

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



*Una Institución Adventista*

**Aplicación del geosintético en el diseño de la estructura del  
pavimento rígido de la urbanización Covica – El Tambo 2020**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Autor de la tesis

Bachiller Sunelino De la Peña Gaspar  
Bachiller Saúl Chavarría Ccencho

**Asesor:**

Dr. Ing. Leopoldo Choque Flores

Lima, Junio de 2022

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

**Dr. Ing. Leopoldo Choque Flores**, de la Facultad Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

**Que la presente investigación titulada: “APLICACIÓN DEL GEOSINTETICO EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA URBANIZACIÓN COVICA – EL TAMBO 2020” constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) SUNELINO DE LA PEÑA GASPAR y SAUL CHAVARRIA CCENCHO para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.**

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 22 días del mes de Agosto del año 2022



---

Dr. Ing. Leopoldo Choque Flores  
Asesor de la Investigación

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **09** día(s) del mes de **junio** del año 2022 siendo las **11:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Roberto Roland Yoctun Rios**, el secretario: **Mg. Leonel Chahuares Paucar** y los demás miembros: **Ing. Ferrer Canaza Rojas** y el asesor **Mg. Leopoldo Choque Flores**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Ampliación del geosintético en el diseño de la estructura del pavimento rígido de la urbanización Covica - El Tambo 2020"

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a)..... **SUNELINO DE LA PEÑA GASPAR** .....

.....b) ..... **SAUL CHAVARRIA CCENCHO** .....

.....conducente a la obtención del título profesional de.....

.....**INGENIERO CIVIL**.....

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **SUNELINO DE LA PEÑA GASPAR** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>15</b>	<b>B-</b>	<b>Bueno</b>	Muy Bueno


Candidato (b): ..... **SAUL CHAVARRIA CCENCHO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>15</b>	<b>B-</b>	<b>Bueno</b>	Muy Bueno

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
 Presidente  
 Mg. Roberto  
 Roland Yoctun  
 Rios

  
 \_\_\_\_\_  
 Secretario  
 Mg. Leonel  
 Chahuares Paucar

\_\_\_\_\_  
 Asesor  
 Mg. Leopoldo  
 Choque Flores

\_\_\_\_\_  
 Miembro  
 Ing. Ferrer Canaza  
 Rojas

\_\_\_\_\_  
 Miembro

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (a)  
 Sunelino De La  
 Peña Gaspar

\_\_\_\_\_  
 Candidato/a (b)  
 Saul Chavarría  
 Ccencho

## APLICACIÓN DEL GEOSINTÉTICO EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA URBANIZACIÓN COVICA – EL TAMBO 2020

*Sunelino De la Peña Gaspar<sup>(1)</sup>, Saúl Chavarría Ccencho<sup>(2)</sup>,*

### RESUMEN

El presente artículo titulado “Aplicación del geosintético en el diseño de la estructura del pavimento rígido de la urbanización Covica – El Tambo”, se origina con la necesidad de determinar si el geosintético influye en el diseño de la estructura del pavimento rígido de la urbanización Covica – El Tambo, por ello se toma como objetivo: aplicar el geosintético en el diseño de la estructura del pavimento rígido de la Urbanización Covica – distrito de El Tambo, provincia de Huancayo y región Junín, Para el estudio se aplicó la investigación del tipo aplicada, de nivel cuantitativo, con un método correlacional y un diseño no experimental, considerando como población: los suelos de la urbanización Covica, distrito de El Tambo, provincia Huancayo, región Junín, con una muestra conformada por 02 calicatas que se realizaron 01 calicata en el Jr. Los Diamantes y 01 calicata en el Jr. Turquesa. Como conclusión se tiene que la aplicación del geosintético tipo geomalla B P-BX12 (30 KN/m) en el diseño del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo, únicamente redujo el espesor de la sub base, manteniéndose el mismo espesor para la losa de concreto.

**Palabras Claves:** Geosintéticos, Dimensionamiento, Pavimentos Rígidos, Sub Base, Losa de Concreto.

**Palabras clave:** intensidad sísmica; forma espectral; eficiencia; respuesta sísmica; marcos de acero

---

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, Perú. [linopg@upeu.edu.pe](mailto:linopg@upeu.edu.pe)

<sup>(2)</sup> Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima, Perú. [saulch@upeu.edu.pe](mailto:saulch@upeu.edu.pe)

## **APPLICATION OF THE GEOSYNTHETIC IN THE DESIGN OF THE STRUCTURE OF THE RIGID PAVEMENT OF THE COVICA URBANIZATION - EL TAMBO 2020**

### **ABSTRACT**

This article entitled "Application of the geosynthetic in the design of the rigid pavement structure of the Covica - El Tambo urbanization", originates from the need to determine if the geosynthetic influences the design of the rigid pavement structure of the Covica urbanization - El Tambo, therefore the objective is: to apply the geosynthetic in the design of the rigid pavement structure of the Covica Urbanization - El Tambo district, Huancayo province and Junín region, as a hypothesis was formulated: The application of geosynthetic in the design of the rigid pavement of the Covica - El Tambo Urbanization, reduces the thickness of its structure. For the study, applied research was applied, quantitative level, with a correlational method and a non-experimental design, considering as population: the soils of the Covica urbanization, El Tambo district, Huancayo province, Junín region, with a sample made up of 02 pits that were made, 01 pits in the Jr. Los Diamantes and 01 pits in the Jr. Turquesa. As a conclusion it can be seen that the application of the geosynthetic type geogrid B P-BX12 (30 KN / m) in the design of the rigid pavement of the Covica Urbanization - El Tambo, only reduced the thickness of the sub-base, maintaining the same thickness for the concrete slab.

**Key Words:** Geosynthetics, Dimensioning, Rigid Pavements, Sub Base, Concrete Slab.

### **INTRODUCCIÓN**

La definición teórica general de geosintéticos se refiere a un producto en el que, al menos un componente está hecho de polímeros sintéticos o naturales; De manera similar, de acuerdo con la norma ASTM D 4439, los geosintéticos se definen como "un producto plano hecho de materiales poliméricos que se puede utilizar con suelo, roca, lodo o cualquier otro material geotécnico como parte de un proyecto, estructura o sistema, hecho por el hombre" (Leiva & Loría, 2012). De acuerdo Norambuena (2009) la composición, los geosintéticos como cuerpo polimérico son más o menos capaces a los cambios de temperatura, y su desempeño puede cambiar en función de la temperatura de contacto, por lo que es importante estudiar su comportamiento térmico desde la perspectiva del uso reconstructor de pavimentos. En otras palabras, el material geosintético se fabrica en forma de fieltro, manto, lámina o estructura tridimensional, y está en relación con el suelo u otros materiales en aplicaciones de ingeniería civil. (Norambuena, et al, 2009).

Estos materiales se utilizan en la construcción de carreteras, principalmente para su trabajo de separación y refuerzo. En general, la mejora del refuerzo produce un mejor comportamiento de la carretera, reduce el espesor o aumenta el tráfico (Leiva & Loría, 2012). Como resultado, el último uso es para el diseño de pavimentos ha aumentado el uso de productos geosintéticos en todo el mundo desde la década de 1970 hasta el presente, mejorando significativamente la presencia de suelos aluviales blandos y arcilla con diferente ductilidad (Orrego C, 2014). Los materiales geosintéticos se han utilizado durante mucho tiempo para mejorar el pavimento y el asfalto nuevos, como reflectores para reflejos de grietas (Delbono et. al, 2017).

El método para hacer que estos productos funcionen en la parte de la capa media es verter una capa de mezcla bituminosa calentada sobre el geosintético espumado a temperaturas entre 135 y 165 ° C. (Norambuena, et al, 2009), o en otros casos, no se introducen geosintéticos entre las capas de la calzada para proporcionar una mejor adherencia, sino para evitar o reducir las grietas reflectantes. Un fenómeno que ocurre durante la rehabilitación de carreteras, que extiende las grietas existentes en carreteras deterioradas en capas recién reforzadas debido a las cargas de tráfico y el mal tiempo.

La principal ventaja del refuerzo de lecho de vía geosintético es que prolonga la vida útil de la calzada o utiliza secciones estructurales reducidas para proporcionar un rendimiento comparable, dado que el mecanismo de refuerzo aún no se comprende completamente y los beneficios que brinda el material deben

considerarse en relación al producto y las condiciones, se recomienda utilizar las especificaciones de la lista de productos aceptados, la equivalencia debe estar determinada por el comportamiento y por los atributos métricos de productos individuales. (Geosynthetic Materials Association, 2000).

A lo largo de la historia, se han realizado una serie de experimentos de diseño para considerar la incorporación de este material en las estructuras de los pisos, estos esfuerzos tienen como objetivo introducir un comportamiento mecánico cuando los geosintéticos se colocan en la interfaz de las subcapas granulares y, más últimamente, en las subcapas. Por lo tanto, es necesario estudiar los fundamentos de esas teorías, mejorarlas y así abordar las condiciones reales para modelar el proyecto (Leiva & Loría, 2012).

Es importante señalar que teóricamente se determina la existencia de un efecto membrana, que se produce por deformación del pavimento bajo carga y tensión geosintética a modo de membrana. Es el componente vertical de esta restricción. (Leiva & Loría, 2012).

Castellanos (Castellanos Guerrero & Chaves Pabón, 2020) menciona que “al diseñar un revestimiento de suelo, es importante tener en cuenta los parámetros y comprender cómo evitar este fenómeno y aumentar la durabilidad”, con el tiempo, la mezcla asfáltica que forma el pavimento cambia su estructura física y química debido a una variedad de factores externos e internos que dañan la vía y afectan la superficie de la misma.

En nuestro entorno no se dispone de pavimento moderno, por lo que el costo de utilizar materiales tradicionales es superior, por la presencia de subsuelo, subsuelo de mala calidad, o simplemente por falta de disponibilidad, se paraliza la obra de infraestructura vial. La eliminación de material granular necesario para obtener el espesor adecuado de los depósitos del subsuelo, permite que los equipos geosintéticos, incluidas las geomallas, hagan un uso más eficiente de los recursos de diseño de carreteras. (Velásquez L, 2010).

Actualmente nuevos geosintéticos se han desarrollado en busca de mejorar las propiedades deseadas en cuanto a la adherencia y el reflejo de fisura (Delbono et. al, 2017); Para resolver este problema, los geosintéticos han surgido como una alternativa a los materiales granulares tradicionales con el objetivo de facilitar la disipación de la presión de poro residual, la redundancia creada por eventos de intrusión repetidos, etc.(Martínez et. al, 2019), Asimismo, los revestimientos para suelos presentan cambios reológicos y químicos durante su ciclo de vida, principalmente debido al envejecimiento a largo plazo. Además de este fenómeno, la composición de la mezcla asfáltica puede afectar la probabilidad de aparición de grietas, surcos, hoyos, baches y otros obstáculos. Esto generalmente se debe a variables externas (radiación solar, temperatura, humedad) y variables internas. (Materiales, aglutinantes, aditivos) (Castellanos Guerrero & Chaves Pabón, 2020).

Los materiales geosintéticos, incluidas las geomallas, le permiten utilizar los recursos de su proyecto de manera más eficiente, esto se puede incrementar mediante una comprensión clara de cómo funcionan los materiales y los beneficios que aportan en determinadas situaciones. La colocación de una geomalla de polímero biaxial entre las capas estructurales de la carretera (pavimentada o no) mejora el módulo de elasticidad del material granular, mejora la capacidad portante, mejora el suelo y la tensión transmitida al suelo. Hay una gran ventaja porque reduce. (Velásquez L, 2010).

A lo largo de los años, ha habido muchos éxitos con el uso de estos materiales geosintéticos (Martínez et. al, 2019) Por tanto, una ventaja importante es la optimización de los recursos técnicos, económicos y medioambientales, independientemente del tipo de pavimento producido. (Ospina-García et al., 2020)

## **OBJETIVO**

La presente investigación tiene entonces la finalidad de aplicar el geosintético en el diseño de la estructura del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo 2020.

## **METODOLOGIA**

En este estudio, se utilizó un enfoque de investigación cuantitativa, dado que para este enfoque el probar hipótesis basadas en medidas numéricas y análisis estadístico utilizando la adquisición de datos para construir modelos de comportamiento y probar teorías. Asimismo, la investigación es de tipo aplicada, es decir, nos interesa más la aplicación inmediata del problema que el desarrollo de conocimientos de valor

universal; Al respecto (Borja, 2012) menciona que, que No puede manipular variables durante su estudio porque el plan de estudio no es experimental. Y finalmente, métodos de encuesta relevantes. La investigación de correlación tiene como objetivo determinar hasta qué punto existe una relación o asociación entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto particular. Si dos variables están relacionadas y se conoce la correlación, entonces conocer el valor de la variable independiente proporciona la base para predecir el valor aproximado de la situación representada por la variable dependiente. (Borja, 2012).

La población de estudio fueron los suelos de la urbanización Covica, distrito de El Tambo, provincia Huancayo, región Junín. Se aplicó el muestreo no probabilístico, por lo que la selección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de los propósitos del investigador. Las muestras se tomarán de las calicatas que se realizaron (02 calicatas): 01 calicata en el Jr. Los Diamantes y 01 calicata en el Jr. Turquesa. Cabe mencionar que la cantidad de calicatas se determinó de acuerdo a lo indicado por la Norma Técnica CE. 010-Pavimentos Urbanos, donde señala que para vías locales se realizó 01 una calicata cada 1800 m<sup>2</sup>.

Para la captura de datos e información se usó como técnicas: Bibliografía (libros digitales y libros físicos, manuales), tomados para registrar información existente para el desarrollo de la investigación; trabajos de Investigación (monografías, tesis, tesis de grado, artículos, tesinas, revistas, etc.); datos Obtenidos en el laboratorio (ensayos realizados), datos obtenidos bajo condiciones de laboratorio usando normativas existentes (MTC, 2017); expedientes técnicos de pavimentos, para recabar información en el diseño de la investigación.

Se utilizaron documentos de empresas especializadas en la fabricación de materiales geosintéticos (PAVCO, 2021) como fuente de asesoramiento para desarrollar la investigación, las propiedades realizadas, detalles, trabajos (testimonios de clientes) y de cada sistema, se han mostrado beneficios específicos. El método tradicional AASHTO93 (García, 2015) también se utiliza en el diseño de suelos. La aplicación de muestra se desarrolló con los siguientes pasos.

1. Se tomaron muestras del material de la sub-rasante y fueron enviadas al laboratorio para efectuar los siguientes ensayos: Análisis granulométrico, Límites de atterberg, Clasificación SUCS – AASTHO, Análisis proctor modificado, Capacidad de soporte – CBR,
2. Se calculó el número estructural del pavimento rígido según la metodología AASHTO-93 para la estructura inicial.
3. Se realizó el cálculo del nuevo espesor de las capas del pavimento rígido con refuerzo empleando el geosintético Biaxial Coextruida mediante el software Geosoft-Pavco.
4. Se realizó el análisis comparativo de los espesores de la estructura del pavimento rígido sin la utilización del geosintético Biaxial Coextruida (metodología AASHTO-93) y con la utilización del geosintético Biaxial Coextruida (software Geosoft-Pavco). (PAVCO, 2021)
5. Se realizó el análisis comparativo de los costos que incide la aplicación del geosintético en el diseño de la estructura del pavimento rígido sin la utilización del geosintético Biaxial Coextruida (metodología AASHTO-93) y con la utilización del geosintético Biaxial Coextruida (software Geosoft-Pavco) (PAVCO, 2021)

## RESULTADOS

### Resultados Técnicos de Ingeniería

#### Dimensionamiento del pavimento rígido – método tradicional

**Parámetros de diseño:** Para el cálculo del paquete estructural del pavimento rígido, antes fue necesario determinar los siguientes parámetros:

- a) **Capacidad de soporte de la sub rasante:** Se hicieron trabajos de campo y laboratorio para verificar las propiedades físicas y mecánicas del material base de un pavimento duro (tablero) con 02 fosos perforados (C1, Jr.). A una profundidad de 1,50 metros. (en la calle Los Diamantes y C2, Jr. Las Turquesas), se tomó una muestra de material de sustrato de cada pozo y se envió al laboratorio para la siguiente prueba.

**1.- Análisis granulométrico por tamizado:** Se ejecutó el respectivo ensayo de análisis granulométrico por tamizado en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación”. Del cuadro 01, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “Grava limoso” y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “Limo arcilloso de baja plasticidad”.

**Cuadro 1. Análisis granulométrico.**

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Clasificación
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	GM
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	CL-ML

Fuente: Laboratorio de Suelos.

**2.- Limite líquido (ASTM D-423) y limite plástico (ASTM D-424):** “Se realizó el respectivo ensayo de limite líquido y limite plástico en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación”.

**Cuadro 2. Resumen de limite líquido y plástico.**

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Clasificación	
				L. líquido	L. plástico
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	NP	NP
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	20.03	6.25

Fuente: Laboratorio de Suelos.

Del cuadro 02, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), según a la clasificación de los límites de atterberg no presenta limite liquido ni limite plástico y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), según a la clasificación de los límites de atterberg, presenta limite liquido de 20.03 y limite plástico 6.25.

**3.- Contenido de humedad natural (ASTM D-2216):** “Se realizó el respectivo ensayo de contenido de humedad natural en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación.

**Cuadro 3. Resumen de contenido de humedad.**

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Humedad (%)
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	NP
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	8.6 %

Fuente: Laboratorio de Suelos.”

Del cuadro 03, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), no presenta humedad natural y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta 8.6% de humedad natural.

**4.- Clasificación de suelos por el método SUCS y por el método AASTHO:** “Teniendo en cuenta los resultados del laboratorio, se resumen la clasificación de suelos.

**Cuadro 4. Resumen de Sucs y Aastho.**

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Clasificación	
				SUCS	AASTHO
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	GM	A-4(0)
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	CL-ML	A-4(2)

Fuente: Laboratorio de Suelos.

Del cuadro 04, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “Grava limoso” y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “Limo arcilloso de baja plasticidad”, ambas clasificaciones son ratificadas por la clasificación AASTHO.

**5.- Ensayo de densidad de campo (ASTM D-1556):** “Se realizó el respectivo ensayo de proctor modificado en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación”.

**Cuadro 5. Resumen de Proctor modificado.**

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Proctor	
				MDS	OCH
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	2.034 gr/cm <sup>3</sup>	8.40 %
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	1.981 gr/cm <sup>3</sup>	9.70 %



Fuente: Laboratorio de Suelos.

Del cuadro 05, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), presenta una máxima densidad seca de 2.034 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad de 8.40% y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta una máxima densidad seca de 1.981 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad de 9.70%.

**6.- Ensayo de Proctor modificado (ASTM D-1557):** “Se hizo el respectivo ensayo de CBR en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación.

Cuadro 6. Resumen de CBR.

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	CBR a 0.1”	
				100%	95%
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	35.10 %	29.40 %
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	19.40 %	15.20 %

Fuente: Laboratorio de Suelos.

Del cuadro 06, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), presenta un CBR al 100% de 35.10%, el CBR al 95% es de 29.40% y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta un CBR al 100% de 19.40%, el CBR al 95% es de 15.20%.

Cuadro 7. Resumen de 6Proctor modificado.

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	Proctor	
				MDS	OCH
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	2.034 gr/cm <sup>3</sup>	8.40 %
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	1.981 gr/cm <sup>3</sup>	9.70 %

Fuente: Laboratorio de Suelos.

**7.- California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883):** “Se hizo el respectivo ensayo de CBR en el laboratorio, cuyos datos obtenidos se muestran a continuación”.

Cuadro 8. Resumen de CBR.

Ítem	Progresiva	Calicata	Muestra	CBR a 0.1”	
				100%	95%
01	C-1, Jr. Los Diamantes	C-1	M-1	35.10 %	29.40 %
02	C-2, Jr. Las Turquesas	C-2	M-1	19.40 %	15.20 %

Fuente: Laboratorio de Suelos.

Del cuadro 08, se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), presenta un CBR al 100% de 35.10%, el CBR al 95% es de 29.40% y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta un CBR al 100% de 19.40%, el CBR al 95% es de 15.20%. De los ensayos realizados se han obtenido los siguientes resultados que se detallan en el cuadro N°07.

Cuadro 9. Resultados de Ensayos de Laboratorio.

N°	JIRÓN	CALICATA		LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	PROCTOR		CBR	
		MUESTRA	H						OCH	MDS	100% MDS	95% MDS
01	Los Diamantes	M-1	1.50	N.P.	N.P.	0.00	GM	A-4(0)	8.40 %	2.034 gr/cm <sup>3</sup>	35.10 %	29.40 %
02	Las Turquesas	M-1	1.50	20.03	13.78	6.25	CL-ML	A-4(2)	9.70 %	1.981 gr/cm <sup>3</sup>	19.40 %	15.20 %

Fuente: Laboratorio de Suelos.

Como se observa en el cuadro N°09, se tuvieron que realizar los siguientes ensayos: análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y por último ensayo de compactación (proctor modificado) y finalmente ensayo de CBR para el respectivo diseño de pavimentos. Se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “Grava limoso” y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), según a la clasificación SUCS el tipo de suelo es “limo arcilloso de baja plasticidad”, ambas clasificaciones son ratificadas por la clasificación AASHTO. Se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), no presenta humedad natural y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta 8.6% de humedad natural. Se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1),

según a la clasificación de los límites de atterberg no presenta límite líquido ni límite plástico y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), según a la clasificación de los límites de atterberg, presenta límite líquido de 20.03 y límite plástico 6.25. Se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), presenta una máxima densidad seca de 2.034 gr/cm<sup>3</sup>, óptimo contenido de humedad de 8.40% y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta una máxima densidad seca de 1.981 gr/cm<sup>3</sup>, óptimo contenido de humedad de 9.70%. Se indica que la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 01 (C-1), presenta un CBR al 100% de 35.10%, el CBR al 95% es de 29.40% y la muestra 01 (M-1) correspondiente a la calicata 02 (C-2), presenta un CBR al 100% de 19.40%, el CBR al 95% es de 15.20%.

- b) **Módulo de Resiliencia:** De los valores de CBR de subrasante encontrados, estos se utilizaron en el cálculo de los módulos de resiliencia de acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2017), utilizando la siguiente ecuación:

$$"MR = 2,555 * CBR^{0.64}$$

““Los valores de módulo de resiliencia son una medida de las propiedades elásticas del suelo los cuales nos ayudaran al cálculo del número estructural (UMSS, 2004), este valor esta expresado en PSI ya que se encuentra en el sistema de Unidades internacional de modo a que la calidad de la subrasante se clasifica en función del CBR ya no se hace otra clasificación en función del módulo de resiliencia (MR).”

- c) **Estudio de tráfico:** El valor del tráfico adoptado para el presente diseño (por el área a intervenir) es netamente urbano y dada la población beneficiaria el tráfico a considerar es un TP3 (García, 2015), considerándose un NrepEE = 74,642.10 ejes equivalentes.

- d) **Confiabilidad y parámetros estadísticos:** “Esta parte se considera los niveles de control de calidad de los procesos y calidad de los agentes actuantes e interactuantes de la estructura (García, 2015), es decir, se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento pueda llegar al final de su período de diseño en buenas condiciones (MTC, 2017).”

El Manual de Carreteras basado en la guía AASHTO 93 (García, 2015) indica un nivel de Confiabilidad para un tráfico TP3, R = 65%, para las características de nuestra vía en diseño. Por lo cual, el Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal será Zr = -0.385.

Por otro lado, la desviación estándar combinada So, que representa la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y otros factores como el proceso constructivo y medio ambiente, tomando el criterio del Manual de Carreteras consideramos So = 0.35.

- e) **Serviciabilidad APSI** (García, 2015): ““Estos valores son determinados de una manera empírica, es decir bajo un aprendizaje y conocimiento basado en la experiencia (Checkland, 2004) de los diversos diseñadores, por lo cual, con la finalidad de evitar controversias al momento de la evaluación del desempeño de la vía durante su período de diseño se emplearán relaciones en función al Índice Internacional de Rugosidad IRI, desarrollada por el Banco Mundial y sistematizada por el modelo de evaluación económica HDM de uso universal para el estudio de los proyectos y la gestión vial. (Rodríguez et. al, 2019)”

- **Serviciabilidad Inicial Pi**, Es la condición de una vía recién construida, de acuerdo al Manual de Carreteras (UMSS, 2004) el valor recomendado para nuestra vía es Pi = 4.10.

- **Serviciabilidad Final Pt**, Es la condición de la vía que ha alcanzado algún tipo de rehabilitación o reconstrucción y cuyo valor sugerido por el Manual de Carreteras (UMSS, 2004) es de Pt = 2.0.

- f) **Cálculo del Número Estructural (SN):** Con los valores desarrollados en los párrafos anteriores, se obtiene el número estructural (SN) para cada uno de los jirones de la vía en estudio mostradas en la siguiente tabla, para el cálculo respectivo del número estructural se utilizó de acuerdo a (Oscar V., 2006) la siguiente ecuación, obteniendo como resultados los mostrados en el cuadro 04.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D+1)^{8.47}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log_{10} \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.03 J \left( D^{0.75} - \frac{18.42}{\left( \frac{Ec}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right]$$

**Cuadro 10. Número estructural para cada Jirón en estudio.**

Nº	JIRÓN	CBR	MR	W18	R	So	Po	Pt	SN (Pulg.)	SN (cms)
01	Los Diamantes	29.40 gr/cm <sup>3</sup>	22,239.92	74,642.10	65%	0.35	4.10	2.00	8.0 pulg	20 cm
02	Las Turquesas	15.20 gr/cm <sup>3</sup>	14,580.45	74,642.10	65%	0.35	4.10	2.00	8.0 pulg.	20 cm

Fuente: Elaboración Propia.

### Dimensionamiento del pavimento rígido – método con geomalla

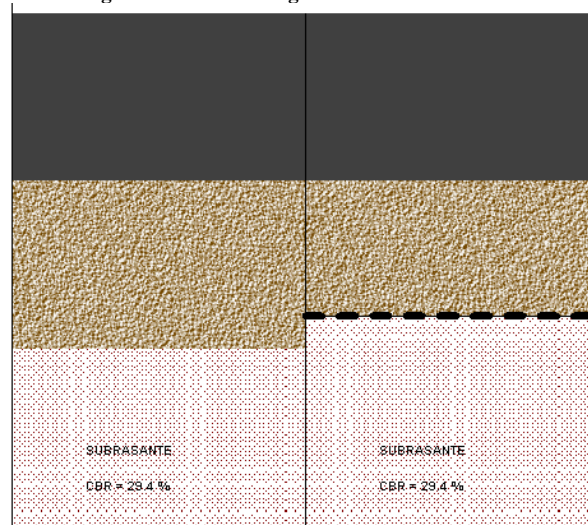
Diseño del pavimento rígido con el uso de geomallas tipo B P-BX 3030 (30kN/m) con el programa GEOSOF PAVCO. (PAVCO, 2021).

**Cuadro 11. Dimensionamiento de espesores del pavimento rígido – método con geomalla – Jr. Los Diamantes.**

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reducción Espesor [cm]
Pavimento Rígido	20.0 cm	20.0 cm	0.0 cm
Sub base	20.0 cm	16.0 cm	4.0 cm

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 1. Pavimento rígido del Jr. Los Diamantes.**



Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 11, el dimensionamiento del espesor del pavimento en estudio (Jirón Los Diamantes), sin la inclusión de la geomalla resulta 20 cm para la sub base y para el pavimento (concreto) y el resultado del dimensionamiento con la inclusión de la geomalla resulta 16 cm para la sub base y 20 cm para el pavimento (concreto), lo cual se evidencia que la geomalla influye en el espesor de la sub base dimensionada.

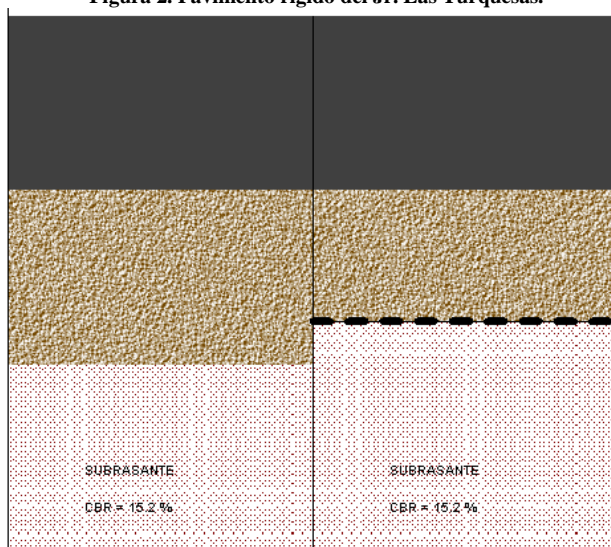
**Cuadro12. Dimensionamiento de espesores del pavimento rígido – método con geomalla – Jr. Las Turquesas.**

Tipo de Capa	Espesor Inicial [cm]	Espesor Nuevo [cm]	Reducción Espesor [cm]
Pavimento Rígido	20.0 cm	20.0 cm	0.0 cm
Sub base	20.0 cm	15.0 cm	5.0 cm

Fuente: Elaboración Propia.

Del cuadro 12, el dimensionamiento del espesor del pavimento en estudio (Jirón Las Turquesas), sin la inclusión de la geomalla resulta 20 cm para la sub base y para el pavimento (concreto) y el resultado del dimensionamiento con la inclusión de la geomalla resulta 15 cm para la sub base y 20 cm para el pavimento (concreto), lo cual se evidencia que la geomalla influye en el espesor de la sub base dimensionada.

Figura 2. Pavimento rígido del Jr. Las Turquesas.



Fuente: Elaboración propia.

detalle del diseño del pavimento rígido con geomallas tipo B P-BX 3030 (30kN/m), se muestra en el anexo correspondiente (ver anexo 05).

### Comparativo del dimensionamiento de espesores de las capas del pavimento rígido - ambos métodos

En el cuadro N°13 se puede apreciar la disminución de los espesores de las capas del pavimento rígido (sub base), el cual fue diseñado mediante el método tradicional y el método con geomalla:

Cuadro 13. Dimensionamiento de Espesores del Pavimento Flexible – Método Tradicional y con Geomalla.

N°	Jirón	Espesores de las Capas del Pavimento Rígido sin Geomalla		Espesores de las Capas del Pavimento Rígido con Geomalla	
		Losa (cm)	Sub Base (cm)	Losa (cm)	Sub Base (cm)
01	Los Diamantes	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm	16.00 cm
02	Las Turquesas	20.00 cm	20.00 cm	20.00 cm	15.00 cm

Fuente: Elaboración Propia.

### Costos de incidencia del uso del geosintético

A continuación, presentamos el costo del pavimento por el método tradicional a partir de la sección típica detallada a continuación:

Cuadro 14. Costo del pavimento rígido sin la utilización de la geomalla.

Jirón	Costo Unitario (S/. * m3)		Metrado (m3)		Costo (S/.)	
	Losa	Sub base	Losa	Sub base	Losa	Sub base
Los Diamantes	S/ 359.02	S/ 50.00	331.96 m3	331.96 m3	S/ 119,180.28	S/ 16,598.00
Las Turquesas						

<b>TOTAL</b>	<b>S/ 409.02</b>	<b>331.96 m3</b>	<b>331.96 m3</b>	<b>S/ 135,778.28</b>
--------------	------------------	------------------	------------------	----------------------

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, presentamos el costo del pavimento utilizando geomalla el cual se detalla a continuación:

**Cuadro15. Costo del pavimento rígido con la utilización de la geomalla.**

Jirón	Costo Unitario (S/. * m3)		Metrado (m3)		Costo (S/.)	
	Losa	Sub base	Losa	Sub base	Losa	Sub base
Los Diamantes	S/ 359.02	S/ 53.95	331.96 m3	248.97 m3	S/ 119,180.28	S/ 13,431.93
Las Turquesas						
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 409.02</b>		<b>331.96 m3</b>	<b>248.97 m3</b>	<b>S/ 132,612.21</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

### Interpretación de los resultados obtenidos

Con los resultados obtenidos, se procede a realizar una evaluación técnica y económica de las secciones resultantes con el fin de evaluar si el dimensionamiento de los espesores con geomallas es conveniente desde ambos puntos de vista.

### Comparación técnica

En esta etapa se compara el dimensionamiento de los espesores diseñados con y sin la inclusión de la geomalla.

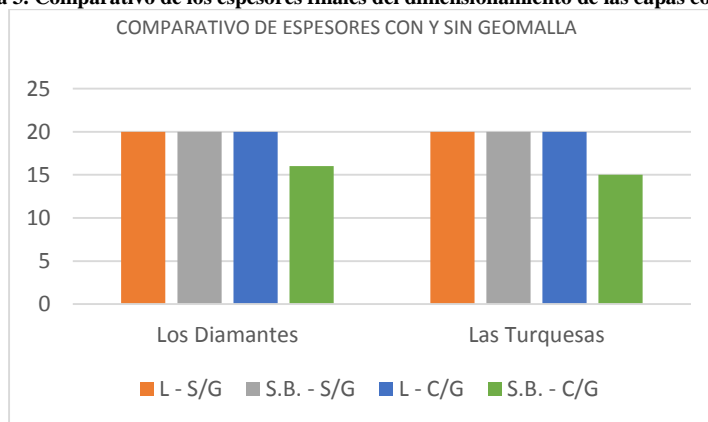
**Cuadro16. Espesores Obtenidos para cada caso de Diseño.**

Jirones		Los Diamantes	Las Turquesas
Diseño sin Geomalla	Losa	20.0 cm	20.0 cm
	Sub Base	20.0 cm	20.0 cm
Diseño con Geomalla	Losa	20.0 cm	20.0 cm
	Sub Base	16.0 cm	15.0 cm
Diferencia de Espesores	Losa	0.0 cm	0.0 cm
	Sub Base	4.0 cm	5.0 cm

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro N°16 apreciamos los espesores finales para cada caso de diseño, en donde encontramos una reducción en los espesores de la sub base entre 4 a 5 cm en cada caso.

**Figura 3. Comparativo de los espesores finales del dimensionamiento de las capas con y sin geomalla.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N°03, podemos apreciar los espesores iniciales y finales de la losa y sub base en los distintos casos de diseño, donde encontramos una reducción significativa en la alternativa de diseño empleando geomallas frente a la propuesta inicial (método tradicional).

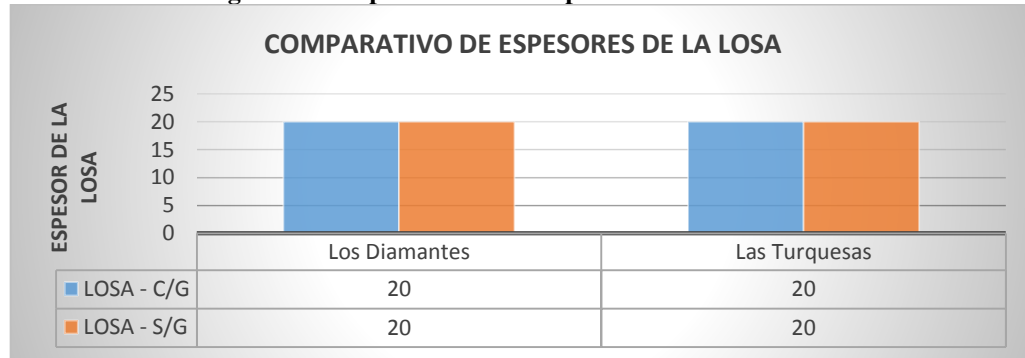
**Cuadro 17. Comparativo de espesores de la losa – método tradicional vs método con geomalla.**

N°	Jirón	Espesores de la Losa sin Geomalla	Espesores de la Losa con Geomalla	Diferencia de Espesor de la Losa
01	Los Diamantes	20.00 cm	20.00 cm	0.00 cm
02	Las Turquesas	20.00 cm	20.00 cm	0.00 cm

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro N°17 apreciamos los espesores finales de la losa del pavimento rígido para cada caso de diseño, en donde encontramos que el dimensionamiento del espesor de la losa con la inclusión de la geomalla Tipo B P-B12 (30 KN/m), no se ve afectada con respecto al dimensionamiento por el método tradicional (sin geomalla).

**Figura 4. Comparativo de los espesores de la losa.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N°04, podemos apreciar los comparativos de los espesores de la losa del pavimento rígido en los distintos casos de diseños, donde encontramos espesores de 20 cm en el diseño empleando geomallas y el diseño tradicional.

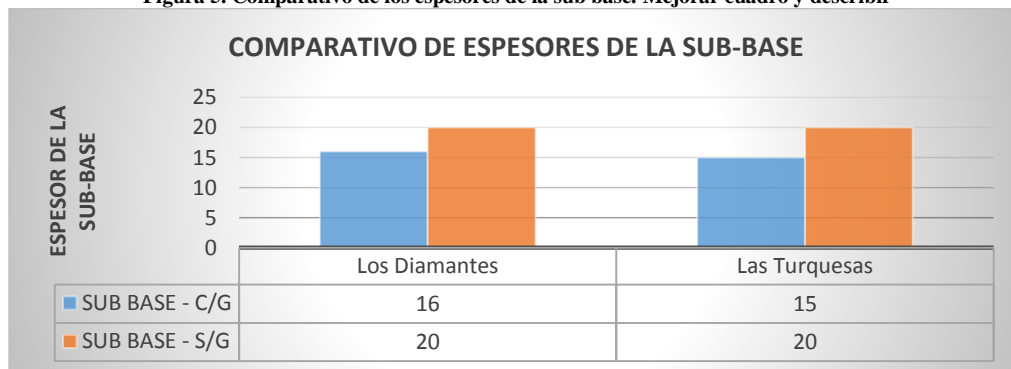
**Cuadro 18. Comparativo de espesores de la sub base – método tradicional vs método con geomalla.**

N°	Jirón	Espesores de la sub base sin Geomalla	Espesores de la sub base con Geomalla	Diferencia de Espesor de la sub base
01	Los Diamantes	20.00 cm	16.00 cm	4.00 cm
02	Las Turquesas	20.00 cm	15.00 cm	5.00 cm

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro N°18 apreciamos los espesores finales de la sub base para cada caso de diseño, en donde encontramos espesores de 16 y 15 cm en el diseño empleando geomallas y el de 20 cm en diseño tradicional, por lo que se logra disminuir el espesor entre 4 y 5 cm.

**Figura 5. Comparativo de los espesores de la sub base. Mejorar cuadro y describir**



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura N°05, podemos apreciar los comparativos de los espesores de la sub-base en los distintos casos de diseños, donde encontramos espesores de 16 y 15 cm en el diseño empleando geomallas y el de 20 cm en diseño tradicional, por lo que se logra disminuir el espesor entre 4 y 5 cm.

### 6.1.1. Comparación económica

La evaluación económica se realiza tomando en cuenta, por un lado, los precios unitarios involucrados en las dos alternativas planteadas (Becerra, 2013) (con y sin geomalla).

**Cuadro 19. Costo del pavimento rígido sin la utilización de la geomalla.**

Jirón	Costo Unitario (S/. * m3)		Metrado (m3)		Costo (S/.)	
	Losa	Sub base	Losa	Sub base	Losa	Sub base
Los Diamantes	S/ 359.02	S/ 50.00	331.96 m3	331.96 m3	S/ 119,180.28	S/ 16,598.00
Las Turquesas						
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 409.02</b>		<b>331.96 m3</b>	<b>331.96 m3</b>	<b>S/ 135,778.28</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 20. Costo del pavimento rígido con la utilización de la geomalla.**

Jirón	Costo Unitario (S/. * m3)		Metrado (m3)		Costo (S/.)	
	Losa	Sub base	Losa	Sub base	Losa	Sub base
Los Diamantes	S/ 359.02	S/ 53.95	331.96 m3	248.97 m3	S/ 119,180.28	S/ 13,431.93
Las Turquesas						
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 409.02</b>		<b>331.96 m3</b>	<b>248.97 m3</b>	<b>S/ 132,612.21</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

De los cuadros N°19 y 20, se pueden apreciar los costos que significa la construcción del pavimento rígido con y sin la inclusión de la geomalla tipo B P-BX12 (30 KN/m), para el caso del pavimento rígido (losa de concreto y sub base) para un metrado de 331.96 m<sup>3</sup> (losa de concreto y material de sub base e=20 cm) tiene un costo total de S/ 135,778.28 (Ciento Treinta y Cinco Mil Setecientos Setenta y Ocho con 28/100 soles), para un metrado de 331.96 m<sup>3</sup> (losa de concreto) y 248.97 m<sup>3</sup> (material de sub base e=15 cm) con la inclusión de la geomalla tipo B P-BX12 (30 KN/m), tiene un costo total de S/ 132,612.21 (Ciento Treinta Dos Mil Seiscientos Doce con 21/100 soles), por lo que el pavimento rígido con la inclusión de la geomalla tiene un costo inferior de S/ 3,166.07 (Tres Mil Ciento Sesenta y Seis con 07/100 soles). Este enunciado guarda relación guarda relación con la conclusión de Coronel Tenorio, R. y Hoyos Estela, O. (2019). Aplicación de geosintéticos en el diseño del tramo Km 00+000 al Km 05+000 de la carretera Santa Rosa – Puerto Churo ubicado en el distrito de Pión provincia de Chota departamento de Cajamarca. Donde indican que del análisis de costos se determinó que la geomalla triaxial TX 140 es la más apropiada para este proyecto, ya que brinda un mejor comportamiento estructural, permitiendo una disminución de espesores que se traduce en un ahorro económico del 22.74% y 15.71% en los tramos I y III respectivamente, por lo que se deduce que su aplicación en la carretera Santa Rosa – Puerto churo, es técnica y económicamente viable.

## CONCLUSIONES

Con la aplicación del geosintético tipo geomalla B P-BX12 (30 KN/m) en el diseño del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo 2020, únicamente redujo el espesor de la sub base, manteniéndose el mismo espesor para la losa de concreto.

Con la aplicación del geosintético tipo geomalla B P-BX12 (30 KN/m) en el diseño del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo 2020, se redujo el espesor de la sub base, de los resultados mostrados el espesor calculado mediante el método tradicional fue de 20 cm y mediante el método con geomalla fue de 16 y 15 cm, por lo que se tuvo una reducción de 4 y 5cm de espesor en los Jirones Los Diamantes y Las Turquesa respectivamente.

La aplicación del geosintético tipo geomalla B P-BX12 (30 KN/m) en el diseño del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo 2020, no redujo el espesor de la losa de concreto, de los resultados mostrados el espesor calculado mediante el método tradicional y método con geomalla fue de 20 cm en ambos casos para los Jirones Los Diamantes y Las Turquesas.

Económicamente el uso del geosintético tipo geomalla B P-BX12 (30 KN/m) incidió favorablemente en el diseño del pavimento rígido de la Urbanización Covica – El Tambo 2020, en cuanto para el caso del pavimento rígido (losa de concreto y sub base) para un metrado de 331.96 m<sup>3</sup> (losa de concreto y material de sub base e=20 cm) tiene un costo total de S/ 135,778.28 (Ciento Treinta y Cinco Mil Setecientos Setenta y Ocho con 28/100 soles), para un metrado de 331.96 m<sup>3</sup> (losa de concreto) y 248.97 m<sup>3</sup> (material de sub base e=15 cm) con la inclusión de la geomalla tipo B P-BX12 (30 KN/m), tiene un costo total de S/ 132,612.21 (Ciento Treinta Dos Mil Seiscientos Doce con 21/100 soles), por lo que el pavimento rígido con la inclusión de la geomalla tiene un costo inferior de S/ 3,166.07 (Tres Mil Ciento Sesenta y Seis con 07/100 soles).

## REFERENCIAS

- Norambuena-Contreras, et. al. 2009. *Análisis Térmico de Geosintéticos utilizados en la rehabilitación de Pavimentos*.pdf. (n.d.).
- Leiva Padilla, et. al. 2012. *Metodología de diseño tradicional de pavimentos reforzados con geosintéticos* (1).pdf. (n.d.).
- Delbono, et. al. 2017. *Estudio de la adherencia entre capa de pavimentos, interponiendo geosintéticos*.pdf. (n.d.).
- Guzmán-Martínez, et. al. 2019. *Análisis Proceso de Infiltración en Suelos Reforzados con Geosintéticos*.pdf. (n.d.).
- Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). *Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental*. Revisión del estado de conocimiento. In *Revista vínculos* (Vol. 17, Issue 1, pp. 7–23). <https://doi.org/10.14483/2322939x.16227>
- Ospina-García, M. Á., Chaves-Pabón, S. B., & Jiménez-Sicachá, L. M. (2020). *Mejoramiento de subrasantes de tipo arcilloso mediante la adición de escoria de acero*. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 11(1), 185–196. <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>
- K. Terzaghi, 1943. *Theoretical soil mechanics*, vol. 18. Wiley Online Library.
- Bouazza, J. G. Zornberg, J. S. McCartney, and H. Nahlawi, 2006. “Significance of unsaturated behaviour of geotextiles in earthen structures” *Aust. Geomech.*, vol. 41, no. 3, pp. 133–142.
- J. G. Zornberg, A. Bouazza, and J. S. McCartney, 2010. “Geosynthetic capillary barriers: current state of knowledge,” *Geosynth. Int.*, vol. 17, no. 5, pp. 273–300.
- I. R. Clough and W. J. French, 1982. “Laboratory and field work relating to the use of geotextiles in arid regions,” in *Proceedings of the 2nd International Conference on Geotextiles*, Las Vegas, Nev, pp. 1–6.
- G. N. Richardson, 1997. “Fundamental mistakes in slope design” *Geotech. Fabr. Rep.*, vol. 15, no. 2, pp. 15–17.
- C. P. K. Gallage, T. Uchimura, and E. F. Garcia, 2007. “Function of permeable geosynthetics in unsaturated embankments subjected to rainfall infiltration,” *Geosynth. Int.*, vol. 14, no. 2, pp. 89–99.
- R. J. Bathurst, G. Siemens, and A. F. Ho, 2009. “Experimental investigation of infiltration ponding in one-dimensional sand–geotextile columns,” *Geosynth. Int.*, vol. 16, no. 3, pp. 158–172.
- J. N. Thuo, K. H. Yang, and C. C. Huang, 2015. “Infiltration into unsaturated reinforced slopes with nonwoven geotextile drains sandwiched in sand layers,” *Geosynth. Int.*, vol. 22, no. 6, pp. 457–474.
- A. Jana, and A. Dey, 2016. “Effectiveness of Geotextile in Reinforced Soil Walls Backfilled With Effectiveness of Geotextile in Reinforced Soil Walls Backfilled”, no. November, pp. 8–11.
- F. Oka, S. Kimoto, N. Takada, and Y. Higo, 2009. “A multiphase elastoviscoplastic analysis of an unsaturated river embankment associated with seepage flow,” in *Proceedings of the International Symposium on Prediction and Simulation Methods for Geohazard Mitigation*. Kyoto, Japan, pp. 127–132.
- A. Jana and A. Dey, 2016. “Effectiveness of geotextile in reinforced soil walls backfilled with fine soil,” no. November, pp. 8–11.
- C. Jommi, 2000. “Remarks on the constitutive modelling of unsaturated soils,” *Exp. Evid. Theor. approaches unsaturated soils*, pp. 139–153.
- M. T. Van Genuchten, 1980. “A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils,” *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 44, no. 5, pp. 892–898.
- L. M. Mendiola and L. Guadalupe, 2010. “Aplicación de modelos matemáticos para la obtención de la curva de retención de humedad del suelo,” *Rev. Latinoam. Recur. Nat.*



- E. Garcia, F. Oka, and S. Kimoto, 2011. “*Numerical analysis of a onedimensional infiltration problem in unsaturated soil by a seepage– deformation coupled method*,” *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.*, vol. 35, no. 5, pp. 544–568.
- S. Kimoto, F. Oka, and E. García, 2004. “*Numerical simulation of the rainfall infiltration on unsaturated soil slope considering a seepage flow*,” *Geotech. Eng.*, vol. 44, no. 3, pp. 1–13, 2013.
- J. G. Zornberg, M. M. Azevedo, and C. B. Pickles, 2016. “*Evaluation of the Development of Capillary Barriers at the Interface between Fine-Grained Soils and Nonwoven Geotextiles*,” *Geotech. Spec. Publ.*, vol. 2016–Janua, no. 275 GSP, pp. 15–17.
- Becerra, S. M. (2013). *Comparación técnicoeconómica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión*. Lima: Repositori PIRHUA.
- Checkland, P. B. (2004). *Metodología de Sistemas en Acción*. México: Limusa.
- García, M. A. (2015). *Diseño de pavimento asfáltico por el metodo AASHTO-93*. Granada - España: Universidad Militar Nueva Granada.
- MTC, M. d. (2017). *Manual de Suelos, Geología y Pavimentos*. Lima - Perú: Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.
- Oscar V., C. (2006). *AASHTO Design Procedures For New Pavements*. San Juan: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- PAVCO. (21 de Setiembre de 2021). *Geosoft® PAVCO*. Obtenido de <http://www.geosoftpavco.com/ques.html>
- Rodríguez et. al, Z. V. (2019). *Desarrollo de metodología para la medición de IRI (International Roughness Index)*. San Salvador: Universidad del El Salvador.
- UMSS, U. M. (2004). *Pavimentos*. Lima: Civilgeeks.com.