

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Alternativa técnico económica para pavimentación de caminos vecinales de bajo volumen de tránsito

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Juan Luis Guerra Chayña

Asesor:

Mg. Gerardo William Pari Quispe

Juliaca, junio de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

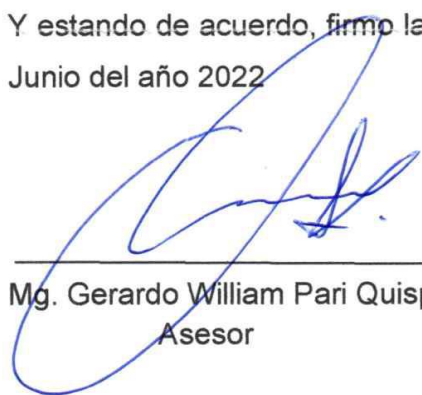
Gerardo William Pari Quispe, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

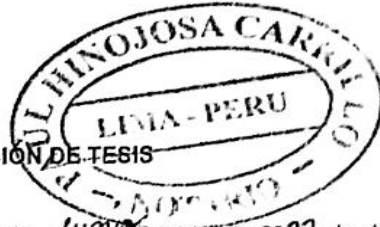
Que el presente informe de investigación titulado: “**Alternativa técnico económica para pavimentación de caminos vecinales de bajo volumen de tránsito**” constituye la memoria que presenta el Bachiller **Juan Luis Guerra Chayña** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha 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 Juliaca, a los 07 días del mes de Junio del año 2022



Mg. Gerardo William Pari Quispe
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a... 02 día(s) del mes de... junio del año 2022, siendo las... 15:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: *Ing. Herison Suberdy Pari Luis*, el secretario: *Ing. Puma Luzmeri Pompara Escosa* y los demás miembros: *Ing. Noises Araca Chile*

..... y el asesor *Ing. Gerardo William Pari*

Quipe con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: *Alternativa técnico económica para pavimentación de caminos rurales de bajo volumen de tránsito*

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) *Juan Luis Guerra Chayña* b)

..... conducente a la obtención del título profesional de *Ingeniero Civil* (Nombre del Título Profesional)

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): *Juan Luis Guerra Chayña*

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<i>Aprobado</i>	<i>15</i>	<i>B-</i>	<i>Bueno</i>	<i>Muy Bueno</i>

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) 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
 Asesor
 Candidato/a (a)

 Miembro

 Secretario
 _____ Miembro
 _____ Candidato/a (b)

Alternativa técnico económica para pavimentación de caminos vecinales de bajo volumen de tránsito

Guerra Chayña Juan Luis ^{a*}, Pari Quispe Gerardo William ^{b*}

^a EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

^bEP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

RESUMEN

El presente artículo surge por la falta de pavimentación en caminos vecinales de bajo tránsito, por los costos elevados que demandan los métodos convencionales de pavimentación, por lo que propone una estructura de pavimento full depth compuesta por una base estabilizada con emulsión asfáltica y un tratamiento superficial de micropavimento como carpeta de rodadura para este tipo de vías, realizando un análisis técnico económico de métodos convencionales de pavimentación y la propuesta de pavimentación full depth para caminos vecinales de bajo tránsito, en la cual se presentó un comportamiento óptimo en la base estabilizada en cuanto a la capacidad de soporte obtenida mediante ensayos de laboratorio y la deformación admisible evaluada, presentando además un costo relativamente bajo en comparación con métodos convencionales de pavimentación, pudiendo variar en el tratamiento superficial a aplicar, siendo el micropavimento más económico y duradero por sus propiedades.

Palabras Clave:

Análisis Técnico Económico, Pavimentos Convencionales, Pavimento Full Depth, Micropavimento

ABSTRACT

This article arises from the lack of paving on low-traffic neighborhood roads, due to the high costs demanded by conventional paving methods, which is why it proposes a full-depth pavement structure composed of a stabilized base with asphalt emulsion and a surface treatment. of micro-surfacing as a rolling layer for this type of road, carrying out a technical-economic analysis of conventional paving methods and the full-depth paving proposal for low-traffic local roads, in which an optimal behavior was presented in the stabilized base in terms of to the support capacity obtained through laboratory tests and the admissible deformation evaluated, also presenting a relatively low cost compared to conventional paving methods, being able to vary in the surface treatment to be applied, being the most economical and durable micro-surfacing due to its properties.

Keywords:

Economic Technical Analysis, Conventional Pavements, Full Depth Pavement, Micro-pavement

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la pavimentación de carreteras en el Perú se encuentra estandarizada en el uso de mezcla asfáltica en caliente como carpeta de rodadura por su uso común para vías de tránsito medio, pesado y muy pesado, siendo viable para este tipo de vías, pudiendo aplicarse también para vías de tránsito ligero, con un espesor mínimo de 5cm. (Moncayo V., 1987)

Sin embargo en los caminos vecinales no se aplica dicha pavimentación principalmente por el costo elevado que demanda la ejecución, además por la necesidad de tener una planta de fabricación de Mezcla Asfáltica en Caliente, y el procedimiento, que para este tipo de vías resulta excesivo, motivo por el cual se opta por métodos de mantenimiento correctivo, como el bacheo, perfilado o reposición de material granular constante, lo cual a su vez no garantiza un tiempo de vida útil óptimo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Por este motivo se plantea la aplicación de micropavimento en este tipo de vías, optando por el uso de emulsiones asfálticas, principalmente por la salud, seguridad, medio ambiente, costos y técnicas fáciles de aplicación en la ejecución. (Minaya Gonzáles & Ordóñez Huamán, 2006)

Así mediante la investigación realizada plasmada en el presente artículo se buscó determinar si la micro pavimentación con full depth de base estabilizada con emulsión asfáltica es la mejor alternativa técnica económica para la pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito.

2. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque de Investigación

Para la investigación se aplicó el enfoque cuantitativo, puesto que se realizó la recolección de datos para poder probar hipótesis, basándose en la medición numérica y aplicando un análisis estadístico para probar teorías y establecer patrones de comportamiento. (Sampieri, 2006)

2.2. Tipo de Investigación

Se aplicó la investigación experimental, ya que se sometió al full depth, cubierto con micropavimento a un análisis técnico económico para verificar si es una alternativa viable para su uso en la pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito (Arias, 2006)

2.3. Nivel de Investigación

Se buscó el porqué de los hechos mediante la relación causa – efecto mediante la incidencia que produce la elección del tipo de pavimentación para caminos vecinales de bajo tránsito en la solicitud técnica y económica, por lo que el nivel de investigación utilizado fue el explicativo. (Arias, 2006)

2.4. Diseño de la Investigación

Para la conformación del pavimento se asignó el material para que cumpla los requerimientos establecidos en el Manual Especificaciones Generales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú (E.G. 2013), y se buscó una alternativa apta para las condiciones del área de estudio y se comparó con los tipos de pavimentación convencional aplicados en este tipo de vías, no siendo estas seleccionadas al azar, por lo que se Aplicó el Diseño Cuasi – Experimental. (Arias, 2006)

2.5. Metodología de Muestreo

Se aplicó la metodología de muestreo no probabilística, puesto que la elección de camino vecinal a analizar se realizó de acuerdo a las características de la investigación. (Sampieri, 2006).

2.5.1. Población.

Camino Vecinales de la Provincia de San Román

2.5.2. Muestra.

Camino Vecinal PU-954, tramo Juliaca-Collana (3,47 km)

2.6. Instrumentos de Recolección de Datos

- Muestreo de Canteras: La toma de muestras para la conformación del material granular se realizó mediante un muestreo no probabilístico, puesto que para la elección de muestra se tomó en consideración la accesibilidad a la zona de estudio, guías y estudios aplicados en la zona, tales como el Manual E.G. del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para elegir el material que cumple para ser utilizado como material de base, se eligieron las canteras Taparachi e Isla de la Ciudad de Juliaca por su aplicación actual en las vías de la Provincia de San Román (Sampieri, 2006)
- Muestreo de Subrasante: Se realizó el muestreo del terreno natural de la zona de estudio.
- Ensayos de Laboratorio: Se realizaron para obtener características físicas y mecánicas del agregado utilizado (Granulometría, Ensayo de Abrasión de los ángeles, límites de consistencia, Proctor modificado, CBR), y las características del terreno del área de estudio (granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado, CBR)
- Ensayo Márshall Modificado: Se realizó para el Diseño de Mezcla Asfáltica para base asfáltica.
- Ensayo CBR con adición de emulsión Asfáltica Óptima: Se realizó para obtener la capacidad de soporte del contenido óptimo de emulsión asfáltica.
- Estudio de Tráfico: Se realizó para obtener el ESAL o Número de Ejes de 8.2 Toneladas de la zona de estudio en relación a la cantidad de vehículos que circulan por la

zona de estudio.

- Diseño estructural del Pavimento: En relación a los ensayos realizados se obtuvieron los datos necesarios para el diseño de pavimentos mediante el método del instituto de asfalto y el método AASHTO 93.
- Estudios de Presupuesto de Micropavimento y Full depth: En función al diseño estructural obtenido para el pavimento Full Depth se realizó el análisis de presupuesto y partidas a ejecutar para la alternativa 1 con micropavimento.
- Estudios de Presupuesto de Tratamiento Superficial y Full Depth: En función al diseño estructural obtenido para el pavimento Full Depth se realizó el análisis de presupuesto y partidas a ejecutar para la alternativa 2 con tratamiento Superficial.
- Estudios de Presupuesto de Pavimento Flexible: En función al diseño estructural obtenido para el pavimento Flexible se realizó el análisis de presupuesto y partidas a ejecutar para la alternativa 3.

3. RESULTADOS

3.1. Evaluación técnica

3.1.1. Combinación de Canteras para base estabilizada.

Se realizó la investigación, en la cual se verificó que los materiales de préstamo de las canteras no cumplían con los requisitos establecidos por la E.G. 2013, por lo que se recurrió a una combinación de agregados con materiales, que se tiene en la cantera de hormigón Isla y la cantera de material granular con ligante Taparachi., realizándose la mezcla mediante la teoría de mezclas, en la cual se obtuvo un porcentaje de mezcla de 50% de la Cantera Taparachi y 50% de la Cantera Isla, dando como resultado una gradación óptima según la E.G. 2013.

Para la combinación en laboratorio mediante la granulometría se determinó que el material obtenido se encuentra en la gradación A del Manual E.G. 2013, recomendado para zonas con climas mayores a los 3000 m.s.n.m.

En cuanto a la combinación de Canteras para su uso como material de Base se realizó la mezcla de las Canteras Taparachi e Isla, mediante el método granulométrico de la teoría de mezclas, teniendo como resultado una combinación de 50% de uso de la cantera Isla, y 50% de la Cantera Taparachi, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 1.*Granulometría combinación 50% cantera Taparachi 50% cantera Isla*

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	75,000						Peso inicial	: 3230	Grs
2 1/2"	63,000						Peso fracción	: 1258	Grs
2"	50,000				100,00	100 - 100	Grava	: 59,39	%
1 1/2"	37,500	131,00	4,06	4,06	95,94		Arena	: 32,01	%
1"	25,000	275,00	8,51	12,57	87,43		Fino	: 8,60	%
3/4"	19,000	173,00	5,36	17,93	82,07		W natural	: 4,89	%
1/2"	12,500	481,00	14,89	32,82	67,18		LIMITES DE CONSISTENCIA		
3/8"	9,500	288,00	8,92	41,74	58,26	30 - 65			
No.04	4,750	570,00	17,65	59,39	40,61	25 - 55	L.L.	: 20,49	%
No.10	2,000	529,00	16,38	75,77	24,23	15 - 40	L.P.	: 19,38	%
No.20	0,840	268,20	8,30	84,07	15,93		I.P.	: 1,11	%
No.40	0,425	178,80	5,54	89,61	10,39	8 - 20	CLASIFICACION		
No.100	0,150	53,00	1,64	91,25	8,75				
No.200	0,075	5,00	0,15	91,40	8,60	2 - 8	SUCS	: GP - GM	
>No.200	FONDO	278,00	8,60	100,0			AASHTO	: A - 1 - b(0)	

Nota: Fuente: Obtenido de ensayos de laboratorio**Tabla 2.***Límites de Consistencia combinación 50% cantera Taparachi 50% cantera Isla*

DESCRIPCIÓN		LIMITE LÍQUIDO			LIMITE PLÁSTICO		
01. N° DE GOLPES		36	24	16			
02. TARRO No.		18	19	21	7T	8T	
03. SUELO HUMEDO + TARRO	g	30,01	32,35	34,19	8,78	9,11	
04. SUELO SECO + TARRO	g	27,40	29,20	30,80	8,05	8,32	
05. PESO DEL AGUA	g	2,61	3,15	3,39	0,73	0,79	
06. PESO DEL TARRO	g	14,16	14,00	14,87	4,26	4,27	
07. PESO DEL SUELO SECO	g	13,24	15,20	15,93	3,79	4,05	
08. HUMEDAD	%	19,71	20,72	21,28	19,26	19,51	
L.L.=	20,49	%	L.P.=	19,38	%	I.P.=	1,11 %

Nota: Fuente: Obtenido de ensayos de laboratorio

Tabla 3.*Desgaste a la Abrasión combinación 50% cantera Taparachi 50% cantera Isla*

TAMAÑO DE MALLAS		MASA ORIGINAL (GRAMOS)	MASA FINAL (GRAMOS)	MASA PERDIDA DESPUÉS DE 500	% DE DESGASTE POR ABRASIÓN
PASA	RETIENE				
38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	1268,00	.....	.....	.....
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1254,00	.....	.....	.....
19,0 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	1259,00	.....	.....	.....
12,7 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1252,00	.....	.....	.....
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		5033,00	3654,00	1379,00	27,40

Nota: Fuente: Obtenido de ensayos de laboratorio.

3.1.2. Ensayo Marshall Modificado para Obtener dosificación Óptima para base estabilizada.

Para obtener la dosificación óptima de emulsión asfáltica (CSS-1h) se realizó el ensayo Marshall Modificado, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Según el análisis previo al Ensayo Marshall se obtuvo un valor tentativo de emulsión asfáltica en función a la granulometría obtenida en la muestra, siendo este un valor teórico de 5.05%, teniendo como referencia este valor para los porcentajes de prueba en el Ensayo Marshall.

Para el ensayo se analizaron los porcentajes de 4%, 5% y 6% presentando los siguientes valores, cumpliendo con los requerimientos recomendados por el manual EG 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

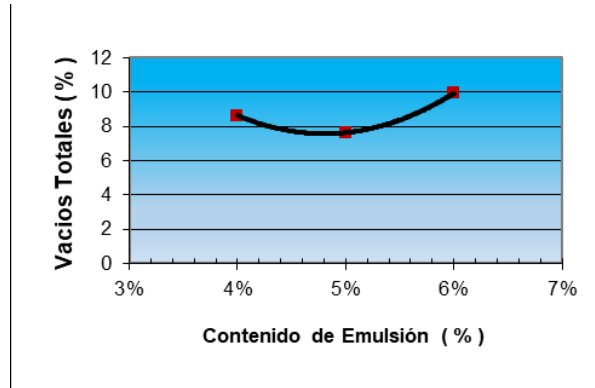


Figura 1. Porcentaje de Vacíos vs. Contenido de Emulsión Asfáltica

Nota. El Gráfico ilustra el porcentaje de vacíos totales en la mezcla asfáltica en relación al Contenido de Emulsión Asfáltica. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3. Ensayo CBR de Muestra de canteras combinadas, y la adición de Emulsión Asfáltica.

Para verificar la mejora en la Capacidad de Soporte de la combinación de agregados se realizó el ensayo CBR de muestras de agregado combinado, y con adición de porcentajes de emulsión asfáltica, siendo los mismos porcentajes analizados en el Diseño Marshall (4%, 5% y 6%), del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

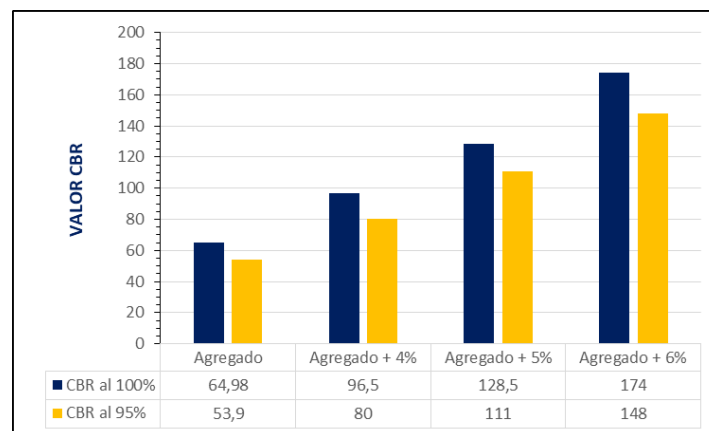


Figura 2. Valor CBR obtenido Agregado, Agregado+4% Emulsión, Agregado+5% Emulsión, Agregado+6% Emulsión, al 100% y 95%

Nota. El Gráfico ilustra la Capacidad de Soporte (Valor CBR) que presenta el agregado seleccionado con tratamiento mecánico y con la adición de emulsión asfáltica en cada porcentaje evaluado. *Fuente:* Elaboración Propia.
















3.1.4. Estudio de Tráfico y Exploración en suelo de subrasante.

Para los fines descritos en el presente artículo se tomó como área de estudio el camino vecinal Juliaca-Collana, que abarca 3.53 km de longitud, en el cual se realizó trabajos de exploración de suelos y conteo de vehículos para la obtención de Capacidad de Soporte del Suelo de Subrasante y ESAL o Número de Ejes de 8.2 Toneladas en el Carril de Diseño respectivamente.

Para el Estudio de Tráfico se realizó el control de vehículos que transitan en el área de estudio durante una semana, y se calculó el valor total en función a los resultados obtenidos del control efectuado, teniendo en cuenta que el camino vecinal será de una calzada de dos sentidos y un carril, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.

Cálculo de ESAL en Camino Vecinal Juliaca-Collana

Tipo de vehículo		Cargas por ejes en Tn			IMDa	FD		ESAL	
		ED	Eje Posterior			ED	Eje Posterior		Total
			Simple	Tándem			Simple	Tándem	
Auto		1.5	1.5		369	0.002	0.002	0.005	5.3E+03
Station wagon		1.75	1.75		39	0.004	0.004	0.009	1.0E+03
Pick up		2.5	2.5		28	0.019	0.019	0.037	3.2E+03
Panel		2.5	2.5		3	0.019	0.019	0.037	3.3E+02
Combi rural		3.5	3.5		17	0.074	0.074	0.148	7.7E+03
Micro		5	5		0	0.320	0.320	0.641	0.0E+00
Bus 2E		7	11		0	1.273	3.335	4.608	0.0E+00
Bus 3E		7		16	0	1.273	2.343	3.616	0.0E+00
Camión 2E		7	11		3	1.273	3.335	4.608	4.8E+04
Camión 3E		7		18	0	1.273	3.458	4.731	0.0E+00
ST		7	11	18	1	1.273	3.335	3.458	8.066
T2S1/T2S2									
ST T2S3		7	11	25	0	1.273	3.335	13.297	17.905
ST		7	18	18	0	1.273	25.118	3.458	29.849
T3S1/T3S2									
Total								8.2E+04	

Nota: Fuente: Obtenido de Análisis de Estudio de Tráfico.

En cuanto al tipo de suelos en la zona de estudio se exploró mediante calicatas en zonas colindantes al camino vecinal existente y obteniendo su clasificación y capacidad de soporte, presentando los siguientes valores:

Tabla 5.

Capacidad de Soporte y Clasificación de Suelo de Subrasante

CALICATAS	CAPACIDAD DE SOPORTE		CLASIFICACIÓN	
	CBR AL 100%	CBR AL 95%	SUCS	AASHTO
C-01	9.09	6.80	CL	A-6(11)
C-02	11.19	8.35	SC	A-6(3)
C-03	7.58	5.00	CL	A-7-6(8)
C-04	8.41	6.48	CL	A-7-6(12)
C-05	11.10	7.55	SC	A-6(4)

Nota: Fuente: Obtenido de Análisis de Ensayo de Laboratorio

Después de obtener estos resultados, se obtuvo la Capacidad de Soporte o Resistencia de Diseño con el cual se diseñaron los tipos de pavimento descritos en el presente artículo, aplicando la metodología del Instituto del Asfalto, en función al ESAL (Número de Ejes de 8.2 Toneladas en el Carril de Diseño) obtenido, siendo este valor de 8.26×10^4 , por lo que se aplicó el percentil de 75% para obtener la resistencia de diseño, siendo finalmente la Resistencia de Diseño de 6.56.

Al encontrarse un tramo con un valor CBR menor a 6 es recomendable realizar una estabilización de la subrasante, para lo cual se planteó la sustitución de los suelos en un espesor de 30 cm por el ESAL obtenido en el tramo correspondiente a la Calicata C-03. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

3.1.5. Diseño de espesores de pavimento full depth.

Para el diseño de pavimento full depth se aplicó la metodología de diseño del instituto de asfalto, en la cual se requirió el uso del ESAL obtenido (8.26×10^4) y la Capacidad de Soporte de la subrasante, (6.56), en la cual recomienda el uso de un tratamiento superficial o micropavimento para garantizar un nivel de serviciabilidad óptimo, reducir envejecimiento por gradiente térmico y reducir el desgaste a la fricción en la base estabilizada (INSTITUTO DEL ASFALTO, 1991), para el cual se obtuvieron las siguientes composiciones estructurales con la incorporación de un micropavimento y un tratamiento superficial bicapa respectivamente:



Figura 3. Espesores Obtenidos de la Estructura de Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta)

Nota. El Gráfico ilustra la Estructura y los Espesores obtenidos en el Diseño del Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura

lenta). *Fuente:* Elaboración Propia.



Figura 4. Espesores Obtenidos de la Estructura de Tratamiento Superficial Bicapa de RC-250 y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta)

Nota. El Gráfico ilustra la Estructura y los Espesores obtenidos en el Diseño del Tratamiento Superficial Bicapa de RC-250 y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta). *Fuente:* Elaboración Propia.

3.1.6. Diseño de espesores pavimento flexible convencional.

En cuanto al pavimento convencional se consideró la presencia de subbase granular, base granular y carpeta de rodadura, usando el ESAL obtenido (8.26×10^4) y la Capacidad de Soporte de la subrasante, (6.56), presentando la siguiente composición estructural:



Figura 5. Espesores Obtenidos de la Estructura de Pavimento de Concreto Asfáltico

Nota. El Gráfico ilustra la Estructura y los Espesores obtenidos en el Diseño del Pavimento de Concreto Asfáltico. *Fuente:* Elaboración Propia.

3.2. Evaluación económica

3.2.1. Presupuesto obtenido para pavimento full depth 01.

El presupuesto obtenido después del análisis de costos y presupuestos para el pavimento

propuesto es el siguiente:

Tabla 6.

Costo de Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta)

Ítem	Descripción	Subtotal	Total	Área Total	Costo por m²
04	<u>PAVIMENTOS</u>		S/ 1,020,460.60	12,372.14	S/ 82.48
04.01	SUBRASANTE	200,228.95			
04.02	BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	604,248.00			
04.03	MICROPAVIMENTO EN FRIO e=1.0"	197,033.74			
04.04	BERMAS GRANULARES TALUD 1:1	18,949.91			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Presupuesto obtenido para pavimento full depth 02.

El presupuesto obtenido después del análisis de costos y presupuestos para el pavimento full depth 02 compuesto de base estabilizada con emulsión asfáltica y un tratamiento superficial bicapa de RC-250 es el siguiente:

Tabla 7.

Costo de Pavimento Full Depth con Tratamiento Superficial Bicapa

Item	Descripción	Subtotal	Total	Área Total	Costo por m²
04	<u>PAVIMENTOS</u>		S/ 1,038,207.21	12,372.14	S/ 83.91
04.01	SUBRASANTE	200,228.95			
04.02	BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	604,248.00			
04.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL MULTIPLE (2 CAPAS)	214,780.35			
04.04	BERMAS GRANULARES TALUD 1:1	18,949.91			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Presupuesto obtenido para pavimento flexible convencional.

El presupuesto obtenido después del análisis de costos y presupuestos para el pavimento flexible convencional es el siguiente:

Tabla 8.

Costo de Pavimento Flexible

Ítem	Descripción	Subtotal	Total	Área Total	Costo por m2
04	<u>PAVIMENTOS</u>		S/ 1,452,712.00	12,372.14	S/ 117.42
04.01	SUBRASANTE	76,796.52			
04.02	SUB BASE	109,568.51			
04.03	BASE GRANULAR	109,568.51			
04.04	PAVIMENTO ASFALTICO	1,133,287.50			
04.05	BERMAS GRANULARES TALUD 1:1	23,490.98			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

4. DISCUSIÓN

4.1. Prueba de Hipótesis General de la Investigación

El planteamiento de la hipótesis general de la presente investigación es la siguiente:

“La micropavimentación full depth es la mejor alternativa técnico-económica para la pavimentación de los caminos vecinales de bajo tránsito de la Provincia de San Román, caso Camino Vecinal PU 954, Tramo Juliaca-Collana”

Con la hipótesis general se pretende determinar si la micropavimentación full depth es la mejor alternativa técnico-económica para la pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito de la Provincia de San Román, para lo cual es necesario diseñar una mezcla de base con emulsión asfáltica con uso de canteras disponibles en la zona, realizar el diseño estructural del pavimento con un estudio de tráfico y muestreo de la Capacidad de Soporte del material natural del área de estudio, y hacer un estudio de costos y presupuestos del proyecto para realizar una comparación del costo que demandaría la ejecución de la estructura propuesta por metro cuadrado con el costo que demandaría la ejecución de una estructura de pavimento flexible y una estructura de pavimento rígido respectivamente.

Por consiguiente, para realizar la validación de la hipótesis general se ha logrado mediante la prueba de las hipótesis específicas 02, 03 y 04, por lo que se detallan a continuación las hipótesis específicas que ayudaron a determinar si la micropavimentación full depth es la mejor alternativa técnico-económica para la pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito.

4.2. Prueba de Hipótesis Específicas de la Investigación

4.2.1. Hipótesis N°02.

El planteamiento de la hipótesis específica N°02 es la siguiente:

“El diseño de la base para caminos vecinales y micropavimento presentará una estabilidad óptima y capacidad de soporte bajo los márgenes recomendados”

Para validar la Hipótesis Específica N°02 se debe demostrar que la base estabilizada presenta una estabilidad óptima, y cumple las recomendaciones del Manual E.G. vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la aplicación de diferentes contenidos de emulsión asfáltica en el material granular seleccionado y los parámetros establecidos en el Manual E.G. Vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

Tabla 9.

Resultados Obtenidos en Ensayo Estabilidad Marshall Modificado y Parámetros EG 2013

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	PARÁMETROS EG 2013	
		MÍN	MÁX
CANTIDAD DE EMULSIÓN	% 4.0% 5.0% 6.0%	-----	-----
ASFALTO RESIDUAL	% 2.4% 3.0% 3.6%	-----	-----
PESO BULK SECO	gr/cm3 2.232 2.252 2.203	-----	-----
ESTABILIDAD SECA	Lb 3186 3307 2358	500	-----
ESTABILIDAD HUMEDA	Lb 3097 3280 2298	500	-----
% PERDIDA ESTABILIDAD	% 2.9% 0.8% 2.6%	-----	50%
FLUENCIA SECA	1/100 in 9 15 16	8	18
FLUENCIA HUMEDA	1/100 in 11 16 16	-----	-----
HUMEDAD ABSORBIDA	% 1.81 2.15 1.90	-----	4%
VACIOS TOTALES	% 8.63 7.63 10.07	-----	-----
RECUBRIMIENTO Y TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA	% 55% 60% 50%	50%	100%

Nota: Fuente: Obtenido de análisis de ensayo de laboratorio.

En la tabla 4 se puede apreciar que cada porcentaje de emulsión ensayado llega a cumplir con los parámetros recomendados del Ensayo de Estabilidad Marshall, por lo que para elegir el contenido óptimo de emulsión se recurrirá a elegir el porcentaje que presenta cantidad de vacíos menor al 8% que representa mayor adherencia y trabajabilidad y menor pérdida de estabilidad tras el contacto con el agua, siendo el 5% de Cantidad de Emulsión Asfáltica la cantidad óptima a aplicar en función al peso del agregado, con un asfalto residual de 3%. (INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE, 2005)

4.2.2. Hipótesis N°03.

El planteamiento de la hipótesis específica N°03 es la siguiente:

“La estructura del Pavimento para caminos vecinales de bajo tránsito será capaz de soportar las sollicitaciones de carga.”

Para validar la Hipótesis Específica N°03 se debe demostrar que la base estabilizada presenta una Capacidad de Soporte óptima acorde al Manual E.G. vigente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y a un análisis estructural de la estructura propuesta:

- Análisis Deformacional:

(Chang & Torres, 2005) recopilan ecuaciones empíricas para obtener la Deflexión Admisible (D_{adm}) con relación al Número de Ejes Equivalentes a 8.2 Tn (N) en un Pavimento en mm, siendo las siguientes:

Instituto del Asfalto	$D_{adm} = 25.64 * N^{-0.2383}$	Ec. 1.1
-----------------------	---------------------------------	---------

CONREVIAl	$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N/10^6}\right)^{-0.2383}$	Ec. 1.2
-----------	--	---------

Criterio de California	$D_{adm} = 6.237 * N^{-0.165}$	Ec. 1.3
------------------------	--------------------------------	---------

Haciendo uso de las Fórmulas, teniendo en cuenta que N= 86478.12 se obtuvieron los siguientes resultados:

Instituto del Asfalto	$D_{adm} = 1.7078639 \text{ mm}$
-----------------------	----------------------------------

CONREVIAl	$D_{adm} = 1.909624153 \text{ mm}$
-----------	------------------------------------

Criterio de California	$D_{adm} = 0.9558422 \text{ mm}$
------------------------	----------------------------------

Mediante el uso de un software especializado en el análisis de Esfuerzos y Deformaciones en un Pavimento se analizó el eje simple doble de un vehículo en la estructura de Full Depth, no teniendo función estructural el micropavimento, obteniendo las siguientes Gráficas:

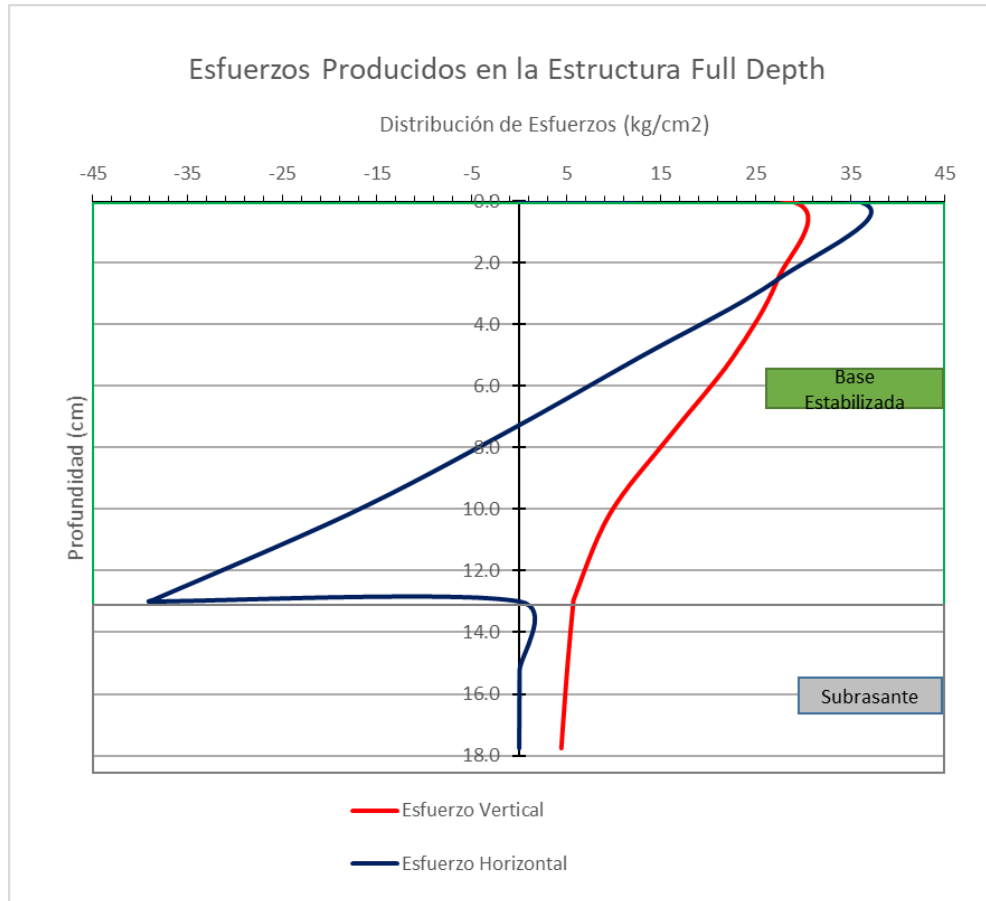


Figura 6. Esfuerzos producidos en el Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta)

Nota. El Gráfico ilustra los Esfuerzos producidos en la Estructura del Micropavimento y Full Depth obtenidos mediante el software KENPAVE. *Fuente:* Elaboración Propia.

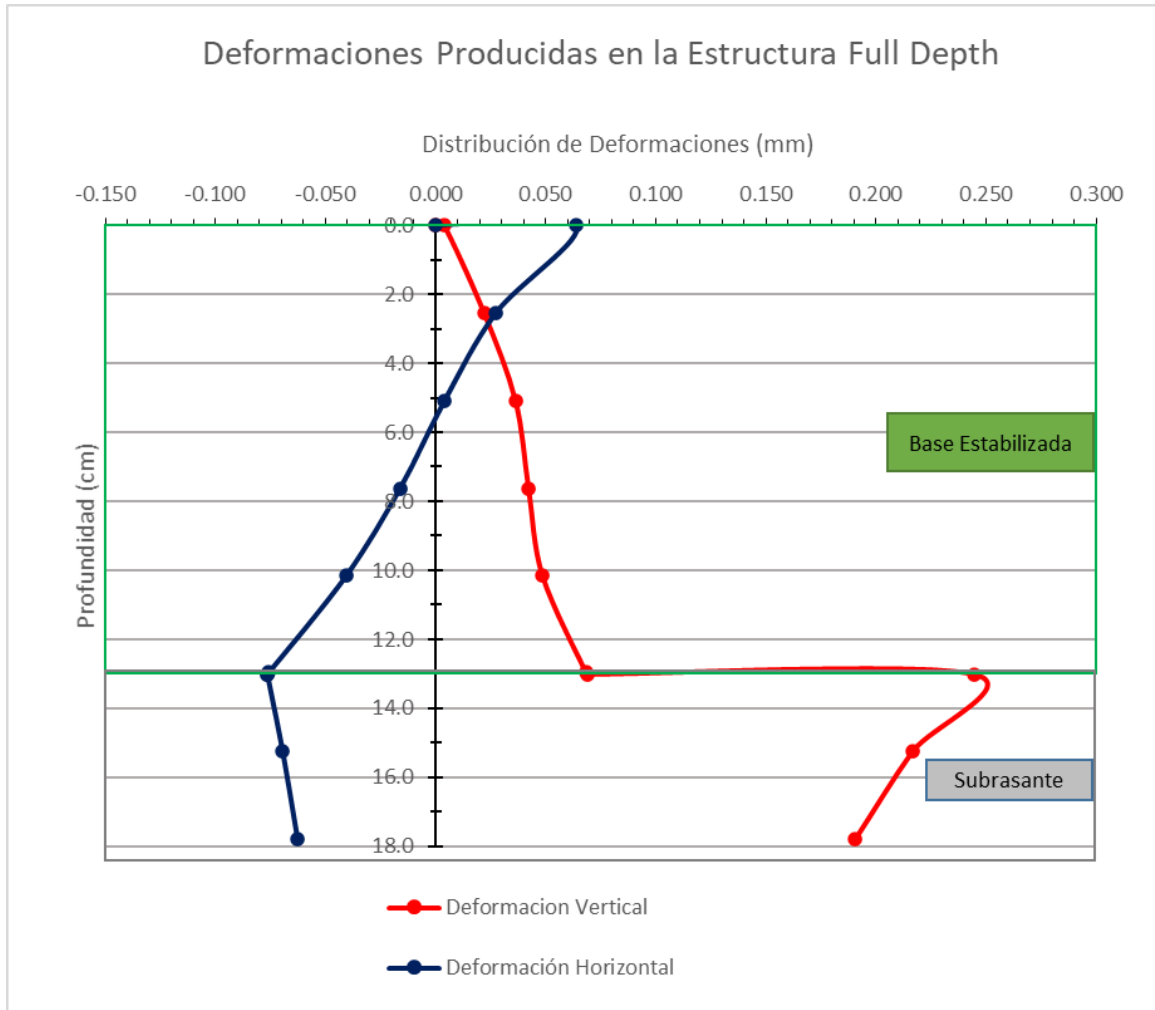


Figura 7. Deformaciones producidas en el Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta)

Nota. El Gráfico ilustra las Deformaciones producidas en la Estructura del Micropavimento y Full Depth obtenidos mediante el software KENPAVE. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar la mayor deformación obtenida en la Estructura del Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta) se produce en la subrasante por presentar una Capacidad de Soporte Baja, siendo de 0.2443 mm, no superando la Deformación Admisible Mínima (0.9558 mm) hallada, por lo que la Estructura Propuesta será capaz de soportar las solicitaciones de carga previstas en el diseño.

4.2.3. Hipótesis N°04.

El planteamiento de la hipótesis específica N°04 es la siguiente:

“Gracias a la estructura de Micropavimento y Full Depth los costos por metro cuadrado de pavimentación disminuyen.”

Para validar la Hipótesis Específica N°04 se debe demostrar que la estructura propuesta presenta un costo por metro cuadrado menor a la de un tratamiento superficial bicapa y un pavimento flexible.

Se pudo evidenciar que al realizar el cálculo de espesores de la estructura de Micropavimento y Full Depth se tuvo una considerable reducción de espesores en comparación al pavimento de concreto asfáltico, siendo necesaria para la base estabilizada una carpeta superficial de micropavimento o tratamiento superficial para evitar su desgaste por fricción producida por el tránsito, la cual a su vez presenta una reducción de costos considerable, presentado los siguientes costos por m²:

Tabla 10.

Costo de Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta), Tratamiento Superficial Bicapa y Full Depth, y Pavimento Flexible Convencional

Ítem	BE+MICROPAVIMENTO	BE+TRAT. SUPERFICIAL BICAPA	PAVIMENTO FLEXIBLE
COSTO POR M2	S/ 82.48	83.91	117.42

Nota: Fuente: Elaboración propia.

(Cari Anco, 2018) en su informe de tesis realiza un análisis de costos de un pavimento convencional y un pavimento semirrígido, siendo los resultados los siguientes:

Tabla 11.*Costo de Pavimento Convencional*

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
01	<u>PAVIMENTOS CONVENCIONAL</u>					121.69	121.69
01.01	SUB - BASE e=15cm	M2	1.00	17.69	17.69		
01.02	BASE GRANULAR CLASIFICADO e=15cm	M2	1.00	20.72	20.72		
01.03	CARPETA ASAFALTICA EN CALIENTE e=8cm	M2	1.00	83.28	83.28		

Nota: Fuente: (Cari Anco, 2018).

Tabla 12.*Costo de Pavimento Semirrígido*

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
02	<u>PAVIMENTO ALTERNATIVA N°1</u>					108.50	108.50
02.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=5cm	M2	1.00	53.58	53.58		
02.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm	M2	1.00	54.92	54.92		

Nota: Fuente: (Cari Anco, 2018).

Tabla 13.*Costo de Pavimento Básico*

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
02	<u>PAVIMENTO ALTERNATIVA N°2</u>					85.37	85.37
03.01	SUBBASE e=20cm	M2	1.00	22.75	22.75		
03.02	BASE TRATADA CON ASFALTO e=15cm	M2	1.00	54.92	54.92		
03.03	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 1RA CAPA	M2	1.00	3.85	3.85		
03.04	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA 2DA CAPA	M2	1.00	3.85	3.85		

Nota: Fuente: (Cari Anco, 2018).

Como se puede apreciar el costo por metro cuadrado obtenido por (Cari Anco, 2018), se aproxima al monto obtenido.

5. CONCLUSIONES

5.1. Conclusión General

- La Estructura de pavimento compuesto por Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta) se presenta como la mejor alternativa Técnico Económica para la pavimentación de Caminos Vecinales de Bajo Transito, de la Provincia de San Román, al presentar espesores con una alta resistencia a deformaciones, tener un comportamiento característico elástico mayor, y una considerable absorción de esfuerzos producidos en la estructura, además de no retener agua, a diferencia de una estructura con capas granulares, constatándose que la conformación del micropavimento y el full depth logra una reducción de costos en la aplicación y mezcla de Ligante Asfáltico en frío, por presentar procesos constructivos de aplicación sencilla, a comparación de los pavimentos usualmente ejecutados de Mezcla Asfáltica en Caliente.

5.2. Conclusiones Específicas

- Las canteras de la zona de estudio no cumplen con la gradación recomendada por el Manual E.G. 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, por lo que se realizó la combinación de 2 canteras (Taparachí e Isla), obteniendo una mezcla con 50% de material de cada cantera para obtener una granulometría que se ubique dentro del huso granulométrico de las Especificaciones Técnicas.

- Se realizaron ensayos CBR para la Base Estabilizada, con diferentes contenidos de emulsión asfáltica, obteniendo valores óptimos al 95% de compactación (53.9 al combinar 2 agregados, 80 al adicionar 4% de emulsión asfáltica al agregado combinado, 111 al adicionar 5% de emulsión asfáltica al agregado combinado, 148 al adicionar 6% de emulsión asfáltica al agregado

combinado), siendo que a mayor contenido de Emulsión Asfáltica mayor es la Capacidad de Soporte obtenido, garantizando un buen comportamiento del material combinado para su uso como base de un pavimento, dejando la elección del porcentaje de emulsión asfáltica a utilizar en función a los resultados obtenidos en el ensayo Marshall Modificado.

- Con el análisis realizado se ha verificado un comportamiento óptimo en cuanto a la conformación de Micropavimento y Full Depth (Base Estabilizada con Emulsión Asfáltica CSS-1h de rotura lenta), obteniendo mediante el Ensayo Marshall Modificado un porcentaje óptimo de emulsión asfáltica a utilizar para tratar el agregado combinado para base de 5%, con un asfalto residual del 3%, por ser el porcentaje que presenta menor pérdida de estabilidad por presencia de humedad (0.8%), lo cual representa un comportamiento más estable en presencia de humedad y un porcentaje de vacíos menor al 8% (7.63%) que conlleva una menor permeabilidad y mejor resistencia a los esfuerzos producidos en el pavimento.

- El diseño estructural obtenido para caminos vecinales de bajo tránsito está compuesto por una capa de base estabilizada de 13 cm ubicado sobre la subrasante, y un micropavimento de 2.5 cm como carpeta de rodadura, siendo una estructura full depth por presentar solamente capas asfálticas sobre la subrasante, que garantiza un comportamiento óptimo frente a la presencia de agua, al gradiente térmico, mejora en la serviciabilidad reduciendo el desgaste por fricción en la base estabilizada, y un comportamiento estructural capaz de soportar las solicitaciones de carga.

- En cuanto al diseño estructural de las otras alternativas de pavimentos se obtuvieron espesores mínimos para cada alternativa de pavimentación principalmente por el ESAL obtenido, lo cual enmarca una tendencia mínima de

espesores en cuanto a pavimentos convencionales, pero que sin embargo puede reducir en cuanto a la alternativa propuesta.

- Mediante el análisis de presupuesto se obtuvo un costo por m² en el micropavimento más full depth de S/. 82.48, en el tratamiento superficial bicapa con RC-250 sobre el full depth de S/. 83.91, y en el pavimento flexible con mezcla asfáltica en caliente de S/. 117.42, concluyendo así que la alternativa técnico económica de pavimentación propuesta presenta un costo por metro cuadrado considerablemente menor en comparación a alternativas convencionales de pavimentación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Condori, P. (2018). Mejoramiento de las Características Físicas y Mecánicas del Suelo de la Cantera Taparachi Mezclados con Agregados Procesados para la Construcción de Pavimentos en la Ciudad de Juliaca. *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*.

AksoNobel. (2010). *Emulsiones Asfálticas*. Ámsterdam: Askonobel.

Arias, F. G. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Editorial Episteme.

Bracho, C. L. (2005). *Emulsiones Asfálticas*. Mérida: Universidad de los Andes.

Cari Anco, H. K. (2018). Optimización de Espesores de Pavimentos utilizando Emulsión Asfáltica, caso de estudio: Vía de Ingreso a la Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca. *Universidad Peruana Unión*.

Chang, C., & Torres, R. (2005). *Aplicación de Ensayos no Destructivos para el Control de Calidad de Pavimentos Flexibles*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

Chavez Negrete, C. (1996). *Comportamiento de Materiales Granulares a Bajas y Altas Tensiones*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Santa Fe: Cengage Learning Editores S.A.

Delgado Alamilla, H., García Hernández, F., & Campos Hernández, D. E. (2018). *Diseño de Bases Estabilizadas con Asfalto Espumado*. Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Fratelli, M. G. (1993). *Suelos, Fundaciones y Muros*. Caracas: Libros Técnicos Astrom.

INSTITUTO DEL ASFALTO. (1991). *MS-01 DISEÑO DE ESPESORES PAVIMENTOS ASFALTICOS PARA CALLES Y CARRETERAS*. LIMA: TRADUCIDO POR EDITORIAL IDPP.

INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE. (2005). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS MARSHALL Y SUPERPAVE PARA COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS*. QUERETARO: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.

Minaya Gonzáles, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima: Diario Oficial El Peruano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras E.G. 2013*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Diario Oficial El Peruano.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (29 de mayo de 2020). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>

Moncayo V., J. (1987). *Manual de Pavimentos*. Guadalajara: Compañía Editorial Continental S.A.

Moncayo, J. (1985). *Manual de Pavimentos*. Guadalajara: Elaboración Propia.

Montejo Fonseca, A. (2006). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.

Reyes Lizcano, F. A. (2003). *Diseño Racional de Pavimentos*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rico Rodriguez, A., & Del Castillo, H. (2002). *La ingeniería de suelos en las Vías Terrestres*. México: Editorial Limusa S.A.

Rodriguez Talavera, R., Castaño Meneses, V. M., & Martinez Madrid, M. (2001). *Emulsiones Asfálticas*. Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Salazar Cuba, Á. (2014). *Estudio Comparativo entre Mezclas Asfálticas Tibias y Mezclas Asfálticas Calientes*. La Paz: Unidad de Postgrado en Ciencias del Transporte.

Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Editorial McGraw-Hill.

Sánchez, J., Shoji, N., & Lazo, G. (2019). Stabilization of Pavement Granular Layer using Foamed and Emulsified Asphalt under Critical Low Temperature Conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 6,7.

Solminihac, H. d., Echeverria, G., & Thenoux, G. (2011). Estabilización química de suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de Pavimentos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 1.

Suarez Díaz, J. (1998). *Estabilización de suelos*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Theoux Z., G., & Jamet A., A. (2002). Tecnología del Asfalto Espumado y Diseño de Mezcla. *Revista Ingeniería de Construcción*, 2.

Vera Tello, J. C. (2015). *MEJORAMIENTO CON EMULSIONES ASFALTICAS DE BASES GRANULARES, PARA PAVIMENTO EN LA REGION LAMBAYEQUE*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Wirtgen. (2012). *Wrtgen cold recycling technology*. Wndhagen: Wrtgen Gmbh.

7. ANEXOS

7.1. Copia de la Resolución de Inscripción del Perfil de Proyecto de Tesis en Formato

Artículo Aprobado por el consejo de Facultad Correspondiente



“AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA”

RESOLUCIÓN N° 0266/A-2021/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña 08 de junio de 2021

VISTO:

El expediente de **Juan Luis Guerra Chayna**, identificado(a) con Código Universitario N° 201612325, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Juan Luis Guerra Chayna**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Alternativa Técnico-Económica para pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito en el camino vecinal PU-954 tramo Juliaca-Collana” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 08 de junio de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “**Alternativa Técnico-Económica para pavimentación de caminos vecinales de bajo tránsito en el camino vecinal PU-954 tramo Juliaca-Collana**” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Ing. Gerardo William Pari Quispe** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** y **Ing. Moises Araca Chile**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Maria Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo