con respectivas hojas de cálculo, procedimientos realizados, medias a tomar en cuenta, fichas de control y todo lo necesario para que nuestra investigación sea comprendida y sustentada.



- Para el presente desarrollo del presente tema de tesis se seguirá paso a paso los ítems descritos anteriormente. Los tiempos de ejecución de cada uno están descritos en el cronograma de acciones.

### **2.3.- Determinación del Universo y Población:**

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Se puede decir que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus necesidades al que llamamos población. De la población es conveniente extraer muestras representativas del universo.

La selección de la muestra también la podemos ver desde dos puntos de vista: muestra cuantitativa y muestra cualitativa.

La muestra cuantitativa es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo en dicha población. Por otra parte, la muestra cualitativa es la unidad de análisis o conjunto de personas, contextos, eventos o sucesos sobre la cual se recolectan los datos sin que necesariamente sea representativo.

#### **2.3.1 Población de estudio**

La población de estudio está conformada por toda la longitud de la pista principal de la AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO MARABAMBA

#### **2.3.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA**

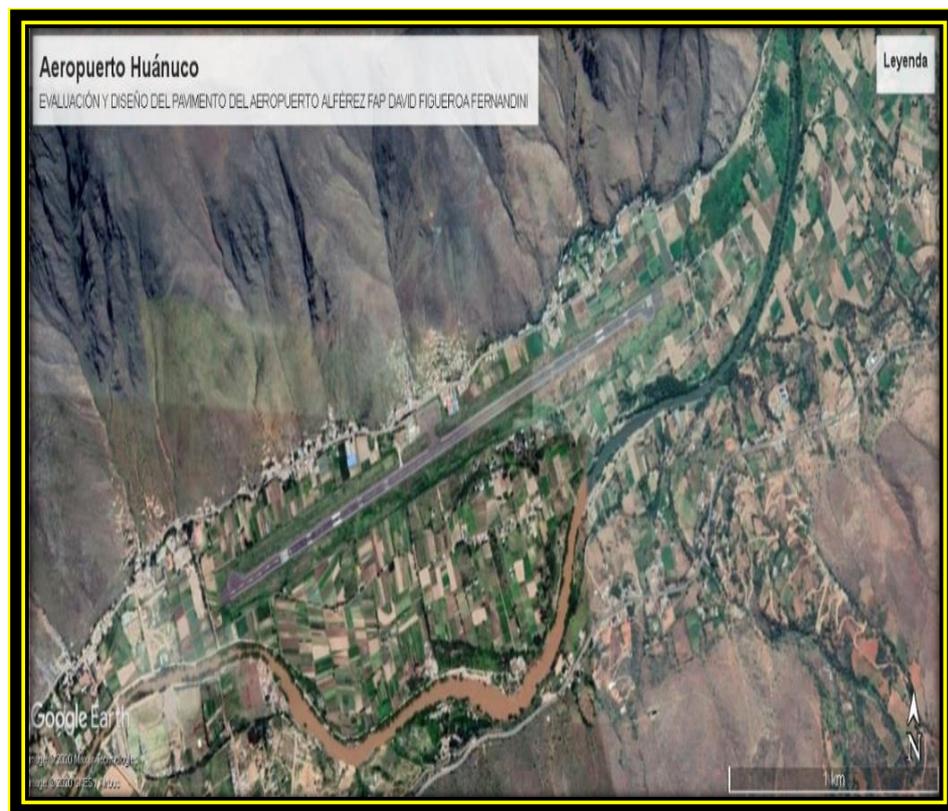
Para la presente investigación se ha determinado 500 ml AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO – INGRESO MARABAMBA de los cuales se extraerá las muestras para los ensayos según el **MÉTODO NO**



**PROBABILÍSTICO**<sup>1</sup> la cual será sometida a los ensayos necesarios para obtener las conclusiones.

La vía vecinal UC-583 se encuentra ubicada en:

DEPARTAMENTO : HUANUCO  
PROVINCIA : HUANUCO  
DISTRITO : HUANUCO



<sup>1</sup> (Otzen & Manterola, 2017) Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio



## 2.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Utilizando métodos estadísticos para determinar muestra aleatoria

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times Q}{(D^2 \times (N - 1)) + Z^2 \times P \times Q}$$

Z= 1.96 (nivel de confianza al 95%)

N = 24,415.00 m<sup>2</sup> de área proyectada

P= se asume 50% = 0.5

Q = 1 – p = 0.5

D = precisión 5% = 0.05

**n= 378 m<sup>2</sup> de pavimento a estudiar.**

### 2.4.1.- Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

#### Fuentes

**Fuentes Primarias:** Resultados de las entrevistas que se realizaron a los diferentes especialistas en pavimentos de aeropuertos, investigaciones preliminares sobre el empleo de geosintéticos en la rehabilitación del pavimento flexible para aeropuertos.

**Fuentes Secundarias:** Información bibliográfica sobre el empleo de geosintéticos en el reforzamiento de la estructura del pavimento flexible. (Investigaciones Realizadas, libros, revistas, manuales del MTC, Reglamento Nacional de Edificaciones, material electrónico, etc.)

#### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada en la investigación son la observación directa, con la medición de campo, el censo y la encuesta.



### **Técnica Definición Instrumento**

**Observación directa** Esta técnica nos permitirá observar y describir las características de deterioro del pavimento en las condiciones actuales de la pista de aterrizaje

#### **2.4.2 Procesamiento y presentación de datos.**

La tesis de investigación se realizará los siguientes pasos:

##### **Recolección Bibliográfica y Normativa:**

En este proceso se va a verificar la bibliografía y normativa vigente respecto al tema:

Bibliografía

Libros sobre geotecnia y mecánica de suelos.

Revistas especializadas.

Conferencias y artículos web.

Otros.

##### **Normativa**

Manual de ensayo de materiales del MTC. (EM-2000)

MTC. (R.D.N°10-2014-MTC/14). Manual de carreteras- Suelos geología, geotecnia y pavimentos - Sección suelos y pavimentos.

Otros

##### **Tratamiento estadístico de datos**

Para esto se utilizarán programas de cómputo tales como Excel permitiendo que los resultados de los ensayos de laboratorio sean presentados mediante tablas, histogramas de frecuencia en forma de barras y gráficas de líneas interpretadas estadísticamente permitiendo visualizar los resultados de la investigación.



### **III DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **3.1 CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO CON LOS REFERENTES BIBLIOGRAFICOS DE LAS BASES TEORICAS**

Esta investigación involucra una revisión bibliográfica de varios autores, abarcando cada una de las variables estudiadas como son las propiedades físicas del y mecánicas del GEOTEXTIL GLASGRID

Para este estudio de verificación de propiedades físicas, se tuvieron en cuenta los conceptos dados por los autores de libros sobre ingeniería de pavimentos,

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados la metodología que se ha empleado para este trabajo de investigación se puede notar que la muestra tomada se encuentra casi en su mayoría dentro de los límites establecidos según el método de DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA VIAS EN REHABILITACIÓN, permitiendo que se pueda utilizar dicha cantera para trabajos de infraestructura vial más adelante.

Del análisis de la evaluación superficial del pavimento de determino que se encuentra en la condición de regular, por lo tanto, es APLICABLE la utilización del GEOTEXTIL GLASGRID, que va a permitir reforzar la colocación de la nueva carpeta asfáltica a colocar y así poder evitar la aparición prematura de las fisuras

#### **3.2 CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS**

Al evaluar dichas propiedades mecánicas y físicas del GEOTEXTIL GLASGRID requisitos establecidos EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO contribuyendo a dotar de un mejor número estructural del pavimento permitiendo así que pueda soportar mayor carga que en este caso son las



aeronaves

Siendo también que con la utilización de la GEOMALLA GLASGRID se puede verificar que con la utilización de dicho material se va a prolongar la vida útil del pavimento, por lo que su costo de mantenimiento es menor al diseño del pavimento tradicional



## CONCLUSIONES

De la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

Se tiene en cuenta también que en la mayoría de los casos en rehabilitación de pavimentos y en especial en los aeropuertos se desarrolla la reconstrucción del pavimento, esto implica mayores costos, así como el tiempo de ejecución.

La colocación de una carpeta asfáltica sobre otra carpeta asfáltica, no garantiza que no volverán a aparecer las fisuras por efectos de las cargas y medio ambientales, en su efecto para garantizar la aparición de grietas, la nueva carpeta a colocar son de mayores espesores.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda mejorar el aspecto de absorción del agregado grueso mediante la combinación de otro material para aumentar el porcentaje de absorción.

Se debería tener en cuenta la posibilidad del estudio explotación de cantera y el control absoluto del material para la realización de morteros asfálticos que sirvan como adherencia entre el geotextil GLARGRID y la nueva carpeta asfáltica a colocar en la Av. Universitaria.

Con la proyección vehicular y económica, que se observa en la zona se recomienda el uso de dicha cantera.

La presente investigación puede ser complementada utilizando un mayor número de muestras, las cuales difieren de la fuente de material u otros lugares de la zona tipo de material (empleo en estructuras de pavimento) y materiales alterados física o mecánicamente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almendarez Santos, L. N., & Reyes Zúniga, J. C. (2017). Diseño de Pavimentos Flexibles con Refuerzo de Geomalla Triaxial Utilizando la Metodología Giroud-Han. 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Boca Raton FL, United States.
- ✓ Caballeros Torres, E. A. (2006). Utilización de la geomalla como refuerzo de la estructura del pavimento flexible. Tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.  
Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2672\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2672_C.pdf).
  - ✓ Cañon Leguizamon, S. M. (2018). Beneficios técnicos y económicos en el uso de geoceldas en estructura de pavimento frente a los sistemas tradicionales.
  - ✓ Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad-temperatura. Revista EIA(12), 125-137.  
Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n12/n12a10.pdf>.
  - ✓ Cruz Vargas, E. (2013). Influencia de geomallas en los parámetros mecánicos de materiales para vías terrestres. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico D.F.  
Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/72063>.
  - ✓ Gavilanes Dávila, N. E. (2012). Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua-La Maná. Tesis de grado, Quito.  
Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6427>.
  - ✓ Geosistemas PAVCO. (2012). Manual de diseño con geosintéticos (12 ed.). Bogotá DC, Colombia.  
Obtenido de [http://www.geosoftpavco.com/manual\\_geosinteticos.html](http://www.geosoftpavco.com/manual_geosinteticos.html)
  - ✓ Mattos Espinoza, J. M., & Vásquez Torres, D. J. (2019). Mejora de la subrasante de suelo arcilloso aplicando el sistema de confinamiento celular para reducir las capas del pavimento. Tesis de Grado, Universidad Ricardo Palma, Lima.  
Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2596>.
  - ✓ Miranda Ramos, E. C. (2019). Diseño de una base granular reforzada con geomalla biaxial; para optimizar la calidad en la construcción de pavimentos flexibles, tramo Tayabamba – Ongon. provincia de Patate. La Libertad. Tesis



para optar el grado de maestro en transportes y conservación vial, La Libertad.

Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/5061>.

- ✓ MTC. (2014). MANUAL DE CARRETERAS – SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS.
- ✓ Novoa Fernández, L. (2017). Aplicación de la Geomalla Triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la avenida Trapiche Chillón, Carabayllo – 2017. Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo.  
Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16639>.
- ✓ Pivaltec S.A. (2018). Pivaltec.  
Obtenido de <https://www.geosinteticos.com/geoceldas/>.
- ✓ Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). La Ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas (2 ed.). México: LIMUSA.
- ✓ Risco Espejo, L. V. (2019). Análisis técnico - económico del diseño estructural de pavimento flexible según metodología AASHTO 93 y empleando geomallas triaxiales aplicado al centro poblado la constancia - chocope - ascope - la libertad. Tesis de Grado, Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo.  
Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/5548>.
- ✓ Tapia García, M. A. (2009). Guía de Pavimentos. México: UNAM-FACULTAD DE INGENIERIA.  
Obtenido de <http://estudiantesingcivil.blogspot.com/2015/04/pavimentos-miguel-angel-tapia-garcia.html>.
- ✓ Valenzuela Rodríguez, J. (1993). Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexibles. Universidad de Sonora. Departamento de Ingeniería Civil y Minas.  
Obtenido de <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=2944>.
- ✓ Vargas Jiménez, J., Moncayo Theurer, M., Córdova Rizo, J., Maza, C., Barzola Zambrano, I., Velasco Cevallos, G., . . . Lucio, S. (2017). La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Ingeniería, 21(1), 10. Recuperado el 2020.  
Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46752305006>.



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los doce días del mes de diciembre del 2019, siendo las nueve horas de la mañana, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 671-2019-UNHEVAL-FICyA y Resolución de Decano N°736-2019-FICA y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "REHABILITACION Y MEJORAMIENTO AV. UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO - INGRESO A MARABAMBA CON GLARDGRID - 2019", para optar el Título de Ingeniero Civil, Bachiller Diego SALINAS ALBORNOZ, finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: 15 (QUINCE)

Con el calificativo de: BUENO

Dándose por concluido dicho acto a las: 10:45 PM. del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

  
Víctor Manuel GOICOCHEA VARGAS  
PRESIDENTE

  
Jim Arturo RIVERA VIDAL  
SECRETARIO

  
Luis Fernando NARRO JARA  
VOCAL



VICERECTOR DE INVESTIGACIÓN

**RESPONSABLE DEL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL UNHEVAL**

VERSION

FECHA

PAGINA

OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL

0.0

1 de 2

## ANEXO 2

### AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICA DE PREGRADO

#### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: Salinas Albornoz Diego

DNI: 44909074

Correo electrónico: diegosalinas1012@gmail.com

Teléfonos

Casa:

Celular: 945935133

Oficina:

#### 2. IDENTIFICAR DE LA TESIS

<b>Pregrado</b>
Facultad de : <b>INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b>
E. P. : <b>INGENIERIA CIVIL</b>

Título profesional obtenido:

**INGENIERO CIVIL**

Título de la tesis:

**"REHABILITACION Y MEJORAMIENTO AV UNIVERSITARIA TRAMO PUENTE TINGO –  
INGRESO A MARABAMBA CON GLARGRID-2019"**

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
---------------	------------------------	------------------------



VICERECTOR DE INVESTIGACIÓN

RESPONSABLE DEL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL UNHEVAL

VERSION

FECHA

PAGINA

OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL

0.0

1 de 2

<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo.

Al elegir la opción "público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web [repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe), por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas paginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el periodo de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- ( ) 1 año  
( ) 2 años  
( ) 3 años  
( ) 4 años

Luego del periodo señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasara a ser de acceso público.

Fecha de firma:

16 DE DICIEMBRE DEL 2019

Firma del autor y/o autores: