



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO
CONVENCIONAL, PAVIMENTO SOBRE SUELO ESTABILIZADO CON
CEMENTO Y PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS, DEL CASO DE
ESTUDIO VÍA ZHIDMAD-JADAN

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTOR: CHRISTIAN RAUL MALO GUTIERREZ

TUTOR: ING. DANIEL LEÓNIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, Msc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Raul Malo Gutierrez con documento de identificación N° 0104729058, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Christian Raul Malo Gutierrez

0104729058

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Christian Raul Malo Gutierrez con documento de identificación N° 0104729058, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Estudio comparativo de estructuras de pavimento convencional, pavimento sobre suelo estabilizado con cemento y pavimento reforzado con geosintéticos, del caso de estudio vía Zhidmad-Jadan”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Christian Raul Malo Gutierrez

0104729058

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leónidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO CONVENCIONAL, PAVIMENTO SOBRE SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO Y PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS, DEL CASO DE ESTUDIO VÍA ZHIDMAD-JADAN, realizado por Christian Raul Malo Gutierrez con documento de identificación N° 0104729058, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 16 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Daniel Leónidas Cárdenas Jaramillo, Msc.

0104031232

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y brindarme fortaleza durante todo este proceso. También quiero extender mi gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana, que ha sido el pilar fundamental en mi formación profesional.

Agradezco sinceramente a las instituciones que han colaborado para hacer posible la realización del convenio que permitió llevar a cabo este trabajo de titulación, con especial reconocimiento al Ing. Juan Carpio por su invaluable contribución.

Asimismo, quiero reconocer y agradecer al Ing. Daniel Cárdenas, mi director de tesis, por su constante apoyo y orientación, que fueron fundamentales para alcanzar el éxito en la culminación de este trabajo de titulación.

DEDICATORIA

Expreso mi dedicación de este trabajo de titulación a mi padre, quien ha sido un modelo de dedicación en mi formación profesional y me ha enseñado la importancia de la perseverancia y el continuo aprendizaje. También dedico este trabajo con amor a mis queridos hijos, Christian y Cristina, quienes son mi inspiración para emprender cada proyecto en mi vida. Agradezco profundamente a mi madre, a quien le debo mi existencia y quien ha sido fundamental en el inicio de este camino académico.

RESUMEN

Este trabajo de titulación se enmarca en el Convenio de Cooperación Interinstitucional establecido entre el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Azuay y la Universidad Politécnica Salesiana. Su objetivo principal es realizar un "Estudio Comparativo de Estructuras de Pavimento", centrándose en la vía Zhidmad-Jadan del cantón Gualaceo, Provincia del Azuay.

El convenio se fundamenta en la necesidad de diseñar una estructura de pavimento flexible que permita determinar la alternativa más eficiente en términos de ahorro de materiales pétreos. La colaboración entre la Prefectura del Azuay y los Gobiernos Autónomos Descentralizados parroquiales de Zhidmad y Jadan busca impulsar el desarrollo económico y social de la región a través de mejoras viales.

Mediante ensayos de laboratorio de suelos y el estudio de tránsito, se han diseñado tres alternativas de estructuras de pavimento flexible con una proyección de 20 años, siendo estas Pavimento Flexible Convencional, Pavimento Flexible con Base Estabilizada con Cemento, y Pavimento Flexible Reforzado con Geosintéticos. Esta última opción cumple con los objetivos propuestos en este proyecto.

Palabras claves: AASHTO, Pavimento flexible, Trafico, Geomalla, Base estabilizada

ABSTRACT

This project is framed within the Interinstitutional Cooperation Agreement established between the Decentralized Autonomous Government of Azuay Province and the Salesian Polytechnic University. Its main objective is to carry out a "Comparative Study of Pavement Structures", focusing on the Zhidmad-Jadan road in Gualaceo, in Azuay Province.

The subject is based on the need to design a flexible pavement structure that allows determining the most efficient alternative in terms of saving petrous materials. The collaboration between the Azuay Prefecture and the Decentralized Autonomous Parish Governments of Zhidmad and Jadan aims to promote the economic and social development of the region through road improvements.

Through soil laboratory tests and traffic studies, three alternatives of flexible pavement structures have been designed with a projection of 20 years, these being Conventional Flexible Pavement, Flexible Pavement with Cement-Stabilized Base, and Flexible Pavement Reinforced with Geosynthetics. This last option meets the objectives proposed in this project.

Keywords: AASHTO, Flexible pavement, Traffic, Geogrid, Stabilized base

TABLA DE CONTENIDO

ESTUDIO COMPARATIVO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO CONVENCIONAL, PAVIMENTO SOBRE SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO Y PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS, DEL CASO DE ESTUDIO VIA ZHIDMAD-JADAN	1
RESUMEN.....	7
Índice de Ilustraciones	18
Índice de Figuras	19
Índice de Tablas.....	20
CAPITULO I.....	24
1. INTRODUCCIÓN.....	24
1.1. Antecedentes	25
1.2. Descripción del problema	28
1.3. Importancia y Alcances	30
1.4. Ubicación del Proyecto.....	31
1.5. Objetivos.....	32
1.5.1. Generales	32
1.5.2. Específicos	32
CAPITULO II.....	33

2.	MARCO TEÓRICO	33
2.1.	Carreteras	33
2.1.1.	Definición de carretera	33
2.1.2.	Clasificación de carreteras	33
2.1.3.	Por su jurisdicción o administración	33
a.	Primer grupo la Red Vial Estatal.....	33
	i. Red vial estatal primaria arterial.....	33
	ii. Red vial estatal secundaria o colectoras.....	34
b.	Segundo grupo la Red Vial Provincial.	34
	i. Red vial Provincial Secundaria (carreteras secundarias).	34
	ii. Red vial provincial terciaria (carreteras terciarias).....	34
	iii. Red vial provincial vecinal (caminos vecinales).	34
c.	Tercer grupo de la Red Vial Cantonal. -	34
2.1.4.	Según la capacidad (TPDA).....	35
2.1.5.	Clasificación en función de la superficie de rodamiento.....	36
2.1.6.	Estructura básica de una carretera.....	36
	I. Subrasante	36
	II. Subbase	36
	III. Base.....	37

IV.	Capa de rodadura	38
V.	Superficie de rodadura	38
2.2.	Suelo	39
2.2.1.	Tipos de suelo	40
2.2.2.	Suelos arcillosos blandos compresibles y suelos orgánicos	40
2.2.3.	Suelos expansivos	40
2.2.4.	Cemento	40
2.2.5.	Base estabilizada con cemento.....	41
2.2.6.	Usos de la base estabilizada con cemento.	42
2.2.7.	Ventajas del uso de la base estabilizada con-cemento.....	42
2.2.8.	Desventajas del uso de la base estabilizada con cemento	43
2.3.	Geosintéticos	43
2.3.1.	Geotextiles	44
2.3.2.	Separación.....	44
2.3.3.	Filtración.....	45
2.3.4.	Drenaje.....	46
2.3.5.	Reforzamiento.....	46
2.4.	Clasificación de los geotextiles.....	47
2.4.1.	Según el método de fabricación	47

2.4.2.	Geotextiles Tejidos.	47
2.4.3.	Geotextiles No Tejidos.	48
2.4.4.	Según su composición.	49
2.4.5.	Fibras naturales.	49
2.4.6.	Fibras artificiales.	49
2.4.7.	Fibras sintéticas.	50
2.5.	Geomallas	50
2.5.1.	Geomallas coextruídas.....	51
2.6.	Clasificación de las geomallas	52
2.6.1.	Geomallas Coextruidas Mono-Orientadas.....	52
2.6.2.	Geomallas Coextruidas Bi-Orientadas.	53
2.6.3.	Ventajas y desventajas del uso de geosintéticos.....	54
2.6.3.1	Ventajas.....	54
2.6.3.2	Desventajas	55
2.7.	Tráfico de Diseño	55
2.7.1.	Tráfico Actual (To).....	56
2.7.2.	Trafico futuro	56
2.7.3.	Tipos de vehículos en el Ecuador.....	56
2.7.4.	Tabla nacional de pesos y dimensiones.	57

2.7.5.	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	58
2.8.	Diseño de Pavimentos	58
2.8.1.	Pavimento	58
2.8.2.	Características que debe reunir un pavimento	59
2.8.3.	Clasificación de los pavimentos.....	60
2.8.4.	Pavimentos flexibles.....	60
2.8.5.	Funciones de las capas de un pavimento flexible	61
2.8.5.1.	La subbase granular.....	61
	Función económica.....	61
	Capa de transición.	62
	Disminución de las deformaciones.....	62
	Resistencia.	62
	Drenaje.....	62
2.8.5.2.	La base granular	62
	Resistencia.	62
	Función económica.....	62
2.8.5.3.	Carpeta.....	63
	Superficie de rodamiento.	63
	Impermeabilidad.....	63

Resistencia.	63
2.8.6. Asfalto	63
2.9. Método AASHTO 93.....	63
2.9.1. Parámetros de diseño.....	65
2.9.1.1. Tránsito de diseño.....	65
2.9.1.2. Módulo resiliente.....	65
2.9.1.3. Periodo de diseño.	66
2.9.1.4. Serviciabilidad.....	67
2.9.1.5. Número estructural.....	68
2.9.1.6. Coeficiente de drenaje (mi).....	69
2.9.1.7. Coeficiente estructural.....	69
2.9.1.8. Nivel de confianza.....	70
2.9.1.9. Desviación estándar normal.....	71
2.9.1.10. Desviación estándar total.....	72
2.9.1.11. Determinación del número estructural de las capas.	73
2.9.1.12. Determinación del espesor de capa.	74
a. Espesor calculado.	74
b. Espesores mínimos.....	75
c. Espesores ajustados.....	76

2.9.2.	Recomendaciones del tipo de material granular a utilizar.....	77
CAPITULO III.....		78
3.	METODOLOGÍA	78
3.1.8.	Recolección de datos	80
3.1.9.	Conteo Vehicular.....	81
3.1.10.	Estudio del Tránsito.....	82
3.1.11.	Factor mensual (Fm).....	83
3.2.	TPDA.....	84
3.3.	Proyección de Trafico.....	85
3.4.	Determinación del número de ejes equivalentes ESALS´S.....	87
3.4.1	Clasificación del Tráfico.....	87
3.4.2	Factor de Distribución por Carril:	88
3.5	Pavimento flexible convencional	89
3.5.1	Estudio de la Subrasante.....	89
3.5.2	CBR de Diseño.....	92
3.5.3	Modulo Resiliente	95
3.5.4	Características de los materiales de la estructura de pavimento	96
3.5.5	Características de la base y subbase	96
3.5.6	Cálculo de los coeficientes estructurales (a1, a2 y a3).....	97

3.5.7	Características de la carpeta asfáltica	97
3.5.8	Perdida de Serviciabilidad	98
3.5.9	Confiabilidad (R).....	99
3.5.10	Desviación Estándar	100
3.5.11	Condiciones de drenaje.....	100
3.5.12	Propiedades del suelo	102
3.6	Diseño pavimento flexible convencional alternativa 1	102
3.7	Diseño de pavimento flexible con base estabilizada con cemento alternativa 2109	
3.7.1	Características de la base estabilizada con cemento	110
3.8	Diseño de pavimento flexible reforzado con geosintético alternativa 3.....	115
3.9	Comparación de Alternativas	124
3.10	Elección Recomendada: Opción 2D y la 3F	128
3.10.1	Confinamiento lateral de la base o subbase	130
3.10.2	Mejoramiento de la capacidad portante.....	130
3.10.3	Membrana tensionada.....	130
3.10.4	Restricción del desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase .	131
3.10.5	Aumento del confinamiento y de la resistencia de la base o subbase en la vecindad del refuerzo.....	131
3.10.6	Mejoramiento en la distribución de esfuerzos sobre la subrasante	132

3.10.7	Reducción del esfuerzo y deformación por corte sobre la subrasante	132
3.11	Rehabilitación y Mantenimiento para la opción 2D Y 3F	132
CAPITULO IV		136
4.	Resultados de las elecciones recomendadas	136
4.1	Presupuesto de la elección recomendada Opción D y F.....	137
CAPITULO V		138
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	138
GLOSARIO		140
BIBLIOGRAFIA.....		142
ANEXOS		146
Anexo 1. Conteo Vehicular		146
Anexo 2. Estudios del suelo.....		161

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación del Proyecto.....	31
Ilustración 2 Número estructural de cada una de las capas.	73
Ilustración 3 Nomograma recomendado por la AASHTO para determinación del número estructural	74
Ilustración 4 Espesor de capa (D) correspondiente a cada número estructural.....	75
Ilustración 5 Cámara para el conteo de vehículos.....	81
Ilustración 6 Esquema del procedimiento para la determinación de espesores	103

Índice de Figuras

Figura 1 Concepto del geotextil como un separador	45
Figura 2 Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles tejidos.....	48
Figura 3 Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles no tejidos	49
Figura 4 Geotextil de fibra de coco.....	50
Figura 5 Geomalla coextruida mono - orientada	53
Figura 6 Geomalla coextruida Bi – orientada.....	54
Figura 7 Sección típica de un pavimento flexible.....	61
Figura 8 Proceso del estudio comparativo de estructuras de pavimento Flexible.....	80
Figura 9 CBR de diseño	95
Figura 10 Opción de diseño A	107
Figura 11 Opción de diseño B	108
Figura 12 Opción de diseño C	113
Figura 13 Opción de diseño D.....	114
Figura 14 Opción de diseño E	121
Figura 15 Opción de diseño F.....	121
Figura 16 Curvas de iso-deformaciones, CBR vs Numero de ciclos en secciones no reforzadas y reforzadas con Geomallas.....	128
Figura 17 Aporte de Geomallas mediante el LCR vs CBR.....	129

Índice de Tablas

Tabla 1 Ubicación geográfica del proyecto	32
Tabla 2 Clasificación de los tipos de subbases.	37
Tabla 3 Clasificación de los vehículos para la determinación de los ESAL's	57
Tabla 4 Periodo de diseño en años, según el tipo de Carretera.....	67
Tabla 5 Valores recomendados del coeficiente de drenaje (mi), para capas de base y subbase no tratadas.....	69
Tabla 6 Ecuaciones de coeficiente estructural para diferentes capas estructurales de vía.	70
Tabla 7 Nivel de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.....	71
Tabla 8 Valores de Desviación estándar normal recomendados por la Guía AASHTO 93	72
Tabla 9 Valores de Desviación estándar total recomendados por la Guía AASHTO 93	72
Tabla 10 Valores de espesores mínimos recomendados por la Guía AASHTO 93.....	76
Tabla 11 Plantilla de registro de números de vehículos	82
Tabla 12 Resumen de vehículos de la vía ZHIDMAD - JADAN.....	82
Tabla 13 Factor Semanal	83
Tabla 14 Consumo de combustible Provincia del Azuay 2022.....	84
Tabla 15 Trafico Promedio Diario Anual	85
Tabla 16 Curva de Saturación	86

Tabla 17 Tasa de crecimiento vehicular cada 5 años.....	86
Tabla 18 TPDA a los años de interés del proyecto.....	87
Tabla 19 Clasificación de vehículos por número de ejes equivalentes	88
Tabla 20 Factor de Distribución por carril.....	88
Tabla 21 ESALS(W18).....	89
Tabla 22 Resumen de ensayos de laboratorio	91
Tabla 23 Rango del CBR para clasificación del material de subrasante	93
Tabla 24 Rango del CBR para la clasificación del material de subrasante	93
Tabla 25 Valores CBR	94
Tabla 26 Selección de CBR de diseño.....	96
Tabla 27 Confiabilidad R.....	99
Tabla 28 Valores de la desviación estándar S_o	100
Tabla 29 Calidad de drenaje.....	101
Tabla 30 Coeficiente de drenaje.....	101
Tabla 31 Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible	105
Tabla 32 Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible convencional Opción A y Opción B.....	106
Tabla 33 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Convencional Opción A.....	108

Tabla 34 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Convencional Opción B.....	109
Tabla 35 Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible con base estabilizada con cemento opción C y D.....	111
Tabla 36 Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible con base estabilizada con cemento Opción C y D.....	112
Tabla 37 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Con Base Estabilizada con Cemento Opción C.....	114
Tabla 38 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Con Base Estabilizada con Cemento Opción D	115
Tabla 39 Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible reforzado con geosintético opción E y F.	117
Tabla 40 Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible reforzado con geosintético Opción E y Opción F.....	118
Tabla 41 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Reforzado con geosintético Opción E	122
Tabla 42 Presupuesto referencial del Pavimento Flexible reforzado con geosintético Opción F	123
Tabla 43 Cuadro Comparativo de las Opciones de Pavimento Flexible	124
Tabla 44 Cuadro de volúmenes de materiales de Base y Subbase en m ³	125

Tabla 45 Cuadro comparativo Mina la Virginia.....	126
Tabla 46 Cuadro comparativo Mina el Descanso	127
Tabla 47 Tipo de tránsito según metodología Instituto Nacional de Vías de Colombia	133
Tabla 48 Estrategias de conservación aplicables a estructuras con capa de rodadura constituida por arena-asfalto y valor residual de dichas estructuras al término del período de análisis económico.....	134

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes maneras de diseñar un pavimento flexible entre estas están: la estructura de pavimento flexible convencional, la estructura de pavimento flexible sobre suelo estabilizado con cemento y la estructura de pavimento flexible reforzada con geosintético. La construcción de pavimentos flexibles constituye un componente fundamental en la infraestructura vial, esencial para garantizar la movilidad segura y eficiente. Estos tipos de pavimentos se erigen sobre un proceso constructivo meticuloso similar que se inicia con la preparación del terreno, nivelando y compactando la superficie para asegurar una base sólida. Posteriormente, se aplica una capa de base compuesta por material granular, el cual es minuciosamente compactado para brindar el soporte estructural necesario de acuerdo a las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (MOP-001, 2002)

La etapa final implica la aplicación de la capa de rodadura, comúnmente asfáltica, que se adecua para ofrecer una superficie resistente y duradera ante el tráfico constante. Este proceso, que fusiona precisión técnica con materiales específicos, es crucial para el desarrollo de infraestructuras viales duraderas y funcionales que respondan a las necesidades de movilidad de la sociedad actual. Esta investigación analiza las diferentes formas de diseñar la estructura del pavimento flexible y hace un estudio comparativo de las mismas.

1.1. Antecedentes

Los métodos iniciales de diseño de pavimentos datan de antes de la década de 1920, caracterizados por su enfoque en la experiencia y juicio del diseñador. Aunque estos métodos a menudo generaban resultados aceptables en ciertas condiciones, su fiabilidad disminuía al aplicarlos en áreas con diferentes tipos de suelo, tráfico y climatología, lo que los hacía poco confiables en tales circunstancias (Officials, 1993).

La estabilización de suelos con cemento se originó en 1917 con la patente de Joseph Hay Amies, quien desarrolló el procedimiento de mejorar suelos al mezclarlos con cemento Portland, conocido como Soilamies. Desde entonces, la técnica de suelo-cemento ha ganado popularidad para describir esta mezcla. (Fonseca, 2006).

En 1926, el Departamento de Vías de Carolina del Sur, Estados Unidos, realizó el primer intento de utilizar fibras sintéticas en la mejora de un pavimento. Este experimento involucró la aplicación de una capa de algodón sobre la capa base de un pavimento flexible, seguido por la aplicación de asfalto caliente sobre las fibras y una capa de arena como protección. Los resultados, publicados en 1935, indicaron una disminución en las fallas locales, así como en las grietas de la estructura. El pavimento mantuvo buenas condiciones de servicio hasta que las fibras se deterioraron por completo (Diaz et al., 2009).

Los antiguos caminos del Ecuador se remontan a la época incaica, cuando se utilizaban llamas como animales de carga ya que aún no se conocía la rueda. El camino más importante de

esa época era el "Camino del Inca" que unía la costa ecuatoriana con el centro de Chile, con una extensión de 6.400 km. Estos caminos siguieron siendo utilizados durante la colonia española. Según historiadores, algunos hitos importantes en el desarrollo vial del Ecuador han sido: en 1555, el virrey español ordenó la construcción de caminos y puentes; en 1878 se otorgó la primera concesión petrolera en la costa; en 1943 se creó la Sociedad de Ingenieros y Arquitectos del Ecuador; en 1967 inició operaciones la petrolera estatal CEPE; en 1972 se promulgaron normas para el diseño de carreteras; y en 2008 la nueva Constitución delimitó las competencias viales de los distintos niveles de gobierno. (Carpio, 2017)

La red vial que conecta las parroquias rurales de Jadán y Zhidmad del catón Gualaceo en la provincia del Azuay Ecuador está compuesta principalmente por vías de lastre, con una condición entre regular y mala en su mayoría. Jadán cuenta con mayor extensión de vías 89.61 km, pero Zhidmad también aporta una proporción importante a la red vial cantonal 70.61 km. El ancho promedio fluctúa entre 4 y 6 metros. Se evidencia la necesidad de mejorar el estado de la vía para la conectividad entre parroquias de Jadán y Zhidmad. (Prefectura Del Azuay, 2022)

En la tesis "Diseño de pavimentos flexibles con geosintéticos como refuerzo en vías de acceso a La Milina, Salinas", (Orrala & Suarez, 2017) evaluaron el uso de geosintéticos para mejorar el comportamiento estructural de pavimentos. Mediante ensayos, compararon el diseño tradicional de AASHTO 93 con uno reforzado por geomalla, concluyendo que el segundo reduce espesores hasta un 2%, siendo una opción factible y económica.

En su estudio, Bustamante (2016) evaluó el efecto del geotextil y la geomalla en la resistencia de la subrasante. Realizó ensayos comparativos de cuatro casos, concluyendo que la geomalla aumenta la rigidez, mientras que el geotextil no muestra diferencias significativas, lo que podría representar un gasto innecesario. Se observa una reducción del 60% en el espesor de la capa de mejora en los escenarios reforzados, lo que implica menores costos. Este estudio ofrece información valiosa para proyectos viales al identificar el mejor comportamiento técnico y económico.

Gavilanes Dávila (2012) comparó un pavimento tradicional con uno reforzado con geomalla en la carretera Zumbahua - La Maná. Evaluó suelos predominantes, empleó ensayos Proctor Modificado y CBR, concluyendo que el pavimento reforzado con geomalla Mac Grid 20s ahorra un 30% de material y reduce espesores sin necesidad de equipos especializados. Este estudio destaca por evidenciar beneficios técnicos y económicos con el uso de geomallas.

Según la tesis “Diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimentos de la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 0+000.00 km hasta la abscisa 4+250.00 km” en el cantón Saraguro de la provincia de Loja”. (Loja, 2022). Se determinó un CBR menor al 3% y se estableció la necesidad de mejorar la subrasante. Se plantea la alternativa de diseño de pavimento con 27 cm de mejoramiento, 16 cm de base estabilizada con cemento, una capa de DTSP para protección (10 años) y una segunda capa de carpeta asfáltica de 1”.

Juan Vanegas (2022) realizó en su estudio “Elaboración de estudios de ingeniería para el mejoramiento de la vía a la cabecera parroquial de San Sebastián de Yuluc desde la abscisa 0+000 a 5+500, ubicada en el cantón Saraguro de la Provincia de Loja” una estabilización de la capa de base cemento de 17 cm de espesor con una resistencia a compresión a los 7 días mayor a 30kg/cm².

En la tesis “Elaboración de estudios definitivos de ingeniería para el mejoramiento de la vía “Uchucay-Sumaypamba-Playas De Sumaypamba” de 6,50 km. de longitud aproximada, ubicada entre las parroquias San Sebastián de Yuluc y Sumaypamba del cantón Saraguro, provincia de Loja.” (Cabrera, 2022) Se diseñó un pavimento flexible con una base granular estabilizada con cemento, resistencia a los 7 días 28 kg/cm², espesor = 15 cm. Para el proyecto Proyecto Eólico Minas de Huascachaca a cargo de Elecaastro S.A que fomenta el progreso sostenible de las comunidades locales.

1.2. Descripción del problema

La falta de materiales pétreos en el cantón Cuenca para la construcción de pavimentos convencionales obliga a importarlos de ubicaciones distantes, lo que resulta en costos sustancialmente más elevados. Esta carencia amenaza la viabilidad económica y sostenibilidad de proyectos viales locales.

El informe provincial del año 2022 para la provincia del Azuay reveló que de un total de 5,943.43 kilómetros de vías, únicamente 359.916 kilómetros se encontraban en condiciones

óptimas (Prefectura Del Azuay, 2022). Esto representa un preocupante indicador de que menos del 17.09 % de la red vial provincial se halla en buen estado. Las carreteras terciarias, caracterizadas por su superficie de rodadura de grava y arcilla (lastre), experimentan un deterioro más rápido, lo que las hace propensas a requerir mantenimiento periódico.

Con el objetivo de abordar esta problemática, la Prefectura del Azuay ha optado por la aplicación de tratamientos superficiales (DTBS) en estas carreteras. No obstante, se ha observado que, para garantizar una capa de soporte adecuada para el DTBS, es necesario aplicar una capa de base adicional, lo cual incrementa significativamente el costo de las obras y no optimiza el uso de los materiales existentes en la vía.

Adicionalmente, el análisis del inventario vial actualizado de la provincia para el año 2022 reveló que el 45.91 % de las vías provinciales no podían ser atendidas debido a la falta de recursos económicos (Prefectura Del Azuay, 2022). Esto subraya la necesidad imperante de encontrar soluciones funcionales que reduzcan los costos de las obras y, de esta manera, permitan aumentar la proporción de vías en adecuadas condiciones para brindar una funcionalidad óptima a los residentes.

La provincia del Azuay alberga un total de 220 minas, pero solamente 103 de ellas producen material granular de base; gran parte de estas minas se localizan en el cantón Cuenca (Prefectura Del Azuay, 2022). Por otro lado, existen cantones como Camilo Ponce Enríquez y San Fernando que carecen por completo de minas de este tipo (Prefectura Del Azuay, 2022). En zonas

con esta problemática, resulta esencial realizar un análisis exhaustivo de la viabilidad de implementar suelos estabilizados como una alternativa para construir la estructura vial.

Es importante destacar que mantener las vías en condiciones adecuadas no solo beneficia a los habitantes del lugar y usuarios de la vía al evitar inconvenientes como daños a los vehículos y aumentos en los tiempos de viaje, sino que también fomenta el crecimiento económico en toda la sociedad (Prefectura Del Azuay, 2022). En consecuencia, es esencial buscar enfoques innovadores que optimicen el uso de recursos y materiales disponibles para mejorar el estado de las carreteras en la provincia del Azuay.

1.3. Importancia y Alcances

El objetivo de este proyecto de titulación es realizar el estudio comparativo técnico y económico de tres métodos diferentes de diseño de estructuras de pavimento flexible para la carretera que conecta a las parroquias rurales de Zhidmad y Jadan, y así elegir el diseño más óptimo para las condiciones actuales de la provincia considerando las condiciones de la vía Zhidmad-Jadan que la Prefectura del Azuay esta por construir. Se espera que la Prefectura del Azuay obtenga la sección tipo, el presupuesto, con el fin de solicitar financiamiento y llevar a cabo la pavimentación. Estos estudios también cumplirán con los requisitos de la etapa final del proyecto de titulación en Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana del autor. El proyecto consta de dos etapas. La primera es recopilación de información del conteo vehicular (Prefectura

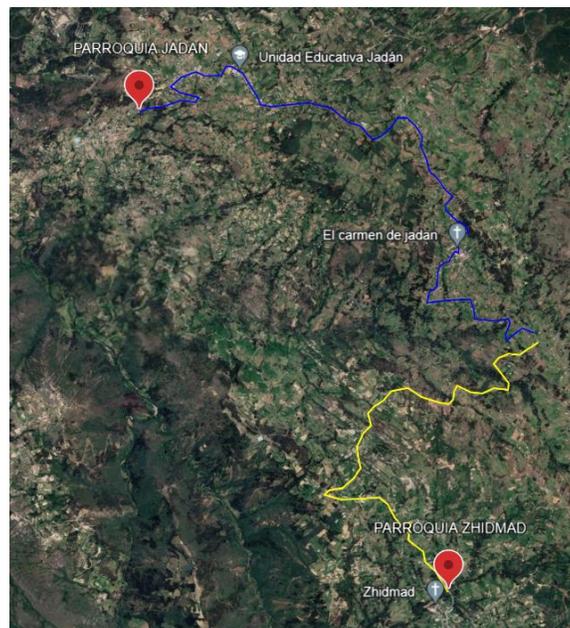
del Azuay, 2023) y el estudio de suelos (Prefectura del Azuay, 2023), la segunda el diseño de la estructura del pavimento, que implica procesar la información recopilada.

1.4. Ubicación del Proyecto

El proyecto está ubicado en la parroquia Jadán, cantón Gualaceo, provincia del Azuay. El inicio se encuentra en la parroquia de JADAN que tiene una superficie territorial de 26.92 km² y finaliza en la parroquia de ZHIDMAD con una superficie territorial de 46.76 km², ambas comunidades pertenecientes al cantón Gualaceo.

Ilustración 1

Ubicación del Proyecto



Fuente: Google Earth

Tabla 1

Ubicación geográfica del proyecto

Ubicación	Abscisa	Coordenada E.	Coordenada N	Cota
JADAN	Km 0 + 000	736208.37	9680380.92	2724.15
ZHIDMAD	Km 12 + 500	733771.00	9675938.00	2753.76

Fuente: Elaboración propia

1.5. Objetivos

1.5.1. Generales

Comparar la estructura de un pavimento flexible convencional con la estructura de un pavimento flexible estabilizado con base-cemento y con la estructura de un pavimento flexible reforzado con geosintético para determinar la mejor alternativa en ahorro de los materiales pétreos.

1.5.2. Específicos

Diseñar un pavimento flexible convencional aplicando la metodología AASHTO 93.

Diseñar un pavimento flexible con Base de Agregados Estabilizada con Cemento (BAEC) aplicando la metodología AASHTO 93.

Diseñar un pavimento flexible con el uso de Geosintético en el suelo de baja capacidad portante aplicando la metodología AASHTO 93.

Realizar una comparación en términos técnicos y económicos de las alternativas.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Carreteras

2.1.1. Definición de carretera

Un camino planificado y construido con normas adecuadas para facilitar la circulación de vehículos, ciclistas y peatones, sirviendo como medio fundamental de conexión entre regiones, provincias, cantones y parroquias en Ecuador (Decreto Ejecutivo No. 436, 2018).

2.1.2. Clasificación de carreteras

Las carreteras se categorizan según sus características en:

2.1.3. Por su jurisdicción o administración

De acuerdo con la constitución de Ecuador y el COOTAD (Código Orgánico De Ordenamiento Territorial, Descentralización y Autonomía), los sistemas viales se organizan según las competencias de los distintos niveles gubernamentales encargados de planificar y gestionar su mantenimiento (Ecuador Asamblea Constituyente, 2010), lo que da lugar a su división.

- a. **Primer grupo la Red Vial Estatal.** –Incluye carreteras arteriales principales y colectoras secundarias. El Estado supervisa estas vías, y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) las administra con el propósito de lograr la unión nacional.
- i. **Red vial estatal primaria arterial.** Vías estratégicas que enlazan fronteras, puertos y capitales provinciales, creando una red esencial de comunicación.

- ii. **Red vial estatal secundaria o colectoras.** Estas rutas recopilan el tráfico de áreas urbanas o rurales y lo dirigen hacia las carreteras principales.
- b. **Segundo grupo la Red Vial Provincial.** - Este sistema comprende las vías bajo la jurisdicción de cada Concejo Provincial. El gobierno provincial gestiona las carreteras intercantonal e interparroquial, excluyendo las áreas urbanas, que están a cargo de los gobiernos municipales.
 - i. **Red vial Provincial Secundaria (carreteras secundarias).** Estas vías unen parroquias y áreas de producción con las carreteras estatales y caminos vecinales de bajo tráfico. Suelen incluir carreteras intercantonales que conectan diferentes cantones entre sí.
 - ii. **Red vial provincial terciaria (carreteras terciarias).** Estas carreteras dirigen el tráfico desde carreteras secundarias hacia caminos vecinales de menor tránsito. Suelen abarcar principalmente rutas que conectan parroquias entre sí.
 - iii. **Red vial provincial vecinal (caminos vecinales).** Estos caminos enlazan predios productivos con carreteras terciarias de baja intensidad de tráfico, constituyendo las vías internas de cada parroquia.
- c. **Tercer grupo de la Red Vial Cantonal.** - Se refiere a las vías urbanas e interparroquiales bajo la jurisdicción de los consejos municipales, incluyendo las calles urbanas dentro de las ciudades.

2.1.4. Según la capacidad (TPDA)

De acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 436, oficializado el 6 de julio de 2018, el reglamento de la ley de infraestructura vial del transporte terrestre categoriza las carreteras:

Se refiere al flujo vehicular promedio anual proyectado a futuro, según establece el Decreto Ejecutivo No. 436 de 2018.

a. Carretera RI, RII. - Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) desde 8.000 vehículos.

b. Carretera Clase I.- Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 3.000-8.000 vehículos.

c. Carretera Clase II.- Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 1.000-3.000 vehículos.

d. Carretera Clase III.- Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 300-1.000 vehículos.

e. Carretera Clase IV.- Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) de 100-300) vehículos.

f. Carretera Clase V.- Esta carretera debe tener un Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) menor a 100 vehículos.

2.1.5. Clasificación en función de la superficie de rodamiento

Las carreteras se categorizan según su tipo de superficie de rodadura en: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, afirmados (conocidos como grava-arcilla o lastre) y superficie natural.

2.1.6. Estructura básica de una carretera

La carretera se compone esencialmente de las capas: subrasante, subbase, base y capa de rodadura.

I. Subrasante

La capa superior de la carretera, donde se apoyan las capas adicionales de pavimento, debe consistir en suelos estables y adecuados. Debe cumplir con ciertos requisitos de CBR, y si no se cumple, el suelo debe ser estabilizado de acuerdo con las regulaciones locales (MTC, 2014).

II. Subbase

La subbase, con un espesor específico, consiste en materiales que deben cumplir ciertas especificaciones. Se coloca sobre una subrasante aprobada para respaldar la capa de base. Los agregados utilizados en la construcción de la subbase deben tener una gradación uniforme de grueso a fino y cumplir con los requisitos de granulometría según la Tabla 403-1.1 del manual MOP-2002. Esto se verifica mediante ensayos de granulometría según las normas INEN 696 y 697. Otras condiciones incluyen un desgaste máximo del 50% en la prueba de abrasión y que los agregados que pasan el tamiz N.º 40 deben carecer de plasticidad o tener un límite líquido menor

de 25 y un índice de plasticidad inferior a 6 (MOP-001, 2002). La Tabla N.º 1 clasifica los tipos de subbase según los requisitos de granulometría para el material de subbase.

Tabla 2

Clasificación de los tipos de subbases.

Tamiz	Porcentaje en peso que pasas a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm)	--	--	100
2" (50.4 mm)	--	100	--
1 1/2" (38.1 mm)	100	70 – 100	--
Nº 4 (4.75 mm)	30-70	30 – 70	30 – 70
Nº 40 (0.425 mm)	10 – 35	15 – 40	--
Nº 200 (0.075 mm)	0 – 15	0 – 20	0 – 70

Fuente: (MOP-001, 2002)

III. Base

La base, ubicada bajo la capa de rodadura, desempeña un papel esencial al sostener, distribuir y transferir las cargas generadas por el tráfico (MTC, 2014). Este estrato se compone típicamente de suelo cuidadosamente seleccionado y se utiliza principalmente en pavimentos asfálticos debido a las distribuciones de esfuerzos que requieren una capa más resistente que la subbase típica en pavimentos rígidos (MTC, 2014).

Según la norma MOP-001 (2002), las bases granulares deben consistir en agregados triturados que pueden ser cribados total o parcialmente. Además, establece que estos agregados deben estabilizarse con un agregado fino seleccionado. La norma también permite que la base se

coloque no solo sobre una capa de subbase, sino también directamente sobre la subrasante en circunstancias especiales.

IV. Capa de rodadura

La capa superior de la calzada, conocida como la capa de desgaste, está compuesta de material específico diseñado para proporcionar comodidad al tráfico. Debe cumplir con requisitos antideslizantes, impermeabilidad y resistencia a la abrasión causada por el tráfico y las condiciones climáticas. Esta capa se coloca sobre la base y es la que directamente soporta las cargas del tráfico. Puede estar hecha de materiales bituminosos o cemento Portland (MOP-001, 2002).

V. Superficie de rodadura

Según la normativa MOP-001 (2002), la capa de rodadura se coloca sobre una subrasante preparada conforme a los requisitos. Puede presentar diversas modalidades, que incluyen:

Superficie de grava-arcilla: Usada generalmente en carreteras terciarias con tráfico ligero. Constituye una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla sobre una subrasante con geometría y resistencia adecuadas para tráfico de baja intensidad.

Superficie estabilizada con emulsión bituminosa: Implica la construcción de una capa de suelo estabilizado con material bituminoso sobre una subrasante terminada.

Adoquinado: Se compone de bloques regulares de piedra o concreto hidráulico, dispuestos sobre la subrasante con una capa de arena entre los bloques y la subrasante para su correcta acomodación.

Empedrado: Implica cubrir la superficie de la carretera con una capa de cantos rodados o piedra partida sobre la subrasante. Los fragmentos de piedra se asientan sobre una pequeña capa de arena para su correcta disposición.

Estas diferentes modalidades de capa de rodadura se eligen según las necesidades de tráfico y las condiciones específicas de la carretera, garantizando su adecuado rendimiento y durabilidad.

2.2. Suelo

La tierra o el suelo es cualquier material no consolidado formado por diferentes partículas sólidas con gases o líquidos. Aunque el tamaño máximo de las partículas que pueden ser consideradas como suelo no es fijo, su función determina su tamaño máximo. Los suelos pueden ser mezclas específicas de minerales o mezclas heterogéneas de cualquier cosa. (Cevallos & De la Cruz, 2021)

El suelo contiene una variedad de materiales, incluida la grava, la arena y las mezclas arcillosas depositadas por glaciares, las arenas aluviales, los limos y las arcillas de los depósitos aluviales de los ríos, las arenas marinas blandas y las arenas de las playas costeras, las rocas muy meteorizadas del trópico y hasta las escorias, los bastidores de cama, las latas y las cenizas de los vertederos de las ciudades. (Cevallos & De la Cruz, 2021)

2.2.1. Tipos de suelo

Se pueden distinguir varios tipos de suelos, algunos de los cuales son extremadamente difíciles de manejar debido a sus características de deformabilidad, baja resistencia, expansividad y sensibilidad. Esto genera problemas en ejecución la construcción. (Cevallos & De la Cruz, 2021)

2.2.2. Suelos arcillosos blandos compresibles y suelos orgánicos

Debido a las condiciones climáticas, que nos encontramos en una región tropical con altas humedades, altos porcentajes de saturación en el aire y niveles freáticos superficiales, estos suelos son muy comunes en el país.

2.2.3. Suelos expansivos

El cambio volumétrico que experimentan cuando hay agua los distingue. La cantidad de minerales arcillosos, que se caracterizan por tener partículas muy pequeñas, determina el grado de expansión de este tipo de suelo. La montmorillonita es el mineral arcilloso más activo, mientras que las caolinitas y las ilitas no se consideran minerales arcillosos activos. (Cevallos & De la Cruz, 2021)

2.2.4. Cemento

El cemento se define como un conglomerante hidráulico, una sustancia inorgánica finamente triturada que, al mezclarse con agua, genera una pasta que fragua y se endurece mediante procesos de hidratación. Una vez endurecido, mantiene su resistencia y estabilidad, inclusive en ambientes acuáticos. Al ser dosificado y combinado adecuadamente con agua y áridos, debe resultar en la

formación de hormigón o mortero manteniendo su maleabilidad y capacidad de trabajar (Lavalle, 2013)

El cemento hidráulico presenta la capacidad de fraguar y adquirir firmeza al entrar en contacto con el agua, generando un aglutinante con propiedades de adhesión y cohesión. Sus atributos se ven influenciados por factores como la composición química, el nivel de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor liberado durante la hidratación y la resistencia mecánica que puede alcanzar. (Lavalle, 2013)

2.2.5. Base estabilizada con cemento

La base estabilizada con cemento es una combinación que se elabora con agregados triturados exentas de partículas blandas, alargadas y libres de material orgánico en una planta central o sobre en el camino in situ con cemento Portland y agua. Para lograr su máxima densidad, debe compactarse con su humedad óptima. La calidad de este material depende tanto de la condición de la base de agregados como de la proporción de conglomerante. (MOP-001, 2002)

El resultado de un proceso de estabilización consistirá en determinar el porcentaje óptimo de cemento que debe añadirse a la base de agregados, ya que éste contribuirá a la resistencia de la capa del pavimento. Para lograrlo, es necesario emplear una técnica de estabilización adecuada en el laboratorio, la cual permita obtener resultados óptimos y replicables en el campo, utilizando el equipo apropiado para obtener resultados beneficiosos.

2.2.6. Usos de la base estabilizada con cemento.

Principalmente utilizado como capa de base en la construcción de vías, calles, estacionamientos, aeropuertos, muros, áreas de almacenamiento, cimentaciones, y en la realización de carpetas para carreteras, así como subbases para pavimentos rígidos y flexibles. (Lavalle, 2013)

Resulta beneficioso en la rehabilitación de bases deterioradas debido a su aplicación sencilla, permitiendo reutilizar el material existente para formar una nueva base sólida y resistente, con un proceso de colocación fácil. En pavimentos deteriorados, se puede reciclar mediante la escarificación y pulverización, seguido de la aplicación de cemento y agua (Lavalle, 2013).

La base estabilizada con cemento muestra eficacia en proyectos hidroeléctricos e hidráulicos, como protección de taludes, terraplenes, márgenes de ríos y mares, pantallas impermeables, silos enterrados, cimentaciones de plantas nucleares, presas de almacenamiento, trincheras semiflexibles para cimentación de presas, material de respaldo de accesos de puentes, y revestimiento de canales, entre diversas aplicaciones. (Lavalle, 2013)

2.2.7. Ventajas del uso de la base estabilizada con-cemento

El uso de la base estabilizada con cemento ofrece múltiples ventajas en la construcción de carreteras, entre ellas la reducción de los bancos de material y la consiguiente disminución de la sobreexplotación de las canteras. También permite aprovechar el material disponible en la zona de construcción, utilizándolo con tratamiento si no cumple los requisitos de diseño, en lugar de desecharlo. La base estabilizada con cemento, una vez colocada y endurecida, es más rígida que

la base granular, facilitando una mejor distribución de las presiones y permitiendo reducir el espesor de los pavimentos. En condiciones climáticas adversas, presenta una durabilidad prolongada, siendo común su uso en estos ambientes. Además, en situaciones de urgencia constructiva, su aplicación puede acelerar significativamente los tiempos, considerando las técnicas, maquinaria y controles adecuados. Finalmente, su resistencia tiende a aumentar con el tiempo, lo que minimiza el mantenimiento y prolonga su vida útil. (Lavalle, 2013)

2.2.8. Desventajas del uso de la base estabilizada con cemento

Según Lavalle (2013) El incremento en el costo se produce al añadir cemento, lo que impacta en el costo total de las actividades constructivas. Tras la introducción del cemento, las capas restantes del suelo deben ser colocadas y compactadas con rapidez para prevenir un fraguado prematuro. Se requieren controles más rigurosos en la obra y la presencia de personal especializado es esencial. La unión entre las diferentes capas resulta compleja y puede generar grietas adicionales en los pavimentos.

2.3. Geosintéticos

Los geosintéticos son materiales compuestos por al menos un componente de polímero sintético o natural, que se encuentran en forma de filtros, mantos, láminas o estructuras tridimensionales. Estos desempeñan un papel crucial en la geotecnia y la ingeniería civil, siendo aplicables en la construcción, proyectos viales, hidráulicos, sistemas de prevención de erosión y

diversas aplicaciones medioambientales, contribuyendo de manera significativa al campo de la construcción y la edificación (Autor, Año). (Tapia Andrés et al., 2009)

2.3.1. Geotextiles

Según Geo sistemas PAVCO S.A (2009) define los geosintéticos como “un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas”.

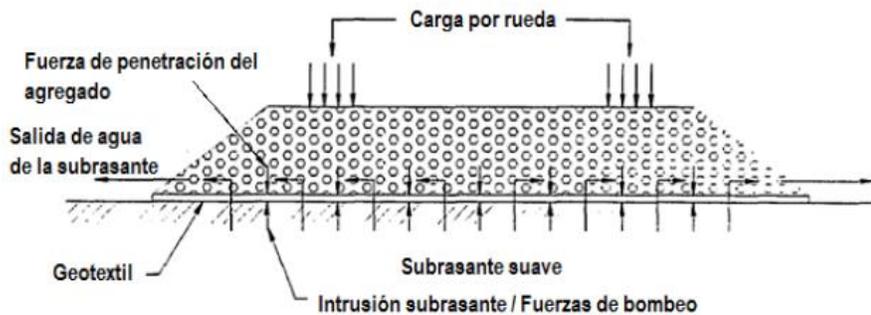
2.3.2. Separación.

Esta tarea es realizada por el geotextil para evitar que las partículas de agregado entren en la subrasante. Esto puede ser el resultado de acciones mecánicas que ocurren durante el proceso de construcción o de la carga de los vehículos en condiciones de servicio. Esta mezcla de materiales se explica como la introducción de la subrasante en la capa de agregado, lo que destaca los movimientos ascendentes de finos como se puede observar en la **Figura 1**.

Las acciones hidráulicas aceleran la contaminación de la capa de agregado en suelos limosos saturados. El bombeo irreversible de partículas de suelo puede ocurrir cuando el agua fluye hacia la subrasante desde áreas con alta presión de poros (Hausmann, 1987).

Figura 1

Concepto del geotextil como un separador



Fuente: (Bustamante, 2016a) Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el uso combinado de una Geomalla y un Geotextil

Los beneficios del uso de geotextiles se ven reflejados en períodos de tiempo más largos, ya que cumplen con la separación prevista y contribuyen significativamente al éxito a largo plazo de la estructura del pavimento. (Bustamante, 2016a).

2.3.3. Filtración.

Esta función impide el paso de determinadas partículas de terreno a través del geotextil (según sea el tamaño de dichas partículas y la abertura del geotextil) sin impedir el paso de fluidos o gases. En la práctica, se utiliza como filtro en muchos sistemas de drenaje (PAVCO S.A, 2009).

En ingeniería vial, ayuda a mantener la integridad de las capas de suelo que conforman la estructura del pavimento. (Hausmann, 1987), incluso la falta de migración fina se mantiene durante varios años sin que el geotextil se deteriore rápidamente ni sufra daños significativos en su estructura.

2.3.4. Drenaje.

Incluye la captación y transporte de fluidos y gases a través del plano del geotextil. La capacidad de drenaje del geotextil utilizado, así como el gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido, determinarán la eficacia del drenaje de un suelo. El espesor debe ser suficiente para realizar el drenaje satisfactoriamente al aumentar la tensión normal al plano de conducción. El geotextil también debe evitar el lavado o el transporte de partículas finas, ya que, al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal (PAVCO S.A, 2009). Los geotextiles de mayor grosor facilitan el drenaje lateral y pueden reducir la presión de poro excesiva en subrasantes saturadas (Hausmann, 1987).

2.3.5. Reforzamiento.

El comportamiento a tracción del geotextil se utiliza en esta función para producir una buena fricción y anclaje con el agregado, mejorar las propiedades mecánicas del suelo de la subrasante y controlar los esfuerzos transmitidos tanto durante la fase de construcción como durante las condiciones de servicio.

El geotextil permite distribuir las tensiones locales tanto en la interfaz del agregado subrasante como dentro de la estructura del agregado al actuar como un componente estructural y

de confinamiento de las partículas del suelo. Estas acciones mejoran la capacidad portante al mismo tiempo que reducen la tensión en la subrasante (PAVCO S.A, 2009). Además, al deformarse el geotextil como resultado del ahuellamiento de los neumáticos, se puede crear una pieza vertical que pueda reducir las tensiones en la subrasante y soportar parcialmente la carga de los vehículos transmitida a los neumáticos (Bustamante, 2016a).

2.4. Clasificación de los geotextiles

2.4.1. Según el método de fabricación

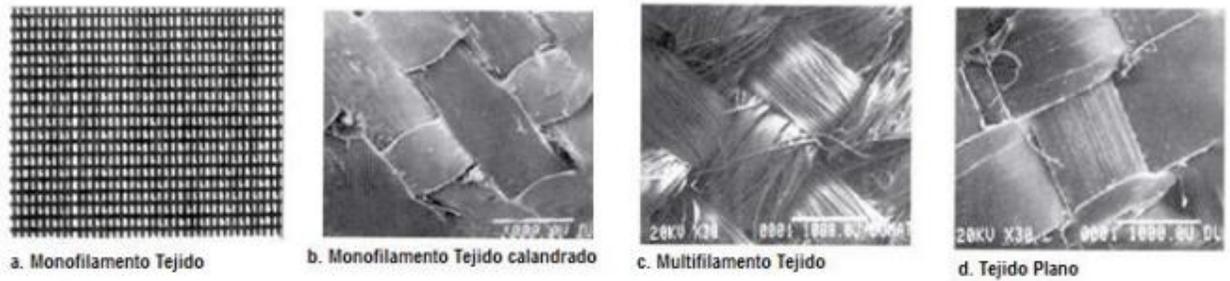
2.4.2. Geotextiles Tejidos.

Son los que están hechos de cintas que se entrelazan en una máquina de tejer. Pueden ser calados o tricotados (PAVCO S.A, 2009).

Las cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal) forman los tejidos de calada. Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial en los dos sentidos de su fabricación y puede ser muy elevada según las características de las cintas utilizadas. Su forma es plana. Las máquinas de tejido de punto utilizan hilo entrecruzado para hacer tricotados. Según se fabriquen en máquinas tricotosas o circulares, su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial. Su estructura se compone de tres dimensiones. La Figura 2 muestra una lista de varios tipos de geotextiles tejidos.

Figura 2

Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles tejidos



Fuente: (PAVCO S.A, 2009) Manual de Diseño con Geosintético

2.4.3. Geotextiles No Tejidos.

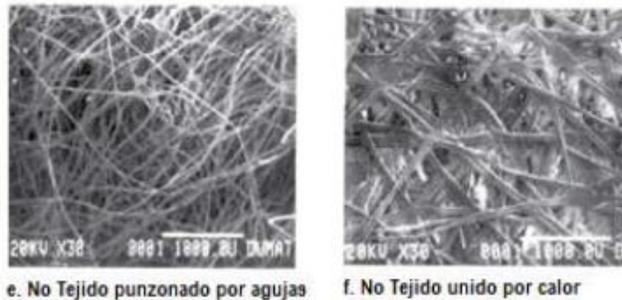
Están compuestos por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, y esta estructura se consolida de diferentes maneras dependiendo de la fabricación utilizada para unir los filamentos o fibras. Los geotextiles no tejidos a su vez se clasifican en:

- Vinculados mecánicamente o punzonados por agujas
- Conectados por calor o termosoldados
- Adhesivos químicos o resinados

La Figura 3 muestra dos tipos diferentes de geotextiles no tejidos.

Figura 3

Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles no tejidos



Fuente: (PAVCO S.A, 2009) Manual de diseño de geo sintéticos.

2.4.4. Según su composición.

Las fibras sintéticas son las más utilizadas, por lo que se asocian con frecuencia al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo, debido a su amplia gama de usos, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

2.4.5. Fibras naturales.

Pueden ser animales (lana, seda, pelos, etc.) vegetales (algodón, yute, coco, lino, etc.) que se utilizan para fabricar geotextiles biodegradables que se utilizan para revivir taludes, bordes de ríos, etc. Un geotextil hecho de fibra natural se muestra en la Figura 4 (Bustamante, 2016a).

2.4.6. Fibras artificiales.

Son acetato, viscosa y rayón, entre otras derivadas de celulosa.

2.4.7. Fibras sintéticas.

Se fabrican con filamentos hechos de polímeros sintéticos o fibras. Son muy resistentes a las bacterias y microorganismos y de gran durabilidad. El polipropileno, el poliéster, el polietileno, la poliamida y el poliacrílico son los materiales más utilizados.

Figura 4

Geotextil de fibra de coco



Fuente: (Bustamante, 2016a) Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso combinado de una Geomalla y un Geotextil

2.5. Geomallas

La geomalla es un tipo de geosintético que se utiliza en la construcción de carreteras para aumentar el confinamiento en el material de la capa de base, lo que lleva a un aumento en la resistencia al corte del agregado. Además, la geomalla contribuye a la restricción lateral a lo largo de la interfaz suelo-geosintético. (Zornberg, 2019)

2.5.1. Geomallas coextruídas

Hay varias formas de mejorar la capacidad de carga de los suelos blandos. Uno de los métodos más antiguos y aún efectivos es reforzar el suelo mediante el confinamiento lateral de las partículas de material y aumentar su resistencia a los esfuerzos. Estos efectos se lograban tradicionalmente mediante el uso de ramas trenzadas o la colocación de troncos de forma perpendicular. (PAVCO S.A, 2009).

La tecnología actual permite el uso de materiales sintéticos específicamente diseñados para obtener el mismo efecto de confinamiento lateral y resistencia a la tensión, como las geomallas coextruídas biorientadas.

Las geomallas coextruídas son estructuras bidimensionales hechas de polímeros con una red regular de costillas conectadas de forma integrada por extrusión. Tienen aberturas de tamaño suficiente para permitir la trabazón del suelo, la piedra u otro material geotécnico circundante.(PAVCO S.A, 2009).

Las geomallas coextruídas se utilizan principalmente para reforzar; el tipo de geomalla depende de la dirección en que se transmiten los esfuerzos a la estructura del pavimento. Se utilizan geomallas mono orientadas, que son geomallas con una resistencia y rigidez mayor en el sentido longitudinal que en el sentido transversal.

En cambio, para estructuras en las que la disipación de esfuerzos ocurre aleatoriamente y en todas las direcciones, como pavimentos o cimentaciones superficiales, se utilizan geomallas biorientadas

o bidireccionales. Estas geomallas no difieren mucho entre sus propiedades en los dos sentidos de la grilla. (PAVCO S.A, 2009).

Las geomallas coextruídas mejoran la resistencia al corte del suelo.

Se produce una interacción entre las capas de suelo que rodean la geomalla mientras se aplica una carga normal al suelo. Con estas condiciones, se necesitará una carga mucho mayor para generar movimiento en el suelo. La utilización de EI compuesto de suelo-geomalla disminuye la resistencia al movimiento, lo que resulta en una condición de cohesión incluso en materiales granulares.

El compuesto combina la resistencia a la compresión del suelo con la tensión geomalla para crear un sistema que brinda una mayor rigidez y estabilidad que un suelo sin ningún elemento que soporte estos esfuerzos. La capacidad de la geomalla para distribuir las fuerzas sobre su superficie aumenta las características de resistencia contra los desplazamientos de la estructura durante el sometimiento de esta a cargas tanto estáticas como dinámicas. (PAVCO S.A, 2009).

2.6. Clasificación de las geomallas

2.6.1. Geomallas Coextruidas Mono-Orientadas.

Las geomallas mono direccionales son estructuras bidimensionales hechas de polietileno de alta densidad utilizando un proceso de extrusión seguido de estiramiento en una sola dirección. En la dirección longitudinal, este proceso permite el desarrollo de una estructura monolítica con una distribución uniforme de largas aberturas elípticas, lo que resulta en un gran módulo de tensión

y gran fuerza a la tensión. La estructura de este tipo de geomallas proporciona un sistema de trabazón ideal para suelo granular. (Ver Figura 5) (PAVCO S.A, 2009).

Este tipo de geomallas coextruidas de alta densidad soportan esfuerzos de tensión de hasta 160 kN/m y son completamente inertes a las condiciones químicas o biológicas típicas del suelo. Esto se debe a que el suelo tiene la capacidad de absorber los esfuerzos de compresión, lo que conduce al concepto de estructuras en suelo reforzado, que es similar al concepto de estructuras en concreto y acero reforzado (PAVCO S.A, 2009).

Figura 5

Geomalla coextruida mono - orientada



Fuente: (PAVCO S.A, 2009) Manual de Diseño con Geo sintéticos

2.6.2. Geomallas Coextruidas Bi-Orientadas.

Este tipo de geomallas son estructuras de dos dimensiones hechas de polipropileno que son químicamente inertes y tienen características uniformes y homogéneas. Se producen mediante un proceso de extrusión y luego se estiran longitudinalmente y transversalmente. Este método produce

una estructura de distribución uniforme de espacios rectangulares con un alto módulo de elasticidad y alta resistencia a la tensión en ambas direcciones. Por lo tanto, la estructura de la geomalla permite una trabazón ideal con el suelo. Este tipo de geomallas coextruídas están compuestas por elementos y nudos rígidos que brindan un alto nivel de confinamiento. Son particularmente útiles para reforzar estructuras de pavimentos flexibles y rígidos. (PAVCO S.A, 2009). (Ver Figura 6)

Figura 6

Geomalla coextruída Bi – orientada



Fuente: (PAVCO S.A, 2009) Manual de Diseño con geo sintéticos.

2.6.3. Ventajas y desventajas del uso de geosintéticos

2.6.3.1 Ventajas

El control de calidad en la fabricación de geosintéticos en entornos controlados de fábricas ofrece ventajas notables frente a la exposición al aire libre y la construcción directa en suelo. Las fábricas suelen contar con certificaciones ISO 9000 y programas internos de calidad. La delgadez

de los geosintéticos comparados con el suelo natural implica ventajas como menor espacio ocupado, eliminación de materiales de cantera como arena, grava y arcilla. La instalación sencilla de geosintéticos contrasta con las capas gruesas de suelo (arena, grava, arcilla) que requieren maquinaria pesada. Normativas en ISO, ASTM y GSI han avanzado, y hay métodos de diseño disponibles en universidades, ya sea en cursos independientes o integrados en ingeniería hidráulica, geotécnica y medioambiental. (Geotexan, 2012)

2.6.3.2 Desventajas

La resina específica formulada para geosintéticos debe asegurar su rendimiento a largo plazo mediante aditivos como antioxidantes, protectores UV y rellenos adecuados. La obstrucción de geotextiles, geomallas o geomembranas puede ser un desafío en ciertos suelos o situaciones singulares, como loess, líquidos turbios o cargados de microorganismos (como el escurrimiento de granjas), requiriendo pruebas especializadas. El manejo, almacenamiento e instalación necesitan un cuidadoso control de calidad y seguridad. Al comparar con diseños de suelo natural, los diseños de geosintéticos generalmente muestran una desventaja en sostenibilidad. (Geotexan, 2012)

2.7. Tráfico de Diseño

El tráfico de diseño se refiere al tránsito que será utilizado en el cálculo estructural de una carretera, el cual involucra el cálculo y la estimación de diferentes tipos de tráfico que componen el tráfico de diseño, los que se revisan a continuación.

2.7.1. Tráfico Actual (T_0)

Es el volumen de tráfico o el número de vehículos que circulan por una vía que debe mejorarse o el volumen de tráfico que circularía por una carretera nueva si estuviera abierta al servicio de los usuarios.

2.7.2. Tráfico futuro

A la hora de diseñar una vía, el tráfico futuro es importante, basándose en el tráfico actual, el crecimiento normal del diseño creado y el tráfico desarrollado, obteniendo predicciones para un diseño de 15 a 20 años.

$$T_{futuro} = T_{actual}(1 + i)^n \quad (1)$$

T_{actual} : Tráfico actual.

T_{futuro} : Tráfico futuro.

i : Índice de crecimiento.

n : Número de años proyectados para el diseño.

2.7.3. Tipos de vehículos en el Ecuador

El tránsito es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos, por lo que es necesario realizar una caracterización de los vehículos que circulan por la carretera antes de la pavimentación. En general, los vehículos se dividen en dos grandes grupos: vehículos livianos y vehículos pesados. Los vehículos pesados aportan información para el diseño de pavimentos porque los vehículos livianos no son contundentes como los vehículos pesados. En 2016, el

Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador emitió normas para controlar el peso y las dimensiones de los vehículos de carga pesada que se encuentran en la red vial del país, con el objetivo de mejorar los servicios ofrecidos. De esta manera, existen límites de peso bruto para vehículos de carga pesada de 3,5 toneladas y 48 toneladas, lo que significa que el máximo peso bruto permitido para vehículos en carreteras y puentes será de 48 toneladas.

2.7.4. Tabla nacional de pesos y dimensiones.

Como se mencionó anteriormente, el MTOP ha creado la siguiente tabla para regular los pesos y dimensiones de los vehículos pesados. Todo vehículo de carga pesada cuyo peso bruto de vehículo sea igual o superior a 3,5 toneladas, ya sea de origen nacional o internacional, está sujeto a los pesos y dimensiones especificados en la tabla.

Tabla 3

Clasificación de los vehículos para la determinación de los ESAL's

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10

Fuente:(MOP-001, 2002)

2.7.5. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Es la cuantificación del volumen de tráfico cuantificado en las 24 horas del día, durante los 365 días del año, presentado como promedio para el número de días. Es el primer objetivo del estudio de tráfico porque permite estimar el tráfico al que va a dar servicio la vía proyectada. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_o \cdot F_h \cdot F_d \cdot F_s \cdot F_m \quad (2)$$

Donde:

To: Tráfico observado en un periodo de horas de un día en particular.

Fh: Factor horario

Fd: Factor diario

Fs: Factor Semanal

Fm: Factor mensual

2.8. Diseño de Pavimentos

2.8.1. Pavimento

Un pavimento se compone de una serie de capas superpuestas que están relativamente horizontales y se construyen técnicamente utilizando materiales adecuados y compactados. Durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento, estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida durante el proceso de exploración

y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten.
(Fonseca, 2006)

2.8.2. Características que debe reunir un pavimento

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

“

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.

- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

” (Fonseca, 2006)

2.8.3. Clasificación de los pavimentos

Según Fonseca (2006) los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos o semiflexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

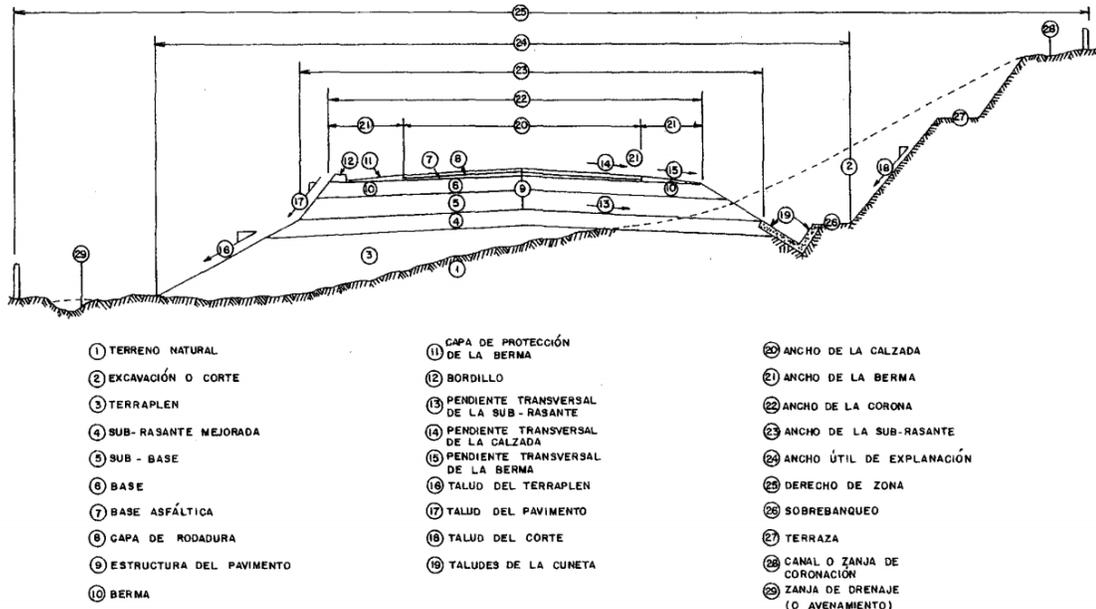
2.8.4. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Fonseca, 2006)

En la Figura No. 7 se muestra un corte típico de un pavimento flexible.

Figura 7

Sección típica de un pavimento flexible



Fuente: (Fonseca, 2006)

2.8.5. Funciones de las capas de un pavimento flexible

2.8.5.1. La subbase granular

Función económica. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta

solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica.

Capa de transición. La sub base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de las deformaciones. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia. La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante.

Drenaje. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

2.8.5.2. La base granular

Resistencia. La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

Función económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

2.8.5.3. Carpeta

Superficie de rodamiento. La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Resistencia. Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

2.8.6. Asfalto

El asfalto es un material aglomerante sólido o semisólido que cambia de color de negro a pardo oscuro y se licua gradualmente en altas temperaturas. El asfalto se contribuye con betunes que se producen naturalmente en forma sólida o semisólida. También se puede obtener de la destilación del petróleo, de combinaciones de estos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones. (Dávila María & Gómez Jefferson, 2018)

2.9. Método AASHTO 93.

Este método de diseño de pavimento flexible surge de la revisión realizada en el año 1993 al “Manual de Diseño de Estructuras de Pavimentos ASSHTO 86”, manual que se caracteriza por mantener las ecuaciones de comportamiento de los pavimentos establecida en el experimento vial de la AASHO en el año 1961, pero además el mencionado manual (1986) incluye ciertos cambios, siendo los más importantes los siguientes:

Factor de confiabilidad, considerado por un cambio del tráfico a lo largo del periodo de diseño.

Módulo resiliente del suelo, parámetro de diseño que reemplazó al valor soporte del suelo (Si) que consideraba el método predecesor.

Coefficientes estructurales de los materiales calculados empleando los módulos resilientes correspondientes.

Modificación en las ecuaciones de diseño con el fin de considerar las ventajas producto de un buen drenaje.

La ecuación básica utilizada para realizar el diseño del pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10} Wt18 = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Ec. VI-1

Donde:

Wt18: de aplicaciones de carga equivalente de 18 Kilo libras (Kips) acumuladas para el periodo de diseño.

Zr: Desviador en la curva de distribución normal, se encuentra en función del grado de confiabilidad de diseño (R).

So: Desviación estándar, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito.

Δ PSI: Pérdida de serviciabilidad que se prevé en el diseño, diferencia entre la serviciabilidad inicial (p_o) y serviciabilidad final (p_f) para el periodo de diseño considerado.

MR: Módulo resiliente de la subrasante, y de las capas granulares, obtenidas con ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR).

SN: Número estructural, que representa la capacidad de la estructura para soportar las cargas, según las condiciones de diseño predeterminadas.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño que el método considera.

2.9.1. Parámetros de diseño.

2.9.1.1. Tránsito de diseño.

Este parámetro de diseño representa las cargas a las que se prevé va a estar sometida la estructura, este parámetro se obtiene del estudio del tránsito realizado en la zona del proyecto, para la metodología de diseño AASHTO 1993 se requiere como dato las cargas equivalentes en el Periodo de diseño (W_{18}), es decir se utiliza el resultado de la conversión de Tráfico, a Carga Equivalente de eje simple de 18 Kips (ESAL's) proyectados para el periodo de diseño considerado.

2.9.1.2. Módulo resiliente.

El módulo resiliente representa la capacidad de respuesta del suelo frente a cargas dinámicas, este parámetro se ha considerado en la metodología de diseño a partir de la edición del año 1986.

Como se detalla en este parámetro de respuesta del suelo se obtiene mediante ensayos de carga dinámica, o mediante correlaciones con otras propiedades del suelo (Siendo más difundida la correlación con la Capacidad Soporte del Suelo CBR), la guía AASHTO presenta las siguientes ecuaciones a utilizar:

$$Mr = 1500 * CBR \quad \text{Para } CBR \leq 10\% \quad (\text{psi}) \quad \text{Ec. VI-2}$$

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64} \quad \text{Para } CBR > 10\% \quad (\text{psi}) \quad \text{Ec. VI-3}$$

Según el Ministerio de Obras Públicas de Chile sugiere usar estas ecuaciones conservadoras:

$$MR_{Base\ Gran.} = -0.147(CBR)^2 + 29.9(CBR) + 592$$

$$MR_{Sub-base\ Gran.} = -0.152(CBR)^2 + 22.4(CBR) + 512$$

$$MR_{Sub-base\ Gran.} = 115.247(CBR)^{0.595}$$

2.9.1.3. Periodo de diseño.

El periodo de diseño se refiere al tiempo en el cual la estructura prestará servicio bajo las condiciones de diseño, ejecución y mantenimiento adecuados, el diseño estructural de una carretera en nuestro País, para tráfico pesado se recomienda de 30 años, a continuación, se presenta los periodos de diseño sugerido en la “Guía para el diseño de pavimentos AASHTO 1993.

Tabla 4*Periodo de diseño en años, según el tipo de Carretera.*

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, Pavimentación con grava	10-20

*Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. I-62)***2.9.1.4. Serviciabilidad.**

Se refiere al resultado final que la vía transmite al conductor, es decir la comodidad y seguridad que este experimenta al conducir en la vía terminada, la cuantificación de dicha característica se determinó como el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés “present serviciability index”), dicho índice califica al pavimento en una escala del 0 (pésimas condiciones) al 5 (en perfectas condiciones), pero al ser una medida subjetiva, se obtuvo ecuaciones para obtener el PSI, existe ecuaciones establecidas por el AASHO, las cuales fueron determinadas en las pruebas realizadas, se encuentran detalladas en el Capítulo II (Estudio de Tránsito). Los valores de serviciabilidad obtenidos de la Carretera Experimental AASHO para pavimentos flexibles son:

Para condiciones iniciales (P_o): $P_o=4.2$

Para condiciones finales (Pf): $Pf=2.0$ Para vías de tránsito menor $Pf=2.5$ Para vías de primer orden.

2.9.1.5. Número estructural.

Es un número que representa la resistencia que requiere la estructura del pavimento para brindar soporte al tráfico de diseño expresado como Ejes equivalentes de carga (ESAL's), el número estructural se define en función del coeficiente estructural de las capas soporte de la estructura, así como el coeficiente de drenaje de cada capa.

La ecuación que define al Número Estructural es la detallada a continuación:

$$SN=a_1*D_1+a_2*m_2*D_2+a_3*m_3*D_3+a_4*m_4*D_4$$

Ec. VI-4

Donde:

Capa 1: Capa de rodadura de Cemento asfáltico.

Capa 2: Capa de Base granular.

Capa 3: Capa de Subbase granular.

Capa 4: Capa de mejoramiento con material granular en caso de requerirse.

a_1, a_2, a_3, a_4 : Son los Coeficientes estructurales o de Capas, adimensionales.

D_1, D_2, D_3, D_4 : Espesor requerido de la capa correspondiente (Pulg).

m_2, m_3 : Son los Coeficientes de Drenaje de las capas respectivas.

2.9.1.6. Coeficiente de drenaje (mi).

Este coeficiente de drenaje es el encargado de corregir los coeficientes estructurales de las capas de base (a2) y subbase (a3), cuando estas no se encuentran tratadas (sea con cemento o con asfalto). Este coeficiente de ajuste depende de la calidad de drenaje de la capa, así como del tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación, en la Guía de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 1993, presenta la siguiente tabla para determinar el factor de ajuste:

Tabla 5

Valores recomendados del coeficiente de drenaje (mi), para capas de base y subbase no tratadas.

Calidad de drenaje	% del tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximas a la saturación			
	Menos del 1%	Entre 1 - 5%	Entre 5 - 25%	Más del 25 %
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. II-25)

2.9.1.7. Coeficiente estructural.

El coeficiente estructural o coeficiente de capa está asociado con la resistencia de cada una de las capas que conforman la estructura del pavimento (subbase, base y capa de rodadura), es por

esta razón que mientras mayor sea la resistencia (CBR o Estabilidad Marshall) de la capa considerada, mayor será el coeficiente de capa, y por consiguiente menor el espesor de la capa.

Tabla 6

Ecuaciones de coeficiente estructural para diferentes capas estructurales de vía.

CAPA	PROPIEDAD MECÁNICA DE LA CAPA	ECUACIÓN DEL COEFICIENTE DE CAPA
SUB-BASE	CBR (%)	$a_3 = 0.058 * CBR^{0.19}$
	E_3 modulo resiliente (psi)	$a_3 = 0.227 * \log(E_3) - 0.839$
BASE	CBR (%)	$a_2 = 0.032 * CBR^{0.32}$
BASE ESTABILIZADAS CON CEMENTO	f'c (PSI) a los 7 días	$a_2 = 1.549 * 10^{-4} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
	f'c (MPa) a los 7 días	$a_2 = 2.246 * 10^{-2} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
	f'c (Kg/cm2) a los 7 días	$a_2 = 2.203 * 10^{-2} * f'c + 9.521 * 10^{-2}$
	E_2 modulo resiliente (psi)	$a_2 = 2.249 * (E_2) - 0.977$
BASE ESTABILIZADAS CON ASFALTO	ESTABILIDAD MARSHALL (Lb)	$a_2 = 1.155 * 10^{-4} * EM + 1.129 * 10^{-1}$
CAPA DE RODADURA	ESTABILIDAD MARSHALL (N)	$a_1 = 0.0078 * EM^{0.441}$
	ESTABILIDAD MARSHALL (Lb)	$a_1 = 0.01506 * EM^{0.441}$
	MODULO DINÁMICO (MPa)	$a_1 = 0.0052 * E^{0.555}$
	E_1 modulo resiliente (psi)	$a_1 = 0.184 * \ln(E_1) - 1.9547$

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993)

2.9.1.8. Nivel de confianza.

El nivel de confianza (R) es uno de los parámetros que fueron incluidos en la guía de diseño AASHTO 93, este parámetro involucra una la probabilidad de que un pavimento tenga un nivel de

serviciabilidad sobre los límites establecidos, durante su vida de diseño, bajo la repetición de cargas de diseño. El valor de nivel de confiabilidad se lo selecciona en función del tipo de carretera.

La guía AASHTO 93 sugiere los siguientes valores para los diferentes tipos de carreteras.

Tabla 7

Nivel de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras.

Clasificación de carretera	Nivel de confiabilidad recomendado R%	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteria o carreteras principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de transito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. II-9)

2.9.1.9. Desviación estándar normal.

La desviación estándar normal (ZR), planteada en la ecuación VI-1, se lo determinará mediante el nivel de confiabilidad, como recomienda la Guía AASHTO 93.

Tabla 8*Valores de Desviación estándar normal recomendados por la Guía AASHTO 93*

Confiabilidad	Zr	Confiabilidad	Zr
50	0	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.34	99.9	-3.09
92	-1.405	99.9	-3.75

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. I-62)**2.9.1.10. Desviación estándar total.**

La desviación estándar total (S_o), involucra tanto la incertidumbre en la estimación del tránsito, como; factores de construcción de la carretera, calidad de los materiales con la que fue construida, comportamiento del pavimento, etc. Donde la Guía AASHTO 93, propone los siguientes rangos para la estimación de S_o .

Tabla 9*Valores de Desviación estándar total recomendados por la Guía AASHTO 93*

Proyecto de pavimento	Desviación estándar total
Rango para pavimentos flexibles	0.40 - 0.50
Construcciones nuevas	0.4
Sobre capas	0.5

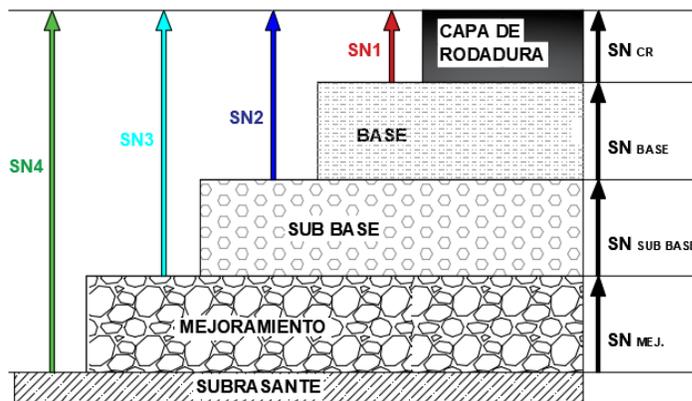
Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. I-62)

2.9.1.11. Determinación del número estructural de las capas.

La obtención del número estructural de cada una de las capas se lo realiza mediante la ecuación planteada por la Guía AASHTO (Ec. VI-1), donde el número estructural SN de cada una de las capas se lo determina usando el respectivo módulo resiliente de la capa soporte. El número SN también puede ser determinado de manera práctica, mediante el nomograma planteado por la AASHTO, el cual arroja resultados aproximados a los estimados con la ecuación.

Ilustración 2

Número estructural de cada una de las capas.



Fuente: (Auqui Parra & Ramírez Chicaiza, 2019)

Como se puede observar en el gráfico el número estructural de cada una de las capas será:

$$SN_{CR}=SN_1$$

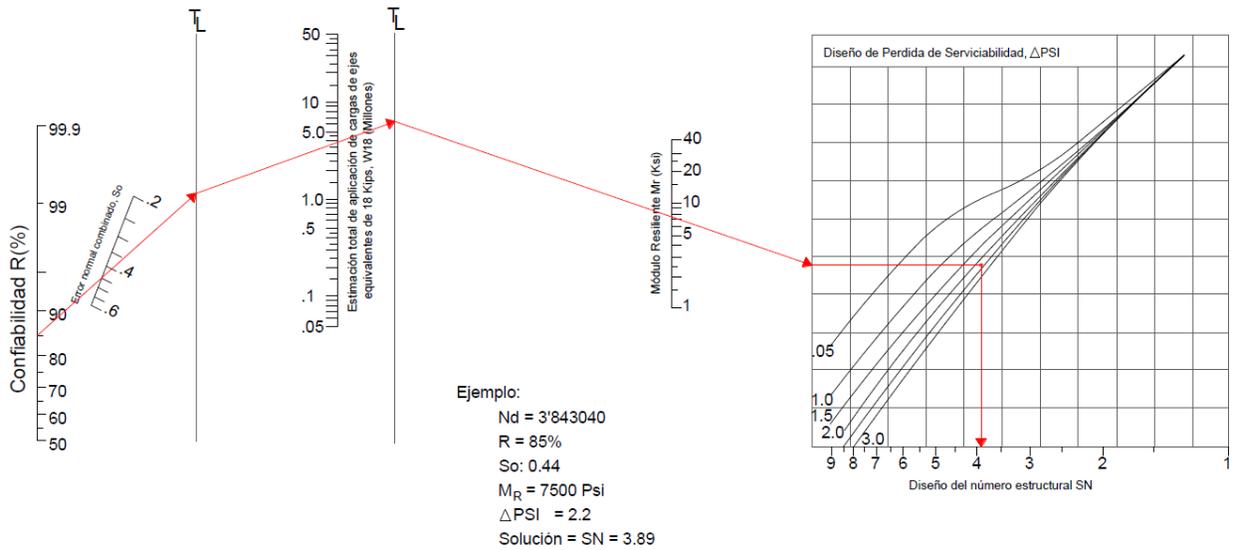
$$SN_{BASE}=(SN_2-SN_1)$$

$$SN_{SUB\ BASE}=(SN_3-SN_2);$$

$$SN_{MEJ.}=(SN_4-SN_3)$$

Ilustración 3

Nomograma recomendado por la AASHTO para determinación del número estructural



Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. II-32)

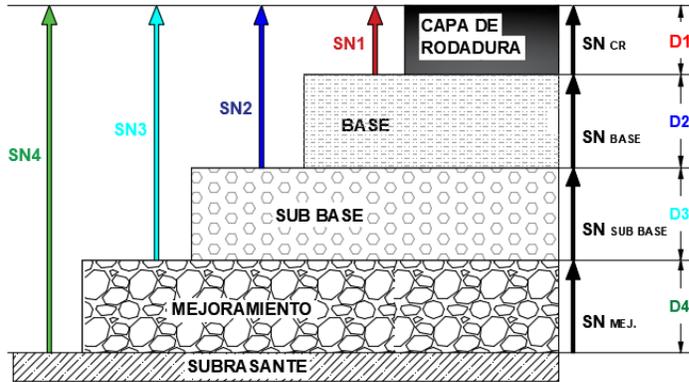
2.9.1.12. Determinación del espesor de capa.

a. Espesor calculado.

Una vez obtenido el número estructural SN de cada una de las capas, podremos determinar el espesor de la capa mediante la relación de número estructural y los coeficientes de drenaje (m_i) y estructural (a_i) correspondientes.

Ilustración 4

Espesor de capa (D) correspondiente a cada número estructural.



Fuente: (Auqui Parra & Ramírez Chicaiza, 2019)

$$D_1 = \frac{SN_{CR}}{a_1};$$

$$D_2 = \frac{SN_{BASE}}{a_2 * m_2};$$

$$D_3 = \frac{SN_{SUB\ BASE}}{a_3 * m_3};$$

$$D_4 = \frac{SN_{MEJ.}}{a_4 * m_4}$$

b. Espesores mínimos.

La guía AASHTO 93 recomienda espesores mínimos para las capas de rodadura y base granular, con la finalidad de asegurar que estas no sobrepasen las deformaciones y esfuerzos admisibles, estos espesores están en función de los ESAL's.

Tabla 10*Valores de espesores mínimos recomendados por la Guía AASHTO 93*

Espesores mínimos (pulgadas)		
Tránsito de diseño (Ejes equivalentes de 18 kips)	Carpeta Asfáltica	Base Granular
Menor a 50000	1 o T.S.	4
50001 – 150000	2	4
150001 – 500000	2.5	4
500001 – 2 000000	3	6
2 000001 – 7 000000	3.5	6
Mayor a 7 000000	4	6

T.S. Tratamiento superficial.

Fuente: (AASHTO Guide for design of pavement structures, 1993, págs. II-35)

Debido a que la guía AASHTO 93, no recomienda espesores mínimos para el caso de sub bases granulares, ni mucho menos para mejoramientos, en la práctica se recomienda valores para sub bases granulares de entre 1.5 y 2 veces el espesor mínimo de la base granular, mientras que por otro lado para el caso de mejoramientos se recomienda un valor de entre 1.5 a 2 veces el espesor de la sub base granular adoptado anteriormente.

c. Espesores ajustados.

Los espesores calculados deberán ser comparados con los espesores mínimos de capa granular (Base) y capa de rodadura (Carpeta asfáltica.) recomendados por la guía AASHTO 93, tomando el mayor de los dos valores comparados.

En el caso de la carpeta de rodadura no siempre el mayor valor será el adecuado, dado a que un espesor mayor de capa de rodadura conlleva un incremento de costos, es por esta razón que en algunos casos se puede optar por el espesor mínimo.

Con estos nuevos valores de los espesores de capas se determina un nuevo número estructural mediante la ecuación Ec.VI-4, (SN ajustado) para compararlo con el número estructural total calculado (SN calculado) mediante la ecuación AASTHO 93. (Ec.VI-1), en el caso de que se determine un sobredimensionamiento (SN ajustado > SN calculado), se puede obtener nuevos valores de número estructural ajustado, disminuyendo espesores de las capas que sean posibles disminuirlas. Hasta obtener un valor cercano al del número estructural calculado.

2.9.2. Recomendaciones del tipo de material granular a utilizar.

El material granular que puede ser usado para la construcción de cada una de las capas puede ser asumido en función al espesor de la capa tomando en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado (Bases, Sub Bases, material de mejoramiento). Tomando en cuenta que el espesor de la capa debe ser mayor que en tamaño máximo nominal en 2,5 a 3 veces.

$$D \geq (2.5 - 3) TM.$$

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

Se tomaron en cuenta las siguientes actividades para crear este componente:

3.1.1. Recopilación de datos:

Recopilar datos precisos y confiables para realizar un diseño de pavimento adecuado. Esto implica llevar a cabo estudios geotécnicos para determinar las propiedades del suelo y los materiales utilizados en la construcción de la vía. También se deben recopilar datos de tráfico, como el número de vehículos que circulan por día y la carga promedio por eje.

3.1.2. Análisis del tráfico:

Con los datos de tráfico recopilados, se debe realizar un análisis exhaustivo para determinar las cargas que soportará el pavimento. Esto implica el cálculo de los equivalentes de carga de ejes, la distribución de carga y la estimación de la vida útil deseada para el pavimento.

3.1.3. Diseño estructural del pavimento:

Utilizando el método AASHTO 93, se procede a realizar el diseño estructural del pavimento flexible. Esto implica determinar el número de capas necesarias, así como el espesor y las propiedades de cada capa. También se debe considerar la capacidad portante del suelo subyacente y su capacidad de drenaje.

3.1.4. Selección de materiales:

Una vez finalizado el diseño estructural, se deben seleccionar los materiales adecuados para cada capa del pavimento. Esto incluye elegir los tipos de agregados, el tipo de subbase y base, cemento y geomalla biaxial, así como el tipo de mezcla asfáltica para la capa de rodadura.

3.1.5. Verificación y ajuste del diseño:

Una vez que se haya completado el diseño inicial, es importante verificar si cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad. Se pueden realizar pruebas de laboratorio para comprobar la resistencia de los materiales utilizados y ajustar el diseño si es necesario.

3.1.6. Detalle de construcción:

Como parte del proyecto de diseño, se debe proporcionar un detalle de construcción que incluya todas las especificaciones técnicas y los procedimientos a seguir durante la construcción del pavimento. Esto garantiza que la construcción se realice de acuerdo con el diseño y los estándares establecidos.

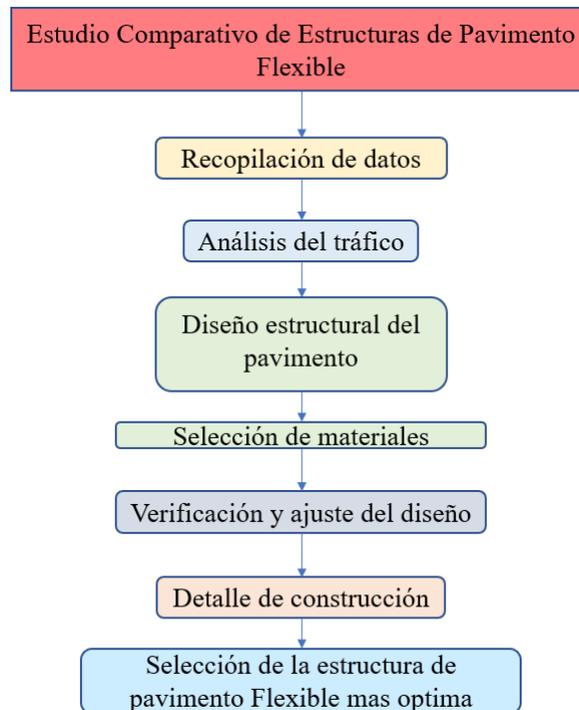
3.1.7. Supervisión de la construcción:

Finalmente, es importante llevar a cabo una supervisión rigurosa durante la etapa de construcción para asegurarse de que se estén siguiendo todas las especificaciones y procedimientos. Esto implica realizar inspecciones periódicas, pruebas de calidad y verificar que se cumpla con los tiempos establecidos.

Al seguir este proceso, se puede garantizar la calidad y durabilidad del pavimento, proporcionando una carretera segura y confiable para los usuarios.

Figura 8

Proceso del estudio comparativo de estructuras de pavimento Flexible



Fuente: Elaboración Propia

3.1.8. Recolección de datos

Hace referencia a todos los trabajos de campo realizados para obtener datos útiles para el proyecto actual.

3.1.9. Conteo Vehicular

La prefectura del Azuay con la instalación de una cámara en un punto específico de la vía de estudio cerca de la parroquia Jadan permitió grabar la frecuencia de tránsito las 24 horas del día durante 7 días, como se muestra en la Ilustración 1. Luego se registraron esos datos en una plantilla de conteo de vehículos, como se muestra en la Tabla 10. (Prefectura del Azuay, 2023)

Ilustración 5

Cámara para el conteo de vehículos



Fuente: (Prefectura del Azuay, 2023)

Tabla 11

Plantilla de registro de números de vehículos

ESTUDIO VIAL DEL TRAMO JADÁN - ZHIDMAD											
AFOROS VEHICULARES											
Ubicación: _____	Fecha: _____										
Vía: _____	Sentido _____										
Aforador: _____	Hoja: _____ de: _____										
Coordinador: _____	Hora de inicio: 06h00 Hora final 18h00										
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-2D	C-2DB	C-3A	C-4C	T2DB	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 - 6:15											
6:15 - 6:30											
6:30 - 6:45											
6:45 - 7:00											

Fuente: (Prefectura del Azuay, 2023)

3.1.10. Estudio del Tránsito

El cuadro de resumen del día con la mayor carga de vehículos fue el Domingo 10 de septiembre de 2023, después de completar el conteo de vehículos de una semana con una frecuencia de 15 minutos durante las 12 horas. La **Tabla 12** muestra el volumen máximo de vehículos.

Tabla 12

Resumen de vehículos de la vía ZHIDMAD - JADAN

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 24H00)							
INTERSECCION: ZHIDMAD - JADAN				INTERSECCION: I1			
domingo, 10 de septiembre de 2023	O	D	S1	S2	S3	S4	Total
	E1			0	313	0	313
	E2		0		0	303	303
	E3		0	0		0	0
	E4		0	0	0		0
			0	0	313	303	616

Fuente: Elaboración propia

Factores de diseño necesarios para calcular el TPDA.

$$TPDA_{2023} = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$$

3.1.10.1. Factor horario (Fh): El $F_h = 1.021$ debido a que se contaron 12 horas del día y se comparó con otro conteo de 24h de una vía de similares condiciones.

3.1.10.2. Factor diario (Fd): El $F_d = 1$ debido a que se cuentan los 7 días

3.1.10.3. Factor Semanal (Fs): En función del número de semanas por mes, véase la Tabla 13, obteniendo como resultado $F_s = 1.0711$.

Tabla 13

Factor Semanal

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
Total	365		

$F_s = 1.071428571$

Fuente: Elaboración Propia

3.1.11. Factor mensual (Fm)

El factor mensual se obtiene de la tabla de combustibles del año anterior al conteo. Es decir, la tabla de combustibles del año 2022, véase la **Tabla 14**.

Tabla 14*Consumo de combustible Provincia del Azuay 2022*

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022					
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5,041,034	426,907	3,821,603	9,289,543	1.059592
Febrero	4,880,836	433,298	3,541,383	8,855,516	1.111524
Marzo	5,355,979	453,869	3,841,103	9,650,951	1.019912
Abril	5,032,952	413,959	3,736,007	9,182,917	1.071895
Mayo	5,078,272	399,376	4,163,812	9,641,460	1.020916
Junio	5,196,709	387,913	4,223,877	9,808,499	1.003530
Julio	5,547,513	419,991	4,503,173	10,470,677	0.940066
Agosto	5,452,805	428,022	4,448,420	10,329,247	0.952937
Septiembre	5,349,559	389,638	4,417,146	10,156,342	0.969160
Octubre	5,258,978	392,703	4,126,129	9,777,810	1.006680
Noviembre	5,417,543	396,626	4,330,418	10,144,587	0.970283
Diciembre	5,907,968	444,561	4,457,393	10,809,921	0.910564
	63,520,145	4,986,862	49,610,461	118,117,467	
	COSTO PROMEDIO MENSUAL			9,843,122	

$$F_m = 0.96916018$$

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

El factor de TPDA que se obtuvo es el siguiente:

$$TPDA_{2023} = 1.060299892$$

Este factor nos permite realizar la corrección para proceder a proyectar para el año 2023.

3.2. TPDA

Después de encontrar el factor TPDA, use la fórmula (2) del capítulo anterior para calcular el tráfico promedio diario anual. Esto da como resultado:

Tabla 15*Trafico Promedio Diario Anual*

FACTOR TPDA= 1.0603		% RESUMEN DE TRÁFICO OBSERVADO		RESUMEN DE TRÁFICO OBSERVADO APLICANDO TPDA	
Livianos	570	Livianos	93%	Livianos	604
Buses	14	Buses	2%	Buses	15
2 ejes	32	2 ejes	5%	2 ejes	34
3 ejes	0	3 ejes	0%	3 ejes	0
> 3 ejes	0	> 3 ejes	0%	> 3 ejes	0
TOTAL	616	TOTAL	100%	TOTAL	653

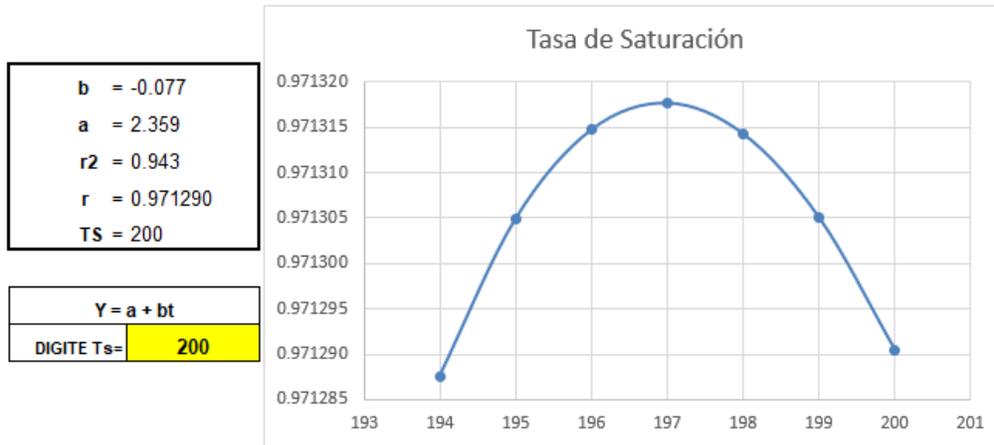
Fuente: Elaboración Propia

3.3. Proyección de Trafico

Se realiza la determinación de la tasa de saturación de la población del Cantón Cuenca puesto que la vía Zhidmad - Jadan es limítrofe a dicho cantón y porque la influencia en sus parroquias rurales es similar al de las parroquias aledañas de Zhidmad y Jadan, como se indica en la **Tabla 16**. La información poblacional se obtiene del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para el año 2010, y luego se lleva a cabo una interpolación hasta el año 2023, seguida de una proyección a 20 años.

Tabla 16

Curva de Saturación



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se obtiene la tasa de crecimiento **Tabla 17** de las parroquias Zhidmad y Jadan con los valores del cantón Cuenca como referencia, pero incluyendo la tasa de crecimiento de los buses, se realiza la proyección del año 2023 para un período de 20 años, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 17

Tasa de crecimiento vehicular cada 5 años

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2023-2028	1.85%	0.93%	0.93%	5
2028-2033	1.64%	0.98%	0.98%	5
2033-2038	1.86%	1.40%	1.40%	5
2038-2043	1.89%	1.58%	1.58%	5

Fuente: Elaboración propia basada en la (INEC, 2010)

Tabla 18*TPDA a los años de interés del proyecto*

VEHICULOS	TPDA2023	TPDA2028	TPDA2033	TPDA2038	TPDA2043
Livianos	625	685	743	815	895
Buses	15	16	16	18	19
2 ejes	34	36	37	40	43
3 ejes	0	0	0	0	0
> 3 ejes	0	0	0	0	0
TOTAL	674	736	797	873	957
				TPDA 2043	957

Fuente: Elaboración propia

El resultado del TPDA para un período de diseño de 20 años, fue de 957 vehículos, por lo tanto, según clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado TPDA, la vía Zhidmad-Jadan se encuentra dentro de la clase III de 300 hasta 1000 vehículos.

3.4. Determinación del número de ejes equivalentes ESALS'S

3.4.1 Clasificación del Tráfico

Para diseñar el pavimento utilizando el método AASHTO (1993), se requiere calcular el número de ejes equivalentes por carril durante un periodo de diseño de 20 años. En la **Tabla 19** se detalla la clasificación de vehículos, incorporando 4 camiones de 3 ejes adicionales para asegurar un margen de seguridad.

Tabla 19

Clasificación de vehículos por número de ejes equivalentes

AÑO 2023	TOTAL	Porcentajes de Vehiculos	
TPD TOTAL	674		
AUTOS	625	92.7%	
BUSES	15	2.2%	
CAMIONES	34	5.0%	
2DA	24	3.561%	Distribucion de Camiones
2DB	10	1.484%	240.0%
			100.0%

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Factor de Distribución por Carril:

Para el segmento vial en análisis, se obtiene un factor de 0.9 debido a la presencia de un solo carril por dirección. Los valores de referencia para este diseño específico están detallados en la **Tabla 20**.

Tabla 20

Factor de Distribución por carril

N. Carriles	Factor de Carril	Rango
1	1.00	1
2	0.90	0.8 - 1.00
3	0.70	0.60 - 0.80
4	0.75	0.50 - 0.75

Fuente: (Officials, 1993)

Utilizando los factores mencionados, se presenta en la **Tabla 21** la cantidad acumulada de ejes equivalentes diseñados para el pavimento flexible durante un lapso de 20 años (2043).

Tabla 21

ESALS(W18)

**CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS
CÁLCULO ZHIDMAD - JADAN**

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO					CAMIONES			W ₁₈	W ₁₈
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	Acumulado	Carril Diseño
2022-2023	3.27%	2.13%	2.13%	2.13%	674	625	15	24	10	24	10	0	30148	13567
2023-2024	2.18%	1.12%	1.12%	1.12%	688	639	15	24	10	24	10	0	60481	27216
2024-2025	1.98%	0.99%	0.99%	0.99%	701	651	15	25	10	25	10	0	91122	41005
2025-2026	1.83%	0.90%	0.90%	0.90%	714	663	16	25	10	25	10	0	121853	54834
2026-2027	1.70%	0.84%	0.84%	0.84%	725	674	16	25	10	25	10	0	152665	68699
2027-2028	1.59%	0.79%	0.79%	0.79%	737	685	16	25	10	25	10	0	183554	82599
2028-2029	1.38%	0.64%	0.64%	0.64%	746	695	16	25	11	25	11	0	216159	97272
2029-2030	1.64%	0.95%	0.95%	0.95%	758	706	16	26	11	26	11	0	249033	112065
2030-2031	1.66%	1.01%	1.01%	1.01%	771	718	16	26	11	26	11	0	281994	126898
2031-2032	1.72%	1.11%	1.11%	1.11%	783	730	16	26	11	26	11	0	315052	141773
2032-2033	1.78%	1.22%	1.22%	1.22%	797	743	17	26	11	26	11	0	348215	156697
2033-2034	1.83%	1.30%	1.30%	1.30%	811	757	17	27	11	27	11	0	381705	171767
2034-2035	1.86%	1.37%	1.37%	1.37%	826	771	17	27	11	27	11	0	415322	186895
2035-2036	1.87%	1.41%	1.41%	1.41%	841	785	17	27	11	27	11	0	449074	202083
2036-2037	1.87%	1.45%	1.45%	1.45%	857	800	18	28	12	28	12	0	484821	218169
2037-2038	1.87%	1.48%	1.48%	1.48%	873	815	18	28	12	28	12	0	520715	234322
2038-2039	1.86%	1.50%	1.50%	1.50%	889	830	18	29	12	29	12	0	556971	250637
2039-2040	1.85%	1.51%	1.51%	1.51%	905	845	18	29	12	29	12	0	593383	267022
2040-2041	2.14%	1.82%	1.82%	1.82%	924	863	19	30	12	30	12	0	630165	283574
2041-2042	1.84%	1.55%	1.55%	1.55%	941	879	19	30	13	30	13	0	668786	300954
2042-2043	1.79%	1.52%	1.52%	1.52%	957	895	19	31	13	31	13	0	707787	318504

Fuente: Elaboración propia

3.5 Pavimento flexible convencional

El valor de Número de ejes equivalentes es 318504 ESALs.

3.5.1 Estudio de la Subrasante

Para la evaluación del CBR se empleará como referencia al Ingeniero Daniel Vélez Parra Msc (2022), consultor a cargo del estudio "Elaboración de Estudios para el Diseño de Pavimentos para la vía Zhidmad - Jadan, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay". Se realizaron 26 extracciones

de muestras de la subrasante mediante calicatas a una profundidad de 1.60 metros, distribuidas aproximadamente cada 500 metros a lo largo de la vía de estudio. Los resultados de estos ensayos se detallan más adelante en el Anexo 2 (Prefectura del Azuay, 2023). La **Tabla 22** exhibe los parámetros geomecánicos derivados de los ensayos de laboratorio de los materiales.

Tabla 22*Resumen de ensayos de laboratorio*

TOMA DE MUESTRAS									
PROFUNDIDAD	ABSCISA	CLASIFICACION DE SUELOS		LL	LP	IP	DENSIDAD MAXIMA (KG/M3)	CBR 100% (%)	CBR 95% (%)
		AASHTO	SUCS						
0.00-0.20	0+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	27.8	19.3	8.5	2025.0	35.7	33.9
0.00-0.10	1+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	32.2	20.4	11.8	2045	28	26.6
0.00 - 0.20	2+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	30.8	20.2	10.6	2025	33.1	31.4
0.20 - 1.60	2+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	38.1	25.7	12.4	1904.4	33.3	31.6
0.00 - 0.20	3+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	29.8	19.7	10.1	2030	35.3	33.5
0.20 - 1.60	3+000	A-2-7 arenoso	Arena arcillosa con grava SC	27.5	19.7	7.8	1959	11.9	11.3
0.00 - 0.30	4+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	30.4	19.7	10.7	2050	21.8	20.7
0.30 - 1.50	4+000	A-2-6 gravoso	Grava arcillosa GC	38.7	22.5	16.2	2014.6	5	4.8
0.00 - 0.20	5+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	29.5	17.6	11.9	2045.6	36.6	34.7
0.20 - 1.20	5+000	A-2-7 arenoso	Arena arcillosa con grava SC	32.3	21.3	11.00	2020	6.1	5.8
0.00 - 0.20	6+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	31.5	20.3	11.2	2037	44.6	42.3
0.00 - 0.30	7+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	32.1	20.7	11.4	2030	58.2	55.2
0.00 - 0.20	8+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	27.6	20.1	7.5	2104.1	51.5	48.9

0.00 - 0.20	9+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	34.5	21.3	13.2	2055	44.5	42.3
0.20 - 1.70	9+000	A-5	Limo arenoso de alta plasticidad MH	50	37.3	12.7	1565.6	2.7	2.5
0.00 - 0.30	11+000	A-2-7 arenoso	Arena arcillosa con grava SC	28.2	21.5	6.7	2082	20.5	19.4
0.00 - 0.50	12+000	A-2-7 gravoso	Grava arcillosa con arena GC	27.9	20.5	7.4	2029.6	70.7	67.1
0.50 - 1.30	12+000	A-2-6 gravoso	Grava arcillosa GC	27.7	15.4	12.3	2092.4	4.8	4.6

Fuente:(Vélez, 2022)

De acuerdo al estudio de suelos realizado por la Prefectura del Azuay (2022) de la vía Zhidmad - Jadan el material que está en el terreno natural y en la capa de mejoramiento es de tipo GC según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los valores de CBR obtenidos indican que el terreno natural no necesita ser reemplazado, pero si requiere mejoramiento en varios puntos por lo que el material de lastre colocado sirve como mejoramiento y que representa un ahorro en tiempo y costos para la Prefectura del Azuay.

3.5.2 CBR de Diseño

La determinación de la capacidad de carga se llevó a cabo utilizando los criterios descritos en la **Tabla 23**.

Tabla 23

Rango del CBR para clasificación del material de subrasante

CALIDAD	CBR (95%)
Buena	> 15
Buena - Mediana	5 < BM < 15
Mediana - Mala	2 < MM < 5
Mala	< 2

Fuente:(MOP-001, 2002)

El índice de Soporte California (CBR) de la subrasante varía desde materiales de calidad considerada "Mediana-Mala" hasta "Buena", con un rango de valores entre el mínimo de 2.5% y un máximo de 67.1%, como se detalla en la

De los datos recopilados durante la exploración en la carretera, se obtuvieron varios valores de CBR de los materiales de la subrasante. Para obtener un valor representativo, se llevó a cabo un análisis estadístico de estos datos. El Instituto del Asfalto recomienda realizar este análisis utilizando la variable conocida como percentil. En la **Tabla 24** se muestra el valor del percentil, el cual está relacionado con el número de ejes equivalentes (W18).

Tabla 24

Rango del CBR para la clasificación del material de subrasante

Valor de percentil por nivel de tráfico	
Nivel de Tráfico	Valor de percentil para diseño de subrasante
< de 10.000 ESAL's	60
Entre 10.000 y 1'000.000 ESAL's	75
> de 1'000.000 ESAL's	87.5

Fuente: (Design, 1969)

Con el valor de 2.5% de CBR de acuerdo a la **Tabla 22** de la subrasante y con un percentil de 75% de la **Tabla 24**, se clasifica como una subrasante de calidad “Mediana-Mala” según la **Tabla 23**. Se adopta un CBR de 4.5 % para el diseño del pavimento.

Tabla 25

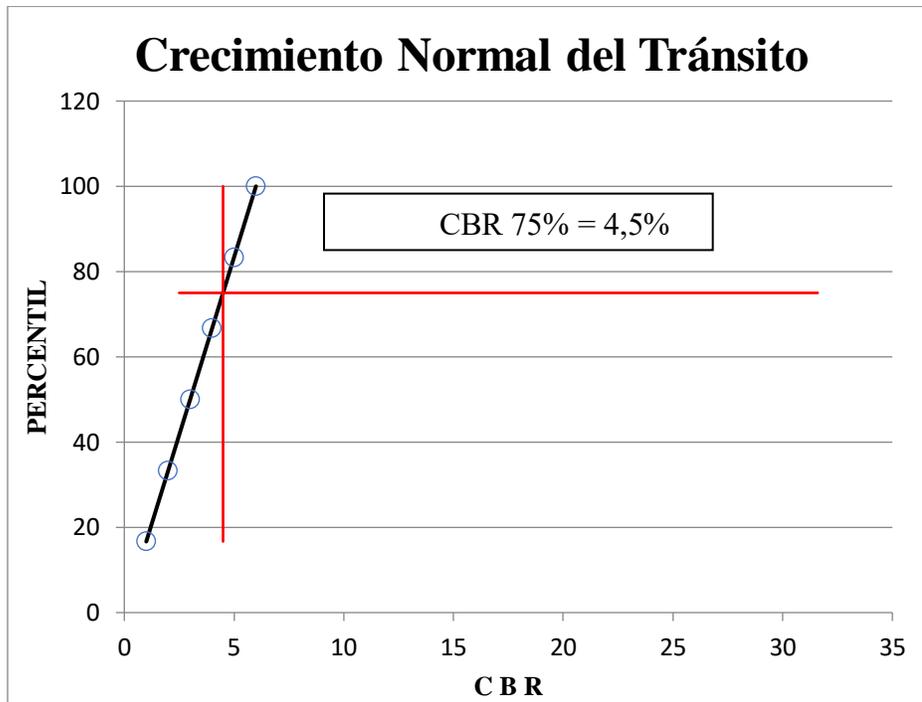
Valores CBR

CBR	PER.
2.5	100
4.6	83.33
4.8	66.67
5.8	50
11.3	33.33
31.6	16.67

Fuente: (Vélez, 2022)

Figura 9

CBR de diseño



Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Módulo Resiliente

Para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante, se emplean las relaciones sugeridas por el Ingeniero Hugo Rondón (2015) , las cuales se basan en el CBR diseñado.

Se determina un módulo resiliente de 6750 psi para el "tramo vial" en función del valor de diseño.

$$CBR_{Base} = 80\%$$

$$CBR_{Subbase} = 30\%$$

$$CBR_{Subrasante} = 4.5\%$$

$$\text{Modulo Resiliente Asfalto} = 500000 \text{ psi}$$

$$\text{Modulo Resiliente Base Gran. } MR_{Base\ Gran.} = -0.147 (CBR)^2 + 29.9(CBR) + 592 = 29061 \text{ psi}$$

$$\text{Modulo Resiliente Sub – Base } MR_{Sub-Base.} = -0.152 (CBR)^2 + 22.4(CBR) + 512 = 14912 \text{ psi}$$

$$\text{Modulo Resiliente Subrasante } MR_{Subrasante} = 115.247 (CBR)^{0.595} = 4011 \text{ psi}$$

3.5.4 Características de los materiales de la estructura de pavimento

Para esta opción específica, se proyecta implementar una estratificación compuesta por una capa de subbase y base, sobre la cual se colocará una capa superior de pavimento de hormigón asfáltico.

3.5.5 Características de la base y subbase

El C.B.R. de los materiales de base y subbase considerado para el cálculo, se basa en las especificaciones del MTOP, con los siguientes valores:

Tabla 26

Selección de CBR de diseño

Calicata/Muestra	CBR especificación MTOP %
BASE	80
SUBBASE	30

Fuente: (MTOP, 2003)

En base a los CBR asumidos, se obtiene el módulo resiliente de los materiales en función (de las ecuaciones proporcionadas por el ministerio de transportes y obras de Chile las cuales son conservadoras con valores de 14.912 psi y 29.061 psi para la subbase y base respectivamente. Para estos mismos materiales en función de las ecuaciones (Rondón, 2015) se obtienen coeficientes estructurales a_2 y a_3 de 0.13 y 0.11 para la base y subbase respectivamente.

3.5.6 Cálculo de los coeficientes estructurales (a_1 , a_2 y a_3)

Este método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requisitos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. (Rondón, 2015)

Coeficiente de Capa $a_1 = 0.184 * \ln(MR_{Base\ Gran.}) - 1.9547$ $a_1 = 0.46$

Coeficiente de Capa $a_2 = 0.249 * \log(M_{Sub-Base.}) - 0.977$ $a_2 = 0.13$

Coeficiente de Capa $a_3 = 0.227 * \log(M_{Subrasante}) - 0.839$ $a_3 = 0.11$

3.5.7 Características de la carpeta asfáltica

Para la capa de rodadura se asume un valor recomendado del módulo resiliente en la literatura específica en el tema de 500000 psi. (Rondón, 2015)

3.5.8 Perdida de Serviciabilidad

Se define como la capacidad del pavimento de desempeñarse adecuadamente ante todo tipo de tráfico que circula en la vía, se mide en una escala del 0 al 5, en donde 0 (cero) significa pavimento intransitable y 5.0 (cinco) significa pavimento en excelentes condiciones y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\Delta_{Psi} = P_0 - P_t$$

Donde:

P_0 : Nivel Inicial

P_t : Nivel Final

Δ_{Psi} : Perdida de serviciabilidad

Los parámetros utilizados para indicar la condición del pavimento al final del periodo de diseño se presentan como sigue:

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico, $p_t = 3,0$
- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas, $p_t = 2,5$
- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas, se toma un valor de $p_t = 2,0$

Para el presente estudio se consideró un valor de $p_t = 2,0$ debido a que la vía es de cuarto orden o tipo III de acuerdo con la clasificación del MTOP.

3.5.9 Confiabilidad (R)

La confiabilidad, representada por "R", puede entenderse como un nivel de seguridad que asegura la durabilidad de los componentes de la estructura del pavimento durante al menos el periodo de diseño. Esta confiabilidad varía según el tipo de carretera y su ubicación, ya sea en áreas urbanas o rurales. Se hace uso de la tabla presentada a continuación para este propósito.

Tabla 27

Confiabilidad R

Clasificación de carretera	Nivel de confiabilidad recomendado R%	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteria o carreteras principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de tránsito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

En este proyecto específico, se contempla una vía rural de carácter local. Para el diseño, se toma en cuenta un nivel de confiabilidad del 90%, que representa el límite superior dentro del rango de confiabilidad que oscila entre el 75% y el 95%. Esta decisión se toma para garantizar el funcionamiento óptimo de la estructura durante el periodo de diseño.

Confiabilidad (R) = 90%

3.5.10 Desviación Estándar

Para este caso particular, se considera un valor de 0.45 para el pavimento flexible, permitiendo contemplar potenciales variaciones en las proyecciones de tráfico.

Tabla 28

Valores de la desviación estándar S_o

Proyecto de pavimento	Desviación estándar total
Rango para pavimentos flexibles	0.40 - 0.50
Construcciones nuevas	0.4
Sobre capas	0.5

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

3.5.11 Condiciones de drenaje

En este estudio específico, se establece un coeficiente de drenaje (m_i) de 1,05 para la capa de base y subbase, fundamentado en las condiciones de drenaje y precipitación en la región. Se evalúa un buen nivel de drenaje, considerando un tiempo de evacuación del agua de un día. Aunque en una vía con una capa de rodadura se espera una infiltración mínima, se asume un día como medida de precaución, asegurando una calidad de drenaje adecuada.

Tabla 29*Calidad de drenaje*

Calidad de drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes

Fuente: (American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO, 1993).

Se considera un nivel de exposición a la saturación del 25%, basándose en el período de lluvias intensas en diferentes áreas del país, que abarca al menos 3 meses, lo que equivale al 25% del año.

Tabla 30*Coficiente de drenaje*

CALIDAD DRENAJE	Porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximo a la saturación			
	Menos del <1%	1-5%	5-25%	Mas del 25%
EXCELENTE	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
BUENO	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Alto	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993.

3.5.12 Propiedades del suelo

CBR Base Granular = 80%

CBR Sub – Base = 30 %

CBR Sub – Rasante = 4.5 %

3.6 Diseño pavimento flexible convencional alternativa 1

La determinación de la estructura del pavimento se realiza considerando los números estructurales, coeficientes estructurales y el coeficiente de drenaje de la capa:

$$SN_T = a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3$$

$SN_T = SN_3$ es el número estructural con un soporte MR de subrasante.

SN_2 es el número estructural con un soporte MR de subbase.

SN_1 es el número estructural con un soporte MR de base.

m_i es el coeficiente de drenaje para cada capa.

D_i es el espesor de las diferentes capas.

Con lo mencionado previamente, se deduce también que:

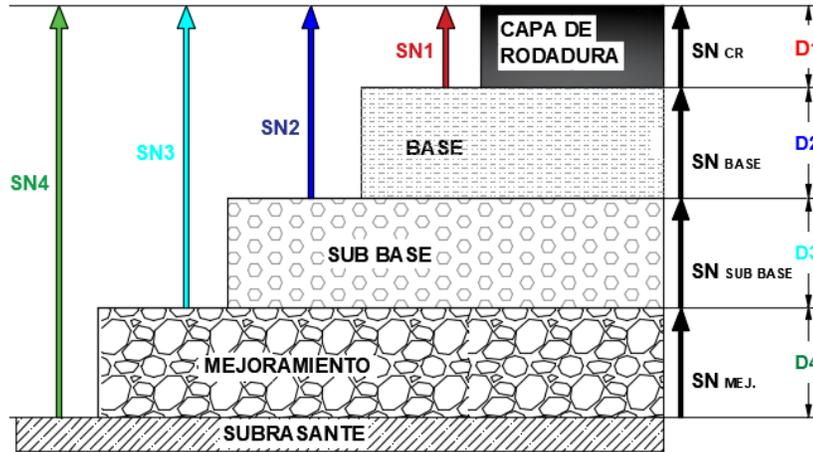
$$SN_1 = a_1D_1$$

$$SN_2 = a_1D_1 + a_2m_1D_2$$

$$SN_3 = a_1D_1 + a_2m_1D_2 + a_3m_2D_3$$

Ilustración 6

Esquema del procedimiento para la determinación de espesores



Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Con la fórmula proporcionada y considerando parámetros como el número de ejes equivalentes de 18 kips (W18), el módulo resiliente (MR), la variación del índice de serviciabilidad

(ΔPSI), la desviación estándar normal (Z_R) y el error estándar (S_o), se calcularán tres números estructurales diferentes (SN). Estos variarán dependiendo de los módulos resilientes de cada capa. Específicamente, para obtener el número estructural requerido en la subrasante (SN_3), se utilizará el módulo resiliente de la subrasante. Para el requerido en la subbase (SN_2), se empleará el módulo resiliente de la subbase, y para el requerido en la base (SN_1), se utilizará el módulo resiliente de la base.

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

Se emplean los números estructurales definidos y las ecuaciones descritas para efectuar el cálculo de los espesores correspondientes de pavimento. A continuación, se detallan los cálculos de la estructura vial.

Tabla 31*Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible*

Cargas de tránsito			
Número de ESAL's W18	N	318504	ESAL's
Parámetros de suelo			
CBR subrasante	CBR1	4.5	%
Módulo resiliente de la subrasante	MR1	4011	psi
CBR subbase	CBR2	30	%
Módulo resiliente de la subbase	MR2	14912	psi
CBR base	CBR3	80	%
Módulo resiliente de la base	MR3	29061	psi
Parámetros de diseño			
Error estándar	So	0.45	
Índice de servicio inicial	Po	4.5	
Índice de servicio final	Pt	2.5	
Perdida de serviciabilidad	Δ PSI	2	
Confiability		90%	
Desviación Estándar normal	ZR	-1.282	
Coefficiente de drenaje Base	m1	1.2	
Coefficiente de drenaje Subbase	m2	1.2	
Modulo Elástico del Asfalto		500000	psi
Números Estructurales (Ecuación AASHTO)			
Número Estructural sobre la subrasante	SN3	3.54	
Número Estructural sobre la subbase	SN2	2.19	
Número Estructural sobre la base	SN1	1.68	
Coefficientes estructurales			
Coefficiente de la carpeta	a1	0.46	ecuación
Coefficiente de la base	a2	0.13	ecuación
Coefficiente de la subbase	a3	0.11	ecuación

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32*Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible convencional Opción A y Opción**B*

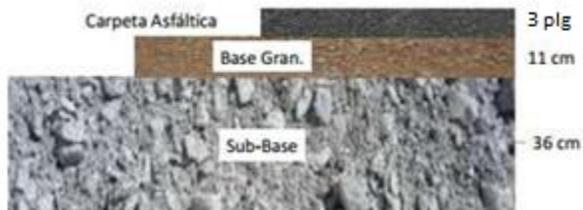
Resultado espesores			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN1	1.68	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	3.65	pulg
	D1	9.28	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SNb	2.19	pulg
Espesor calculado base	D2	3.26	pulg
	D2	8.30	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SNsb	3.54	
Espesor calculado subbase	D3	10.23	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	25.98	cm
Resultados con espesores sugeridos por la norma AASHTO en Función del número de ESALS			
OPCION A			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN'1	1.15	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	2.50	pulg
	D1	7.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	1.77	pulg
Espesor calculado base	D2	4.00	pulg
	D2	11.00	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SN'sb	3.64	
Espesor calculado subbase	D3	14.17	pulg

Espesor asumido Subbase	D3	36.00	cm
OPCION B			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN'1	1.45	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	3.20	pulg
	D1	8.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	2.68	pulg
Espesor calculado base	D2	7.90	pulg
	D2	20.00	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SN'sb	3.64	
Espesor calculado subbase	D3	7.27	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	19.00	cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 10

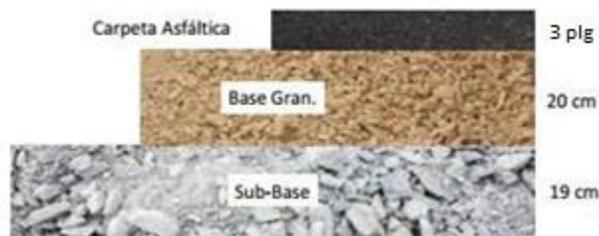
Opción de diseño A



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Opción de diseño B



Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Convencional Opción A

PRESUPUESTO OPCIÓN A					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	27,000	31.93	862,110.00
1.2	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	8,250	37.04	305,580.00
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000	14.59	1,094,250.00
SUBTOTAL					2,261,940.00
IVA				12%	271,432.80
TOTAL					2,533,372.80
Son:	DOS MILLONES QUINIENTOS TREINTA Y TRES MIL TRESCIENTOS SETENTA Y DOS CON 80/100 DOLARES Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: elaboración Propia

Tabla 34*Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Convencional Opción B*

PRESUPUESTO OPCIÓN B					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	14,250	31.93	455,002.50
1.2	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	15,000	37.04	555,600.00
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000	14.59	1094250.00
SUBTOTAL					2,104,852.50
IVA				12%	252,582.30
TOTAL					2,357,434.80
Son:	DOS MILLONES TRESCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y CUATRO CON 80/100 DOLARES Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: Elaboración Propia**3.7 Diseño de pavimento flexible con base estabilizada con cemento alternativa 2**

En la segunda alternativa, se proyecta la colocación de una carpeta asfáltica sobre una base estabilizada mediante cemento y una subbase de tipo II. En este capítulo, se describe el diseño de los espesores según la metodología AASHTO 93.

Las consideraciones de diseño siguen los mismos lineamientos que se aplican a la alternativa 1, excepto por las variaciones en las propiedades de la base, el coeficiente estructural de la capa a2 y el módulo resiliente.

3.7.1 Características de la base estabilizada con cemento

Para la base estabilizada con cemento el MTOP recomienda una resistencia a la compresión a los 7 días de al menos 30 kg/cm² o 426 psi. Con este valor se obtiene el coeficiente estructural de capa a2 de 0,17 y un módulo resiliente de 620.000 psi, en función de la Tabla 32, propuesta en la metodología AASHTO 93 para bases estabilizadas con cemento, y en donde se obtienen los valores en función a la resistencia a la compresión.

Diseño de pavimento flexible

A continuación, se presentan los cálculos de la alternativa 2:

Tabla 35

Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible con base estabilizada con cemento opción C y D

Cargas de transito			
Número de ESAL's W18	N	318504	ESAL's
Parámetros de suelo			
CBR subrasante	CBR1	4.5	%
Módulo resiliente de la subrasante	MR1	4011	psi
CBR subbase	CBR2	30	%
Módulo resiliente de la subbase	MR2	14912	psi
CBR base	CBR3	80	%
Módulo resiliente de la base estabilizada con cemento	MR3	620000	psi
Parámetros de diseño			
Error estándar Combinado	So	0.45	
Índice de servicio inicial	Po	4.5	
Índice de servicio final	Pt	2.5	
Perdida de serviciabilidad	Δ PSI	2	
Confiability	R	90%	
Desviación Estándar normal	ZR	-1.282	
Coefficiente de drenaje Base	m1	1.2	
Coefficiente de drenaje Subbase	m2	1.2	
Modulo Elástico del Asfalto		500000	psi
Números Estructurales (Ecuación AASHTO)			
Número Estructural sobre la subrasante	SN3	3.54	pulg
Número Estructural sobre la subbase	SN2	2.19	pulg
Número Estructural sobre la base	SN1	1.68	pulg
Coefficientes estructurales			
Coefficiente de la carpeta	a1	0.46	ecuación
Coefficiente de la base estabilizada con cemento	a2	0.17	ecuación
Coefficiente de la subbase	a3	0.11	ecuación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible con base estabilizada con cemento

Opción C y D

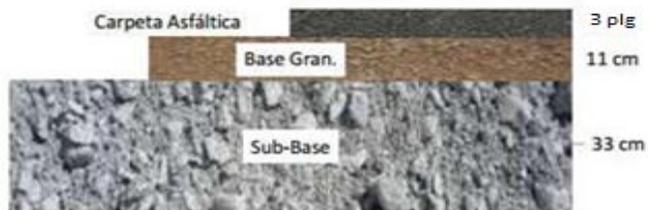
Resultado espesores			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN1	1.68	plg
Espesor calculado carpeta	D1	3.65	pulg
	D1	9.28	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SNb	2.19	pulg
Espesor calculado base	D2	2.50	pulg
	D2	6.35	cm
Subbase Granular			
SN(sub base)	SNsb	3.54	
Espesor calculado subbase	D3	10.22	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	25.98	cm
Resultados con espesores sugeridos por la norma AASHTO en Función del número de ESALS			
OPCION C			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN'1	1.15	plg
Espesor calculado carpeta	D1	2.50	pulg
	D1	7.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	1.97	pulg
Espesor calculado base	D2	4.00	pulg
	D2	11.00	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SN'sb	3.64	

Espesor calculado subbase	D3	12.65	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	33.00	cm
OPCION D			
Carpeta Asfáltica			
Numero Estructural	SN'1	1.45	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	3.20	pulg
	D1	8.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	3.06	pulg
Espesor calculado base	D2	7.90	pulg
	D2	20.00	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SN'sb	3.64	
Espesor calculado subbase	D3	4.39	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	12.00	cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Opción de diseño C

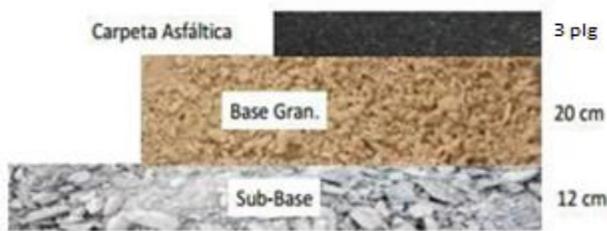


Fuente: Elaboración propia

La base proyectada corresponde a Base Estabilizada con Cemento con un módulo resiliente de 620000 psi.

Figura 13

Opción de diseño D



Fuente: Elaboración propia

La base proyectada corresponde a Base Estabilizada con Cemento con un módulo resiliente de 620000 psi.

Tabla 37

Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Con Base Estabilizada con Cemento Opción C

PRESUPUESTO OPCION C					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
ESTRUCTURA DE PAVIMENTO					
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	24,750.00	31.93	790,267.50
1.2	Base Granular estabilizada con cemento conformación y compactación con equipo pesado	m3	8,250.00	41.63	343,447.50
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000.00	14.59	1,094,250.00
SUBTOTAL					2,227,965.00
				IVA	12%
					267,355.80
TOTAL					2,495,320.80
	DOS MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS VEINTE CON 80/100 DOLARES				
Son:	Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38*Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Con Base Estabilizada con Cemento Opción D*

PRESUPUESTO OPCION D					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	9,000.00	31.93	287,370.00
1.2	Base Granular estabilizada con cemento conformación y compactación con equipo pesado	m3	15,000.00	41.63	624,450.00
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000.00	14.59	1,094,250.00
SUBTOTAL					2,006,070.00
IVA				12%	240,728.40
TOTAL					2,246,798.40
Son:	DOS MILLONES DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS NOVENTA Y OCHO CON 80/100 DOLARES Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: Elaboración propia

3.8 Diseño de pavimento flexible reforzado con geosintético alternativa 3

En la tercera alternativa para el caso de estudio, se realizó un diseño con una geomalla biaxial de refuerzo coextruida PBX3030 y un geotextil de separación tejido T1400 para la optimización del pavimento.

Para lograr la reducción del espesor de la capa de subbase se incluye el coeficiente de aporte de la geomalla (LCR) PAVCO-Wavin PBX3030 que proporciona el fabricante y que es igual a 1.520 disminuyendo el número estructural de 3.64 plg a 1.64 plg y el espesor de 36 cm a 20 cm. En este capítulo, se describe el diseño de los espesores según la metodología AASHTO 93.

El diseño final del pavimento se realizó empleando el software 3G DIS PAV desarrollado por el Ingeniero Guillermo Galindo Guerrero. Se obtuvo los siguientes resultados y así se pudo evaluar la viabilidad del uso de la geomalla para este caso.

Tabla 39

Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible reforzado con geosintético opción E y F.

Cargas de tránsito			
Número de ESAL's W18	N	386110	ESAL's
Parámetros de suelo			
CBR subrasante	CBR1	4.5	%
Módulo resiliente de la subrasante	MR1	4011	psi
CBR subbase	CBR2	30	%
Módulo resiliente de la subbase	MR2	14912	psi
CBR base	CBR3	80	%
Módulo resiliente de la base	MR3	29061	psi
Parámetros de diseño			
Error estándar	So	0.45	
Índice de servicio inicial	Po	4.5	
Índice de servicio final	Pt	2.5	
Perdida de serviciabilidad	Δ PSI	2	
Confiability	R	90%	
Desviación Estándar normal	ZR	-1.282	
Coefficiente de drenaje Base	m1	1.2	
Coefficiente de drenaje Subbase	m2	1.2	
Modulo Elástico del Asfalto		500000	psi
Números Estructurales (Ecuación AASHTO)			
Número Estructural sobre la subrasante	SN3	3.64	pulg
Número Estructural sobre la subbase	SN2	2.26	pulg
Número Estructural sobre la base	SN1	1.74	pulg
Coefficientes estructurales			
Coefficiente de la carpeta	a1	0.46	ecuación
Coefficiente de la base	a2	0.13	ecuación
Coefficiente de la subbase	a3	0.11	ecuación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible reforzado con geosintético Opción

E y Opción F

Resultado espesores			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN1	1.68	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	3.65	pulg
	D1	9.28	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SNb	2.19	pulg
Espesor calculado base	D2	3.27	pulg
	D2	8.30	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SNsb	3.54	
Espesor calculado subbase	D3	10.23	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	25.98	cm
Resultados con espesores sugeridos por la norma AASHTO en Función del número de ESALS			
OPCION E			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN'1	1.15	pulg
Espesor calculado carpeta	D1	2.50	pulg
	D1	7.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	1.77	pulg
Espesor calculado base	D2	4.00	pulg
	D2	11.00	cm
Subbase Granular			
SN(sub base)	SN'sb	3.64	
Espesor calculado subbase	D3	14.17	pulg

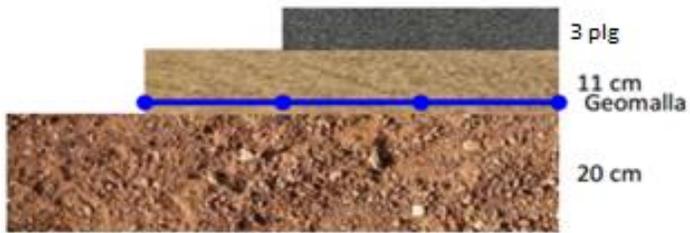
Esesor asumido Subbase	D3	36.00	cm
A. Refuerzo de la estructura con Geomalla Biaxial			
A.1 Número Estructural Total			
	SN	3.64	pulg
A.2 Se sustituye la Base Granular por la Sub-Base y el nuevo esesor			
	D'3	18.90	pulg
	D'3	48.00	cm
A.3 Obtención del Aporte Estructural de la Geomalla - LCR.			
Coef. Aporte Geomalla	(LCR)	1.52	PAVCO-Wavin Malla Biaxial P-BX-3030
Número Estructural	SNr	3.64	pulg
Esesor	D'3 (Incluye LCR)	12.43	pulg
		32.00	cm
A.4 Cálculo del aporte estructural de la capa reforzada			
Número Estructural	SN GR	1.64	pulg
A.5 Cálculo de los nuevos espesores			
Esesor Base Granular	(D2)	4.00	pulg
		11.00	cm
Esesor Sub-Base	(D3)	7.70	pulg
		20.00	cm
OPCION F			
Carpeta Asfáltica			
Número Estructural	SN'1	1.45	pulg
Esesor calculado carpeta	D1	3.20	pulg
	D1	8.00	cm
Base Granular			
SN (base granular)	SN'b	2.68	pulg
Esesor calculado base	D2	7.90	pulg
	D2	20.00	cm
Subbase Granular			
SN (sub base)	SN'sb	3.64	

Espesor calculado subbase	D3	7.27	pulg
Espesor asumido Subbase	D3	19.00	cm
B. Refuerzo de la estructura con Geomalla Biaxial			
B.1 Número Estructural Total			
	SN	3.64	pulg
B.2 Se sustituye la Base Granular por la Sub-Base y el nuevo espesor			
	D'3	16.57	pulg
	D'3	43.00	cm
B.3 Obtención del Aporte Estructural de la Geomalla - LCR.			
Coef. Aporte Geomalla	(LCR)	1.52	PAVCO-Wavin Malla Biaxial P-BX- 3030
Número Estructural	SNr	3.64	pulg
Espesor	D'3 (Incluye LCR)	12.39	pulg
		32.00	cm
B.4 Cálculo del aporte estructural de la capa reforzada			
Número Estructural	SN GR	1.64	pulg
B.5 Cálculo de los nuevos espesores			
Espesor Base Granular	(D2)	7.87	pulg
		20.00	cm
Espesor Sub-Base	(D3)	3.12	pulg
		8.00	cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 14

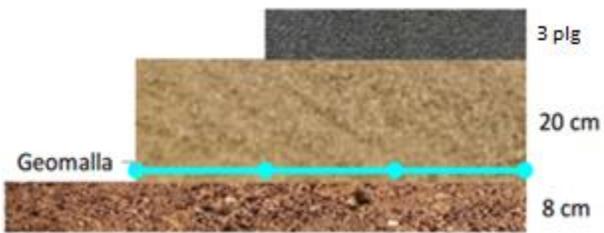
Opción de diseño E



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Opción de diseño F



Fuente: Elaboración propia

Tabla 41*Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Reforzado con geosintético Opción E*

PRESUPUESTO OPCION E					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	15,000.00	31.93	478,950.00
1.2	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	8,250.00	37.04	305,580.00
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000.00	14.59	1,094,250.00
1.4	Malla Biaxial P-BX-3030	m2	75,000.00	7.00	525,000.00
1.5	Geotextil tejido T1400	m2	75,000.00	2.42	181,500.00
SUBTOTAL					2,585,280.00
IVA				12%	310,233.60
TOTAL					2,895,513.60
Son:	DOS MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS TRECE CON 60/100 DOLARES Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42*Presupuesto referencial del Pavimento Flexible reforzado con geosintético Opción F*

PRESUPUESTO OPCION F					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
1.1	Subbase conformación y compactación con equipo pesado	m3	6,000.00	31.93	191,580.00
1.2	Base Granular conformación y compactación con equipo pesado	m3	15,000.00	37.04	555,600.00
1.3	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	75,000.00	14.59	1,094,250.00
1.4	Malla Biaxial P-BX-3030	m2	75,000.00	7.00	525,000.00
1.5	Geotextil tejido T1400	m2	75,000.00	2.42	181,500.00
SUBTOTAL					2,547,930.00
IVA				12%	305,751.60
TOTAL					2,853,681.60
Son:	DOS MILLONES OCHOCIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y UNO CON 80/100 DOLARES Nota: considerando el total de la longitud de la vía.				

Fuente: Elaboración propia

3.9 Comparación de Alternativas

Tabla 43

Cuadro Comparativo de las Opciones de Pavimento Flexible

Opción	Espesores (cm)	Ventajas	Desventajas	Costos (USD)
1A	Carpeta=7, Base=11, Subbase=36	Buena resistencia estructural	Elevado costo total	Carpeta= \$1,225,560.00, Base= \$342,249.60, Subbase= \$965,563.20, Total= \$2,533,372.80
1B	Carpeta=8, Base=20, Subbase=19	Mayor espesor en base	Mayor espesor en subbase	Carpeta= \$1,225,560.00, Base= \$622,272.00, Subbase= \$509,602.80, Total= \$2,357,434.80
2C	Carpeta=7, Base Estabilizada=11, Subbase=33	Estabilización de base con cemento	Mayor costo de base estabilizada	Carpeta= \$1,225,560.00, Base Estabilizada= \$384,661.20, Subbase= \$885,099.60, Total= \$2,495,320.80
2D	Carpeta=8, Base Estabilizada=20, Subbase=12	Mayor resistencia estructural	Mayor espesor en base y subbase costo total significativo	Carpeta= \$1,225,560.00, Base Estabilizada= \$699,384.00, Subbase= \$321,854.40, Total= \$2,246,798.40
3E	Carpeta=7, Base=11, Subbase=20, Geomalla, Geotextil	Reforzamiento adicional con Geomalla	Mayor complejidad en la instalación	Carpeta= \$1,225,560.00, Base= \$342,249.60, Subbase= \$536,424.00, Geomalla= \$588,000.00, Geotextil= \$203,280.00, Total= \$2,895,513.60
3F	Carpeta=8, Base=20, Subbase=8, Geomalla, Geotextil	Resistencia mejorada con Geomalla	Costo adicional por Geomalla	Carpeta= \$1,225,560.00, Base= \$622,272.00, Subbase= \$214,569.60, Geomalla= \$588,000.00, Geotextil= \$203,280.00, Total= \$2,853,681.60

Fuente: elaboración propia

Tabla 44*Cuadro de volúmenes de materiales de Base y Subbase en m³*

Volúmenes de materiales de Base y Subbase del Proyecto Vía Zhidmad - Jadan			
Opción	Volumen del material de base m ³	Volumen del material de subbase m ³	Volumen total de materiales m ³
A	8250	27000	35250
B	15000	14250	29250
C	8250	24750	33000
D	15000	9000	24000
E	8250	15000	23250
F	15000	6000	21000

Fuente: elaboración propia

Tabla 45*Cuadro comparativo Mina la Virginia*

Mina la Virginia a 28 km del Proyecto			
Opción	Costo de la Estructura del pavimento Flexible sin incluir transporte de base y subbase	Costo del transporte de material de base y subbase	Costo de la Estructura del pavimento Flexible incluido transporte de base y subbase
A	\$ 2,533,372.80	\$ 246,750.00	\$ 2,780,122.80
B	\$ 2,357,434.80	\$ 204,750.00	\$ 2,562,184.80
C	\$ 2,495,320.80	\$ 231,000.00	\$ 2,726,320.80
D	\$ 2,246,798.40	\$ 168,000.00	\$ 2,414,798.40
E	\$ 2,895,513.60	\$ 162,750.00	\$ 3,058,263.60
F	\$ 2,853,681.60	\$ 147,000.00	\$ 3,000,681.60

Fuente: elaboración propia

Tabla 46*Cuadro comparativo Mina el Descanso*

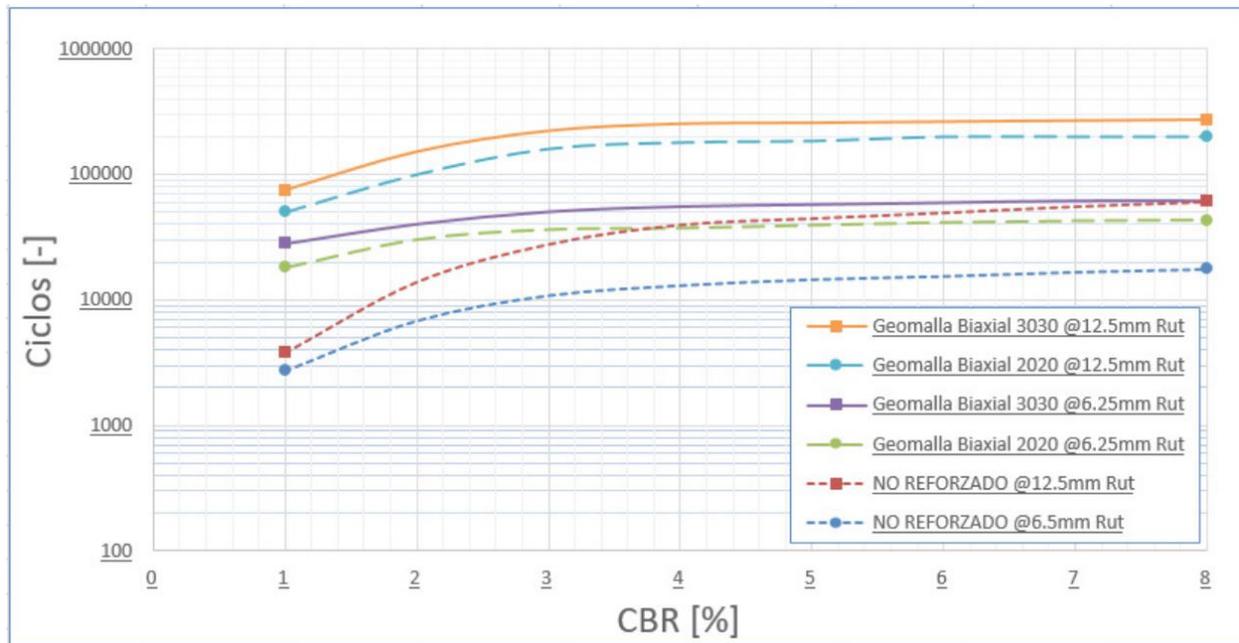
Mina el Descanso a 20 km del Proyecto			
Opción	Costo de la Estructura del pavimento Flexible sin incluir transporte de base y subbase	Costo del transporte de material de base y subbase	Costo de la Estructura del pavimento Flexible incluido transporte de base y subbase
A	\$ 2,533,372.80	\$ 176,250.00	\$ 2,709,622.80
B	\$ 2,357,434.80	\$ 146,250.00	\$ 2,503,684.80
C	\$ 2,495,320.80	\$ 165,000.00	\$ 2,660,320.80
D	\$ 2,246,798.40	\$ 120,000.00	\$ 2,366,798.40
E	\$ 2,895,513.60	\$ 116,250.00	\$ 3,011,763.60
F	\$ 2,853,681.60	\$ 105,000.00	\$ 2,958,681.60

Fuente: elaboración propia

3.10 Elección Recomendada: Opción 2D y la 3F

Figura 16

Curvas de iso-deformaciones, CBR vs Numero de ciclos en secciones no reforzadas y reforzadas con Geomallas

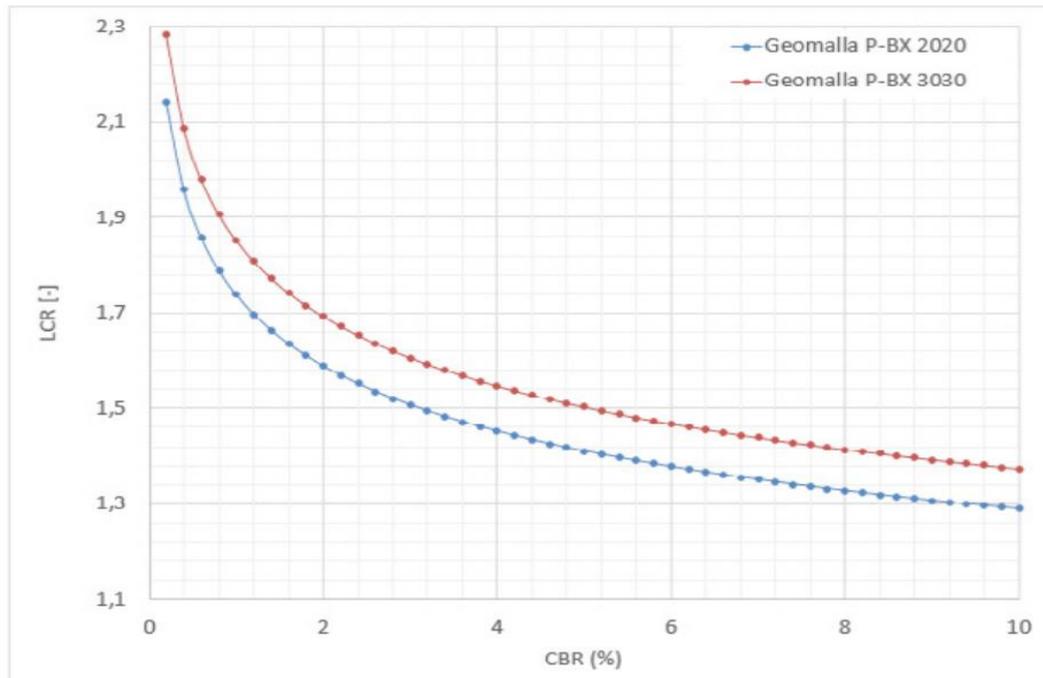


Fuente: Diseño de Infraestructura con Geosintéticos Pavco Wavin (2009)

En la **Figura 16** se detallan las curvas de iso-deformaciones las cuales muestran el incremento en la vida útil de servicio de la carretera con una estructura reforzada. Por medio de esta gráfica se evalúa el aumento de la vida útil de diseño (en términos del incremento del número de ciclos de carga) al instalarse una Geomalla como refuerzo en la sección de la vía. (PAVCO S.A, 2009)

Figura 17

Aporte de Geomallas mediante el LCR vs CBR



Fuente: Diseño de Infraestructura con Geosintéticos Pavco Wavin (2009)

En la **Figura 17** se listan las curvas LCR Layer Coefficient Ratio (Relación del coeficiente de capa) provenientes de las Geomallas. Dichas curvas cuantifican la contribución estructural de la Geomalla a la estructura de pavimento.

Según PAVCO S.A (2009) se ha encontrado que los tres mecanismos principales de refuerzo que proporciona una Geomalla Biaxial son confinamiento lateral de la base o subbase, mejoramiento de la capacidad portante y membrana tensionada.

3.10.1 Confinamiento lateral de la base o subbase

El confinamiento lateral de los materiales granulares (base o subbase) se logra a través de la fricción y trabazón de la Geomalla con el agregado. Esto se presenta debido a que los módulos de los materiales granulares dependen del estado de esfuerzos, al aumentar el confinamiento lateral, aumenta el módulo de la capa granular sobre la Geomalla. (PAVCO S.A, 2009)

3.10.2 Mejoramiento de la capacidad portante

El mejoramiento de la capacidad portante se logra desplazando la superficie de falla de la subrasante blanda hacia la capa granular de mucha más resistencia. Este mecanismo toma mayor validez en carreteras sin pavimentar o cuando el estado de esfuerzos sobre la subrasante es alto. (PAVCO S.A, 2009)

3.10.3 Membrana tensionada

El efecto de membrana tensionada se origina con la propiedad por la cual un material flexible elongado, al adoptar una forma curva por efecto de la carga, el esfuerzo normal sobre su cara cóncava es mayor que el esfuerzo sobre la cara convexa; lo cual se traduce en que, bajo la aplicación de carga, el esfuerzo vertical transmitido por la Geomalla hacia la subrasante, es menor que el esfuerzo vertical transmitido hacia la Geomalla. Sin embargo, este mecanismo solo ocurre a niveles de deformación demasiados altos como los que ocurren en carreteras sin pavimentar después de un número de repeticiones de carga elevado.(PAVCO S.A, 2009)

De acuerdo con lo anterior, uno de los mecanismos de mayor importancia para las estructuras viales es el confinamiento lateral (PAVCO S.A, 2009) de los materiales granulares, mediante el cual se alcanzarían cuatro beneficios principales:

3.10.4 Restricción del desplazamiento lateral de los agregados de la base o subbase

La colocación de una o varias capas de la Geomalla dentro o en el fondo de la capa de base permite la interacción por cortante entre el agregado y la Geomalla, a medida que la base trata de desplazarse lateralmente. La carga por cortante es transmitida desde la capa granular hacia la Geomalla y la somete a un estado de tensión. La alta rigidez de la Geomalla retarda el desarrollo de la deformación por tensión en el material adyacente y una deformación lateral más pequeña de la base o subbase que se traduce en menor deformación vertical de la superficie de la vía. (PAVCO S.A, 2009)

3.10.5 Aumento del confinamiento y de la resistencia de la base o subbase en la vecindad del refuerzo

Se espera un incremento en la rigidez de la capa granular cuando se desarrolla una adecuada interacción entre esta y la Geomalla. Un aumento en el módulo de la base resultaría también en menores deformaciones verticales dinámicas recuperables de la superficie de la vía, implicando una reducción en la fatiga del pavimento. (PAVCO S.A, 2009)

3.10.6 Mejoramiento en la distribución de esfuerzos sobre la subrasante

En sistemas estratificados, cuando existe un material menos rígido por debajo de la base o subbase, un aumento en el módulo de la capa de base o subbase resulta en una distribución de los esfuerzos verticales más amplia sobre la subrasante. En términos generales, el esfuerzo vertical en la subbase o subrasante directamente por debajo de la Geomalla y de la carga aplicada debe disminuir a medida que aumenta la rigidez de la base. Esto se refleja en una deformación superficial menor y más uniforme.(PAVCO S.A, 2009)

3.10.7 Reducción del esfuerzo y deformación por corte sobre la subrasante

Se disminuye la severidad del estado de esfuerzos y por ende la deformación vertical a nivel de la subrasante gracias a los siguientes mecanismos:

1. Disminución de la deformación por corte que se transmite desde los granulares hacia la subrasante gracias a la transmisión de cargas tensionales hacia el refuerzo.
2. Menores esfuerzos verticales.

3.11 Rehabilitación y Mantenimiento para la opción 2D Y 3F

De acuerdo con el presente proyecto, se ha propuesto el diseño de una alternativa de pavimento flexible que incluye una rehabilitación programada cada 10 años, respaldada por un plan de mantenimiento regular.

Con el propósito de definir el mantenimiento rutinario y las acciones de rehabilitación, se emplea la metodología de diseño de pavimentos asfálticos para bajos volúmenes de tráfico

propuesta por el Instituto Nacional de Vías de Colombia. Se adopta esta metodología porque incluye la conservación rutinaria y la rehabilitación del pavimento flexible, ya que la norma ecuatoriana de la vial NEVI-12-MTOP en su Volumen N°6 Conservación vial, solo habla de la conservación rutinaria. Dicha metodología se fundamenta en los siguientes pasos:

Determinar la categoría de tráfico según la clasificación de la metodología de diseño; de acuerdo con el reporte del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) del estudio de tráfico, se identifica un total de 16 camiones, lo que se clasifica como un tráfico tipo II.

Tabla 47

Tipo de tránsito según metodología Instituto Nacional de Vías de Colombia

Clases de tránsito de diseño	
Clase de tránsito	Número diario de vehículos pesados al año inicial de servicio en el carril de diseño
T1	1-10
T2	11-25
T3	26-50

Fuente: Instituto Nacional de Vías de Colombia

El tipo de mantenimiento se determina considerando la intervención y el nivel de tráfico, como se detalla en la **Tabla 47**. En el caso de la alternativa 3, opción 3E con asfalto, base y subbase, se puede optar por CR + R3 o CR + R4, según lo indicado en la carta de diseño 2.1.

Donde:

CR: representa la conservación rutinaria,

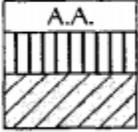
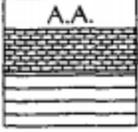
R3: implica una rehabilitación con riego de liga + 5 cm de mezcla asfáltica, y

R4: se refiere a una rehabilitación con riego de liga + 6 cm de mezcla asfáltica.

Dado el espesor de la carpeta diseñada de 3 pulgadas, se sugiere la alternativa de riego de liga + 5 cm de mezcla asfáltica.

Tabla 48

Estrategias de conservación aplicables a estructuras con capa de rodadura constituida por arena-asfalto y valor residual de dichas estructuras al término del período de análisis económico

CARTA DE DISEÑO	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL	NIVEL DE TRANSITO	
		T1 Y T2	T3
2.1.		ALT1 : CR + R3 V.R. : 20 % ALT2 : CR + R5 V.R. : 50 %	ALT1 : CR + R4 V.R. : 20 % ALT2 : CR + R6 V.R. : 50 %
2.2.		ALT1 : CR + R3 V.R. : 40 % ALT2 : CR + R5 V.R. : 50 %	ALT1 : CR + R4 V.R. : 40 % ALT2 : CR + R6 V.R. : 50 %
2.3.		ALT1 : CR + R3 V.R. : 20 % ALT2 : CR + R5 V.R. : 50 %	ALT1 : CR + R4 V.R. : 20 % ALT2 : CR + R6 V.R. : 50 %

Fuente: Instituto nacional de Vías de Colombia

De la **Tabla 48** se tiene que:

ALT: Alternativa

Acciones de rehabilitación:

R1: Escarificado + 15 cm de base granular no tratada + T.S.D.

R2: Escarificado + 20 cm de base granular no tratada + T.S.D.

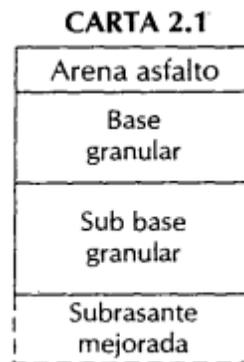
R3: Riego de liga + 5 cm de M.A.F. + L.A.-2

R4: Riego de liga + 6 cm de M.A.F. + L.A.-2

R5: Riego de liga + 5 cm de Arena- Asfalto mezclado en caliente.

R6: Riego de liga + 6 cm de Arena- Asfalto mezclado en caliente.

Valor residual (V.R.): Al término del período de análisis económico, el pavimento de la carretera presenta una cierta condición superficial y estructural. El valor de la estructura en dicha condición se denomina VALOR RESIDUAL y se expresa como un porcentaje del costo inicial de construcción.



CAPITULO IV

4. Resultados de las elecciones recomendadas

En la **Figura 13** Opción de diseño D se visualiza gráficamente el paquete estructural con los datos obtenido en la **Tabla 36** Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible con base estabilizada Opción C y Opción D.

Los cálculos han dado como resultado una composición de pavimento que se distingue por:

- Capa de rodadura de hormigón asfáltico, mezcla en caliente de planta, con un módulo de elasticidad de 500000 psi. **Espesor: 3plg.**
- Capa de base granular tipo II estabilizada con cemento, MR=620,000.00 psi. **Espesor: 20 cm.**
- Capa de subbase granular tipo II, compactada al 100% del Proctor Modificado, CBR>30%. Espesor: 12 cm.

En la **Figura 15** Opción de diseño F se visualiza gráficamente el paquete estructural con los datos obtenido en la **Tabla 40** *Cálculo de espesores para la estructura de pavimento flexible reforzado con geosintético Opción E y Opción F.*

Los cálculos han dado como resultado una composición de pavimento que se distingue por:

- Capa de rodadura de hormigón asfáltico, mezcla en caliente de planta, con un módulo de elasticidad de 500000 psi. **Espesor: 3plg.**

- Capa de base granular tipo II, compactada al 100% del Proctor Modificado, CBR>80%.

Espesor: 20 cm.

- Capa de subbase granular tipo II, compactada al 100% del Proctor Modificado, CBR>30%. **Espesor: 8 cm.**

- Malla Biaxial PAVCO-Wavin **P-BX-3030.**

- Geotextil tejido PAVCO-Wavin **T1400.**

4.1 Presupuesto de la elección recomendada Opción D y F

En la **Tabla 42** *Presupuesto referencial del Pavimento Flexible Reforzado con geosintético Opción F* se adjunta el presupuesto referencial elegido para la vía y es de \$ 2,853,681.60, del diseño que se propuso y que está en la **Tabla 39** *Datos iniciales para la determinación de espesores de pavimento flexible reforzado con geosintético opción E y F.*

En la **Tabla 38** *Presupuesto referencial del Pavimento Flexible con base estabilizada con cemento Opción D* se adjunta el presupuesto referencial elegido para la vía y es de \$2,246,748.40, del diseño que se propuso y que está en la **Tabla 35** *Datos iniciales para la determinación de espesores de estructura de pavimento flexible con base estabilizada con cemento opción C y D.*

CAPITULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

El análisis del flujo vehicular se llevó a cabo a lo largo de un lapso de 7 días, en un ciclo continuo de 24 horas diarias, mediante el empleo de una cámara de video seguido de un registro detallado de la circulación vehicular.

A partir de la evaluación de las cargas, se derivó un resultado de un número de ejes equivalente de 18 kips (equivalentes a 8.2 toneladas), con un valor específico de 318.504.

Con base en los análisis de laboratorio, se ha identificado que la carretera bajo estudio principalmente presenta suelos clasificados como una combinación de gravas y arenas, mezclados con suelos finos de tipo arcilloso y limoso.

Se obtiene un CBR característico de la subrasante de 4,5 %.

La estructura de pavimento flexible propuesta incluye capas de rodadura, base granular, subbase granular y geosintéticos.

La geomalla con el geotextil reduce los espesores, tienen un costo considerable.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la alternativa de reforzar con geomalla es viable. No obstante, dada su escasa aplicación en el entorno, podría ocasionar retrasos en la realización de proyectos debido a la falta de experiencia en este método constructivo.

En el caso de que la prefectura opte por reducir al máximo el espesor de materiales pétreos a pesar del costo, la alternativa a escoger debería ser F.

Con el fin de obtener un equilibrio entre costo y reducción de materiales, se concluye que la alternativa más adecuada es la D.

Se sugiere llevar a cabo un análisis para evaluar la extensión de la vida útil adicional proporcionada por la geomalla en situaciones reales, con el fin de considerar posibles ahorros en los períodos de mantenimiento.

Se recomienda realizar, al cabo de 10 años, una rehabilitación que incluya riego de liga y la aplicación de 5 cm de carpeta asfáltica para la opción 3E. Esta rehabilitación deberá ir acompañada de prácticas de conservación rutinaria. Es fundamental destacar que la elección específica de la rehabilitación se basa en consideraciones relacionadas con el tráfico y los componentes estructurales. Sin embargo, en el décimo año, dichas decisiones dependerán del estado actual de la carretera, evaluado mediante la determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés).

Se sugiere realizar el ensayo de abrasión donde los agregados gruesos no presentarán un porcentaje de desgaste mayor a 50 en el ensayo, Normas INEN 860 y 861 (AASHTO T-96), con 500 vueltas de la máquina de Los Ángeles para el material existente de la capa de mejoramiento porque en los puntos donde se obtuvieron muestras presenta valores de CBR superiores al 30%.

Se aconseja a la Prefectura del Azuay llevar a cabo una mayor cantidad de perforaciones o calicatas en diversos puntos con el fin de evaluar el estado del material de subrasante. Este análisis permitirá determinar la viabilidad de emplear dicho material sin requerir mejoras adicionales.

GLOSARIO

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación americana de oficiales de Carreteras Estatales y transportes)

ASTM: California Bearing Ratio (Ensayo de Capacidad Portante del suelo).

ESALS: Equivalent Single Axles Load (Numero de Ejes Equivalentes).

TPDA: Trafico promedio Diario Anual.

MTOP: Ministerio de Transportes y Obras Públicas.

SN: Numero Estructural

Base: Capa (o capas), de espesor definido, de materiales sujetos a determinadas especificaciones, colocada sobre la subbase o la subrasante para soportar las capas de Superficie o Rodadura.

Subbase: Capas, de espesor definido, de materiales que cumplen determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.

LP: El límite plástico (PL) es el contenido de agua máximo en un suelo cohesivo por encima del cual el suelo comienza a comportarse como un líquido plástico. En este estado, el suelo aún tiene cierta resistencia al corte y puede

Calicata: Es una técnica de prospección que consiste en la exploración de un terreno mediante excavación o perforación a profundidad baja o media para la toma de muestra de tierra.

Calle: Vía destinada a la circulación de los peatones y vehículos.

Capa de rodadura: Plano superior del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico.

CBR: California Bearing Ratio, es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos.

Pavimento: Es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural.

Presupuesto: Es una herramienta para analizar cuándo y cómo se gasta el dinero.

Tránsito: Circulación de peatones y/o vehículos por vías de uso público.

Vía: Calle, camino u otro lugar destinado al tránsito.

BIBLIOGRAFIA

- Auqui Parra, J. C., & Ramírez Chicaiza, D. R. (2019). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE CARRETERAS* [Universidad Politecnica Salesiana].
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/UPS-ST003964%20(9).pdf
- Bustamante, A. (2016a). *Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil*. Univesidad de Cuenca.
- Bustamante, A. (2016b). *Evaluación en el Nivel de Resistencia de una Subrasante, con el Uso Combinado de una Geomalla y un Geotextil* [Tesis, Universidad de Cuenca].
<https://es.scribd.com/document/427665267/1-Evaluacion-en-el-Nivel-de-Resistencia-de-una-Subrasante-pdf>
- Cabrera, R. (2022). *Elaboración de estudios definitivos de ingeniería para el mejoramiento de la vía "Uchucay-Sumaypamba-Playas De Sumaypamba" de 6,50 km. de longitud aproximada, ubicada entre las parroquias San Sebastián de Yuluc y Sumaypamba del cantón Saraguro, provincia de Loja*. [Tesis]. Universidad de Cuenca.
- Carpio, F. (2017). *Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay*. Universidad de Cuenca.
- Cevallos, C., & De la Cruz, J. (2021). *DISEÑO DEL SUELO-CEMENTO Y SU APLICACIÓN COMO MATERIAL DE SITIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO VECINAL DEL RECINTO ZAPÁN*.

- Dávila María, & Gómez Jefferson. (2018). *Aplicación de geotextiles en pavimentos flexibles para su diseño, Carretera Oxapampa - San Jorge: km 14+000 - km15+000, Pasco, 2018.* Universidad Cesar Vallejo.
- Decreto ejecutivo No. 436, (2018). https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/10/LOTAIP_8_REGLAMENTO-LEY-ORGANICA-SISTEMA-INFRAESTRUCTURA-VIAL-DEL-TRANSPORTE.pdf
- Design, S. M. (1969). *The Asphalt Institute. Superpave Series, 2.*
- Díaz, J., Escobar, O., & Olivo, E. (2009). *APLICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS Y EN OBRAS DE DRENAJE PARA CARRETERAS.*
- Ecuador Asamblea Constituyente, (2010). <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>
- Fonseca, A. M. (2006). *Ingeniería de pavimentos.* Universidad Católica de Colombia.
- Gavilanes, N. (2012). *“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO CON REFORZAMIENTO DE GEOSINTÉTICOS APLICADO A UN TRAMO DE LA CARRETERA ZUMBAHUA- LA MANÁ* [Tesis]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Geotexan, geosintéticos. (2012). *Ventajas y desventajas del uso de los geosintéticos.* <https://geotexan.com/geosinteticos-2/>

- Hausmann, M. R. (1987). *Geotextiles for Unpaved Roads A Review of Design Procedures*.
- INEC, E. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos* .
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- Lavalle, E. (2013). *Suelo - Cemento Sus usos, propiedades y aplicaciones. M. en A.* (S. Moline, Ed.).
- Loja, M. (2022). “*Diseño geométrico y diseño de la estructura de pavimentos de la vía de acceso a Yunquil desde la abscisa 0+000.00 km hasta la abscisa 4+250.00 km*” en el cantón *Saraguro de la provincia de Loja*”. [Tesis]. Universidad de Cuenca.
- Ministerio de Energía y Minas, E. (2022). *Consumo de combustibles en la Provincia del Azuay 2022*. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/biblioteca/>
- MTC, (2014). <https://www.udocz.com/apuntes/18840/manual-de-carreteras-mtc---peru--actual--suelos--geologi-a--geotecnia-y-pavimentos>
- MOP-001. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES DE CAMINOS Y PUENTES*.
- Officials, T. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993* (Vol. 1). Aashto.
- Orrala, J., & Suarez, J. (2017). *Diseño de pavimentos flexibles con el uso de geosintéticos como refuerzo aplicado en las vías de acceso a la ciudadela la Milina del cantón Salinas* [Tesis]. Universidad Estatal de la Península de Santa Elena .

PAVCO S.A, G. (2009). *Manual de Diseño con Geosinteticos*.

Prefectura del Azuay, (2022).

Prefectura del Azuay, A. (2023). *ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VIA JADAN - ZHIDMAD CON UNA LONGITUD DE 6.9 KM EN EL CANTON GUALACEO DE LA PROVINCIA DEL AZUAY*.

Rondon, H. (2015). *Pavimentos Materiales, construccion y diseño* (Primera). ECOE Ediciones.

Tapia Andres, Baraona Fabricio, & Inga Luis. (2009). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO UTILIZANDO GEOMALLAS EN TRAMO DE LA CARRETERA BAJADA DE CHANDUY – AGUAS VERDES – POCITO (ABSC. 2+900 HASTA ABSC. 3+600)*. ESPOL.

Vanegas, J. (2022). *Elaboración de estudios de ingeniería para el mejoramiento de la vía a la cabecera parroquial de San Sebastián de Yuluc desde la abscisa 0+000 a 5+500, ubicada en el cantón Saraguro de la Provincia de Loja* [Tesis]. Universidad de Cuenca.

Velez, D. (2022). *Via Zhidmad - Jadan* .

Zornberg, J. G. (2019). *Funciones y aplicaciones de geosintéticos en carreteras*.

ANEXOS

Anexo 1. Conteo Vehicular

Se realiza el conteo vehicular de 7 días.

- Lunes 4 septiembre del 2023
- Martes 5 septiembre del 2023
- Miércoles 6 septiembre del 2023
- Jueves 7 septiembre del 2023
- Viernes 8 septiembre del 2023
- Sábado 9 septiembre del 2023
- Domingo 10 septiembre del 2023

Fuente: (Prefectura Del Azuay, 2023). Conteo del tráfico vehicular para el Diseño de Pavimentos de la vía que une a las Parroquias de Jadan y Zhidmad, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay.

Lunes

		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY									
AFOROS VEHICULARES											
Ubicación:										Fecha:	04/09/2023
Vía:										Sentido:	IDA a ZHIMAN ↓
Aforador:										Hoja:	de:
Coordinador:										Hora de inicio:	06h00
										Hora final:	18h00
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-3D	C-3DB	C-3A	C-4C	V3DB	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	-	-	-	1	1	-	-	1	-	3	3
6:15 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0
6:30 6:45	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
6:45 7:00	1	1	-	2	-	-	-	-	-	4	4
7:00 7:15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
7:15 7:30	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
7:30 7:45	-	-	-	4	-	-	-	-	2	6	4
7:45 8:00	-	1	-	3	-	-	-	-	-	4	4
8:00 8:15	2	-	-	3	-	-	-	-	1	6	5
8:15 8:30	2	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
8:30 8:45	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
8:45 9:00	1	-	-	4	-	-	-	-	-	6	6
9:00 9:15	1	1	-	2	-	-	-	1	-	6	4
9:15 9:30	1	-	-	2	1	-	-	1	1	6	5
9:30 9:45	2	-	-	-	2	-	-	-	1	5	4
9:45 10:00	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
10:00 10:15	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2
10:15 10:30	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
10:30 10:45	2	-	-	5	-	-	-	-	2	9	7
10:45 11:00	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3	3
11:00 11:15	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
11:15 11:30	1	-	1	3	1	-	-	-	-	6	6
11:30 11:45	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
11:45 12:00	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2	2
12:00 12:15	1	1	1	4	1	-	-	-	-	8	8
12:15 12:30	-	-	-	3	1	-	-	-	1	5	4
12:30 12:45	3	-	-	3	1	-	-	-	-	7	7
12:45 13:00	-	-	-	2	-	-	-	-	2	4	2
13:00 13:15	3	-	-	4	-	-	-	-	3	10	7
13:15 13:30	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	2
13:30 13:45	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	2
13:45 14:00	-	-	1	1	-	-	-	-	1	3	2
14:00 14:15	2	1	-	1	-	-	-	-	1	5	4
14:15 14:30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
14:30 14:45	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
14:45 15:00	2	-	-	3	-	-	-	-	-	5	5
15:00 15:15	4	-	-	2	1	-	-	-	-	7	7
15:15 15:30	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	2
15:30 15:45	3	-	-	2	-	-	-	-	1	6	5
15:45 16:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
16:00 16:15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
16:15 16:30	3	-	1	1	-	-	-	-	-	5	5
16:30 16:45	2	-	-	2	1	-	-	-	-	5	5
16:45 17:00	-	1	-	2	-	-	-	-	1	4	3
17:00 17:15	1	-	-	2	-	-	-	1	1	5	4
17:15 17:30	2	-	1	6	-	-	-	1	1	11	10
17:30 17:45	-	-	-	6	-	-	-	1	2	9	7
17:45 18:00	3	-	-	2	-	-	-	1	3	9	6
Total	52	6	5	103	13	0	0	7	32	218	186

Lunes

Azuay		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY								AFOROS VEHICULARES	
Ubicación:		Fecha:		04/09/2023		LUNES					
Vía:		Sentido:		JUEVA A CUENCA		↑					
Aforador:		Hoja:				de:					
Coordinador:		Hora de inicio:		06h00		Hora final:		18h00			
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-30	C-30R	C-34	C-40	VDR	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	3	1	-	2	-	-	-	-	-	6	6
6:15 6:30	5	1	-	2	-	-	-	-	3	11	8
6:30 6:45	3	-	-	2	1	-	-	-	1	7	6
6:45 7:00	2	-	1	3	-	-	-	1	-	7	7
7:00 7:15	6	-	-	4	1	-	-	1	2	14	12
7:15 7:30	2	-	1	6	-	-	-	-	6	15	9
7:30 7:45	-	1	-	3	-	-	-	-	3	7	4
7:45 8:00	-	-	-	5	1	-	-	-	1	7	6
8:00 8:15	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	1
8:15 8:30	1	-	-	4	1	-	-	-	-	6	6
8:30 8:45	2	-	-	3	-	-	-	-	-	5	5
8:45 9:00	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2
9:00 9:15	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
9:15 9:30	-	-	1	2	-	-	-	-	-	3	3
9:30 9:45	-	1	-	-	1	-	-	1	-	3	3
9:45 10:00	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4	1
10:00 10:15	-	-	-	4	1	-	-	-	-	5	5
10:15 10:30	-	-	-	4	1	-	-	-	-	5	5
10:30 10:45	1	-	-	4	1	-	-	-	-	6	6
10:45 11:00	1	-	-	1	-	-	-	-	2	4	2
11:00 11:15	-	-	-	3	2	-	-	-	1	6	5
11:15 11:30	4	1	1	7	-	-	-	-	-	13	13
11:30 11:45	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	2
11:45 12:00	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4
12:00 12:15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
12:15 12:30	-	-	-	3	1	-	-	-	-	4	4
12:30 12:45	1	-	-	6	-	-	-	-	1	8	7
12:45 13:00	1	-	1	1	-	-	-	-	-	3	3
13:00 13:15	4	-	-	2	1	-	-	-	-	7	7
13:15 13:30	2	1	-	2	1	-	-	-	-	6	6
13:30 13:45	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
13:45 14:00	-	-	1	1	-	-	-	-	1	3	2
14:00 14:15	1	-	1	1	-	-	-	-	1	4	3
14:15 14:30	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
14:30 14:45	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1
14:45 15:00	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	5
15:00 15:15	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
15:15 15:30	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3	3
15:30 15:45	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	2
15:45 16:00	2	-	-	1	-	-	-	-	2	5	3
16:00 16:15	-	-	-	2	-	-	-	-	3	5	2
16:15 16:30	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
16:30 16:45	3	-	-	1	-	-	-	-	-	4	4
16:45 17:00	2	-	-	3	-	-	-	-	1	6	5
17:00 17:15	1	-	-	3	-	-	-	-	3	7	4
17:15 17:30	-	1	-	4	1	-	-	-	-	6	6
17:30 17:45	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
17:45 18:00	3	-	-	2	-	-	-	-	-	5	5
Total	59	8	9	118	14	0	0	3	35	246	211

Martes

Ubicación:		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY									
Vía:		AFOROS VEHICULARES									
Aforador:		Fecha:									
Coordinador:		Sentido:									
		Hoja:									
		Hora de inicio:		Hora final:							
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-20	C-20B	C-3A	C-4C	VDR	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	2
6:15 6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0
6:30 6:45	-	-	-	-	-	-	-	1 Tractor	-	1	1
6:45 7:00	3	-	-	1	-	-	-	-	-	4	4
7:00 7:15	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
7:15 7:30	2	-	-	5	1	-	-	-	1	9	8
7:30 7:45	-	1	-	7	-	-	-	-	-	8	8
7:45 8:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
8:00 8:15	1	-	2	4	-	-	-	-	-	7	7
8:15 8:30	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	3
8:30 8:45	1	1	-	3	-	-	-	-	-	5	5
8:45 9:00	1	-	1	4	-	-	-	-	-	6	6
9:00 9:15	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
9:15 9:30	1	-	-	3	1	-	-	1	-	6	6
9:30 9:45	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2
9:45 10:00	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1
10:00 10:15	2	-	-	4	-	-	-	-	1	7	6
10:15 10:30	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
10:30 10:45	1	-	1	1	-	-	-	-	2	5	3
10:45 11:00	-	-	1	-	-	-	-	1	-	2	2
11:00 11:15	3	-	1	5	-	-	-	-	1	11	10
11:15 11:30	2	-	-	1	1	-	-	1	-	5	4
11:30 11:45	1	-	-	2	1	-	-	-	1	5	4
11:45 12:00	1	-	-	2	2	-	-	-	1	6	5
12:00 12:15	1	-	-	2	1	-	-	-	-	4	4
12:15 12:30	2	1	-	1	1	-	-	-	3	8	5
12:30 12:45	1	-	1	4	-	-	-	-	-	6	6
12:45 13:00	1	-	-	2	-	-	-	-	1	4	3
13:00 13:15	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	1
13:15 13:30	2	-	-	1	-	-	-	-	2	5	3
13:30 13:45	1	-	-	1	2	-	-	-	3	7	4
13:45 14:00	3	-	-	4	-	-	-	-	4	11	7
14:00 14:15	2	-	1	3	-	-	-	-	-	6	6
14:15 14:30	1	1	-	4	-	-	-	-	-	6	6
14:30 14:45	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
14:45 15:00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
15:00 15:15	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	2
15:15 15:30	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2
15:30 15:45	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
15:45 16:00	1	-	-	1	-	-	-	-	3	5	2
16:00 16:15	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
16:15 16:30	2	-	-	2	-	-	-	-	1	6	5
16:30 16:45	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
16:45 17:00	1	1	-	3	-	-	-	-	2	6	5
17:00 17:15	3	-	-	-	-	-	-	2	-	5	5
17:15 17:30	2	-	-	1	2	-	-	-	1	6	5
17:30 17:45	2	-	-	1	-	-	-	-	1	5	4
17:45 18:00	3	-	-	4	1	-	-	1	2	11	9
Total	57	5	8	107	13	0	0	10	36	236	200

Martes

		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY												
		AFOROS VEHICULARES												
Ubicación:											Fecha:	05/09/2023		
Vía:											Sentido:	VUELTA A CUENCA		
Aforador:											Hoja:	de:		
Coordinador:											Hora de inicio:	06h00	Hora final:	18h00
INTERVALOS		AUTOS	BUS	BUSETA	C-2D	C-2DR	C-3A	C-3C	VDR	MOTOS	TOTAL	TOTAL SEN MOTOS		
6:00	6:15	3	1	-	3	-	-	-	-	-	7	7		
6:15	6:30	6	1	-	2	-	-	-	-	1	10	9		
6:30	6:45	3	-	-	-	-	-	-	-	2	5	3		
6:45	7:00	3	-	1	2	-	-	-	2	1	9	8		
7:00	7:15	5	-	-	4	-	-	-	1	-	10	10		
7:15	7:30	3	-	-	6	-	-	-	-	4	13	9		
7:30	7:45	-	1	1	5	-	-	-	-	3	10	7		
7:45	8:00	2	-	-	6	-	-	-	-	-	8	8		
8:00	8:15	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1		
8:15	8:30	1	-	1	4	1	-	-	-	-	7	7		
8:30	8:45	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3		
8:45	9:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
9:00	9:15	-	-	-	5	-	-	-	-	1	6	5		
9:15	9:30	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3		
9:30	9:45	1	1	-	4	3	-	-	1	-	10	10		
9:45	10:00	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	2		
10:00	10:15	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1		
10:15	10:30	1	-	1	3	-	-	-	-	-	5	5		
10:30	10:45	-	-	1	1	-	-	-	-	1	3	2		
10:45	11:00	3	-	1	5	-	-	-	-	1	10	9		
11:00	11:15	-	1	-	1	-	-	-	-	1	3	2		
11:15	11:30	2	-	-	3	-	-	-	-	-	5	5		
11:30	11:45	1	-	-	-	-	-	-	1	1	3	2		
11:45	12:00	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	3		
12:00	12:15	1	-	-	2	-	-	-	-	2	5	3		
12:15	12:30	1	-	-	5	1	-	-	-	-	7	7		
12:30	12:45	-	-	-	2	-	-	-	-	4	6	2		
12:45	13:00	3	-	-	1	-	-	-	-	-	4	4		
13:00	13:15	2	-	-	1	1	-	-	-	2	6	4		
13:15	13:30	1	1	-	2	-	-	-	-	-	4	4		
13:30	13:45	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3		
13:45	14:00	1	-	-	1	1	-	-	-	4	7	6		
14:00	14:15	3	-	1	1	-	-	-	-	1	6	5		
14:15	14:30	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	3		
14:30	14:45	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3	3		
14:45	15:00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
15:00	15:15	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	2		
15:15	15:30	2	-	-	2	-	-	-	-	-	4	4		
15:30	15:45	1	1	-	4	-	-	-	-	1	7	6		
15:45	16:00	2	-	-	3	-	-	-	-	-	6	5		
16:00	16:15	2	-	-	2	-	-	-	-	2	6	4		
16:15	16:30	1	-	-	3	1	-	-	-	-	5	5		
16:30	16:45	1	-	-	1	1	-	-	-	-	3	3		
16:45	17:00	-	-	-	3	2	-	-	-	-	5	5		
17:00	17:15	-	1	-	1	-	-	-	-	1	3	2		
17:15	17:30	5	-	-	3	-	-	-	-	-	8	8		
17:30	17:45	1	-	-	1	-	-	-	-	2	4	2		
17:45	18:00	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
Total		70	8	7	109	12	0	0	5	40	251	211		

Miércoles

Azúay		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY									
AFOROS VEHICULARES											
Ubicación: _____		Fecha: 06/09/2023									
Vía: _____		Sentido: IDA A ZHIDMAD ↓									
Aforador: _____		Hoja: _____ de: _____									
Coordinador: _____		Hora de inicio: 06h00 Hora final 18h00									
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-2D	C-2DB	C-3A	C-3C	V2DB	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	—	1	1	—	—	—	—	2	1	4	4
6:15 6:30	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	0
6:30 6:45	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	2
6:45 7:00	4	—	—	1	—	—	—	—	—	5	5
7:00 7:15	—	—	—	4	—	—	—	—	—	4	4
7:15 7:30	3	—	—	5	1	—	—	—	—	9	9
7:30 7:45	1	—	—	1	1	—	—	—	—	3	3
7:45 8:00	2	1	1	1	—	—	—	—	—	5	5
8:00 8:15	2	—	—	4	—	—	—	—	—	6	6
8:15 8:30	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	0
8:30 8:45	2	1	—	4	—	—	—	—	—	7	7
8:45 9:00	1	—	—	2	—	—	—	—	1	4	3
9:00 9:15	2	—	—	1	—	—	—	—	—	3	3
9:15 9:30	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	2
9:30 9:45	—	—	1	4	—	—	—	1	1	7	6
9:45 10:00	2	—	—	2	—	—	—	—	—	4	4
10:00 10:15	1	—	—	3	—	—	—	—	—	4	4
10:15 10:30	1	—	—	1	1	—	—	1	—	3	3
10:30 10:45	1	—	—	3	—	—	—	—	1	5	4
10:45 11:00	1	—	—	1	—	—	—	—	1	3	2
11:00 11:15	4	—	—	2	1	—	—	—	1	8	7
11:15 11:30	—	—	—	3	1	—	—	—	1	5	4
11:30 11:45	2	—	—	4	—	—	—	—	—	6	6
11:45 12:00	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1
12:00 12:15	2	1	—	1	—	—	—	—	—	4	4
12:15 12:30	—	—	—	3	1	—	—	1	—	5	4
12:30 12:45	—	—	—	3	—	—	—	—	1	4	3
12:45 13:00	1	—	—	2	—	—	—	—	1	4	3
13:00 13:15	2	—	—	4	—	—	—	—	—	6	6
13:15 13:30	1	—	—	3	—	—	—	—	1	5	4
13:30 13:45	2	—	—	1	—	—	—	—	—	3	3
13:45 14:00	1	—	—	5	1	—	—	2	—	9	7
14:00 14:15	1	1	—	3	1	—	—	—	—	6	6
14:15 14:30	1	—	—	1	3	—	—	—	—	5	5
14:30 14:45	—	—	—	2	1	—	—	—	1	4	3
14:45 15:00	—	—	—	4	1	—	—	—	—	5	5
15:00 15:15	2	—	—	1	—	—	—	—	—	3	3
15:15 15:30	2	—	—	2	—	—	—	—	2	6	4
15:30 15:45	—	—	—	3	—	—	—	—	—	3	3
15:45 16:00	3	—	—	1	—	—	—	—	1	5	4
16:00 16:15	1	—	—	2	—	—	—	—	1	4	3
16:15 16:30	1	—	1	2	—	—	—	—	—	4	4
16:30 16:45	1	1	—	2	1	—	—	—	—	4	4
16:45 17:00	3	—	—	4	—	—	—	2	1	11	10
17:00 17:15	—	—	—	3	1	—	—	1	1	6	5
17:15 17:30	1	—	—	1	—	—	—	1	1	4	3
17:30 17:45	3	—	—	2	—	—	—	1	2	8	6
17:45 18:00	3	—	—	—	—	—	—	3	—	6	3
Total	60	6	4	106	15	0	0	9	27	227	200



ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,29 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY

AFOROS VEHICULARES

Ubicación: _____

Fecha: 06/09/2023

Via: _____

Sentido: Yuelta a JADAN

Aforador: _____

Hoja: _____ de: _____

Coordinador: _____

Hora de inicio: 06h00 Hora final 18h00

INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-20	C-30R	C-3A	C-R	VJM	MOTOR	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	5			6					1	12	11
6:15 6:30	6			7					1	14	13
6:30 6:45		1		2					1	4	3
6:45 7:00	2			4					1	7	6
7:00 7:15	3		1	5				1	4	10	9
7:15 7:30	5	1	1	10				1	4	17	17
7:30 7:45	5			2					2	9	7
7:45 8:00	4			2	1					7	6
8:00 8:15	7			2						9	9
8:15 8:30	2			1						3	3
8:30 8:45	1			1	1					3	3
8:45 9:00	2			2	1					5	4
9:00 9:15	1			4					1	6	5
9:15 9:30	2	1		3	1					7	6
9:30 9:45	1			2	1				1	5	4
9:45 10:00	1			2					1	4	3
10:00 10:15	1			3				1	1	6	5
10:15 10:30	1			4					1	6	5
10:30 10:45	2			4						6	6
10:45 11:00	1			2						3	3
11:00 11:15	1			3						4	4
11:15 11:30	1	1	1	7						10	9
11:30 11:45	1			3	2					6	5
11:45 12:00	1		1						2	4	3
12:00 12:15	2			1						3	3
12:15 12:30	1			3						4	4
12:30 12:45	1			4					1	6	5
12:45 13:00				2						2	2
13:00 13:15	1			1	1				1	4	3
13:15 13:30	2			1	1					4	3
13:30 13:45	2			7	1				1	11	10
13:45 14:00				2					1	4	3
14:00 14:15	1		1	6						8	7
14:15 14:30	4			3					1	8	7
14:30 14:45				7					2	9	7
14:45 15:00	2			2	1					5	4
15:00 15:15				2					1	3	2
15:15 15:30	1	1	2	2						6	5
15:30 15:45	1			3					2	6	4
15:45 16:00	3								1	4	3
16:00 16:15										0	0
16:15 16:30				2					1	3	2
16:30 16:45	3			4	1					8	7
16:45 17:00				3						3	3
17:00 17:15	1	1		2	1					5	4
17:15 17:30	1			3					1	5	4
17:30 17:45				3					1	4	3
17:45 18:00	3									3	3
Total	74	7	7	116	11	0	0	4	36	255	219

JUEVES

INTERVALOS		AUTOS	BUS	BUNETA	C-20	C-200	C-3A	C-40	V-200	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00	6:15	—	—	—	—	1	—	—	2	—	3	3
6:15	6:30	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	0
6:30	6:45	1	—	—	2	—	—	—	—	—	3	3
6:45	7:00	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1
7:00	7:15	2	—	—	2	—	—	—	—	2	5	4
7:15	7:30	2	—	—	6	—	—	—	—	—	8	8
7:30	7:45	1	—	—	6	—	—	—	—	—	7	7
7:45	8:00	1	—	—	2	—	—	—	—	1	4	3
8:00	8:15	1	—	—	2	—	—	—	—	—	3	3
8:15	8:30	1	—	—	1	—	—	—	—	—	2	2
8:30	8:45	1	1	—	1	—	—	—	—	—	3	3
8:45	9:00	—	—	—	4	—	—	—	—	2	6	4
9:00	9:15	1	—	—	3	—	—	—	—	—	4	4
9:15	9:30	1	—	—	2	—	—	—	1	—	4	4
9:30	9:45	1	—	—	2	—	—	—	—	—	3	3
9:45	10:00	—	—	—	1	—	—	—	—	1	2	1
10:00	10:15	2	—	—	2	—	—	—	—	—	4	4
10:15	10:30	2	—	—	2	—	—	—	1	—	5	4
10:30	10:45	2	1	—	4	—	—	—	—	—	7	6
10:45	11:00	1	—	—	1	—	—	—	—	—	2	2
11:00	11:15	2	—	—	7	—	—	—	—	—	9	9
11:15	11:30	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	2
11:30	11:45	2	—	—	4	—	—	—	—	—	6	6
11:45	12:00	1	—	—	4	—	—	—	—	—	5	5
12:00	12:15	1	1	—	2	—	—	—	—	1	5	4
12:15	12:30	1	—	1	4	—	—	—	—	4	10	6
12:30	12:45	1	—	—	3	—	—	—	—	—	4	4
12:45	13:00	1	—	—	3	—	—	—	—	3	7	4
13:00	13:15	3	—	—	1	—	—	—	—	—	4	4
13:15	13:30	1	—	—	1	—	—	—	—	1	3	3
13:30	13:45	2	—	—	3	—	—	—	—	2	7	5
13:45	14:00	1	—	—	1	—	—	—	—	1	3	2
14:00	14:15	2	—	—	1	—	—	—	—	3	6	3
14:15	14:30	1	1	—	1	—	—	—	—	1	4	3
14:30	14:45	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	2
14:45	15:00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
15:00	15:15	3	—	1	—	—	—	—	—	1	5	4
15:15	15:30	1	—	—	3	—	—	—	—	1	5	4
15:30	15:45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
15:45	16:00	1	—	—	2	—	—	—	—	1	4	3
16:00	16:15	—	—	—	3	—	—	—	—	1	4	3
16:15	16:30	2	—	1	—	—	—	—	—	1	4	3
16:30	16:45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
16:45	17:00	—	1	—	—	—	—	—	1	—	2	1
17:00	17:15	1	—	—	1	—	—	—	—	—	2	2
17:15	17:30	—	—	—	3	—	—	—	2	—	5	3
17:30	17:45	3	—	—	3	—	—	—	1	—	7	6
17:45	18:00	4	—	—	2	—	—	—	—	1	7	6
Total		53	5	6	104	16	0	0	9	35	229	192

JUEVES

		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,38 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY											
AFOROS VEHICULARES													
Ubicación:										Fecha: 07/07/2023			
Vía:										Sentido: YUCLIA JADAN ↑			
Aforador:										Hoja: de:			
Coordinador:										Hora de inicio: 06h00		Hora final: 18h00	
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUNETA	C-2D	C-2DB	C-3A	C-4C	V208	MOTOC	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS		
6:00-6:15	3	-	-	4	-	-	-	-	1	8	7		
6:15-6:30	5	1	-	1	-	-	-	-	1	8	7		
6:30-6:45	2	-	-	3	-	-	-	-	1	6	5		
6:45-7:00	2	-	-	4	1	-	-	3	1	11	10		
7:00-7:15	3	-	1	4	1	-	-	-	-	9	8		
7:15-7:30	3	1	-	4	1	-	-	-	6	22	16		
7:30-7:45	-	-	-	4	1	-	-	-	2	7	5		
7:45-8:00	2	-	-	6	-	-	-	-	-	8	6		
8:00-8:15	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3		
8:15-8:30	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4		
8:30-8:45	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3		
8:45-9:00	2	1	-	2	-	-	-	-	1	6	5		
9:00-9:15	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1		
9:15-9:30	2	1	-	4	-	-	-	-	-	7	6		
9:30-9:45	-	-	-	1	1	-	-	1	-	3	2		
9:45-10:00	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3		
10:00-10:15	4	-	-	-	1	-	-	-	-	5	4		
10:15-10:30	1	-	-	1	1	-	-	-	1	4	3		
10:30-10:45	1	-	-	3	1	-	-	-	2	7	5		
10:45-11:00	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3		
11:00-11:15	2	1	-	2	-	-	-	-	-	5	4		
11:15-11:30	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	3		
11:30-11:45	2	-	-	7	-	-	-	-	-	9	7		
11:45-12:00	-	-	-	3	1	-	-	-	-	4	3		
12:00-12:15	-	-	-	3	2	-	-	-	-	5	4		
12:15-12:30	1	-	-	2	3	-	-	-	4	10	6		
12:30-12:45	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	4		
12:45-13:00	3	-	-	4	-	-	-	-	-	7	6		
13:00-13:15	2	-	-	2	-	-	-	3	-	7	4		
13:15-13:30	2	1	-	1	-	-	-	-	-	4	3		
13:30-13:45	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	2		
13:45-14:00	1	-	-	3	-	-	-	-	2	6	4		
14:00-14:15	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	1		
14:15-14:30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1		
14:30-14:45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0		
14:45-15:00	1	-	-	2	1	-	-	-	1	5	4		
15:00-15:15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2		
15:15-15:30	-	1	-	1	-	-	-	-	1	3	2		
15:30-15:45	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
15:45-16:00	2	-	-	3	-	-	-	-	-	5	4		
16:00-16:15	-	-	-	1	1	-	-	-	1	3	2		
16:15-16:30	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	5		
16:30-16:45	3	-	-	2	-	-	-	-	-	5	4		
16:45-17:00	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2	1		
17:00-17:15	2	-	-	1	-	-	-	-	2	5	3		
17:15-17:30	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2	1		
17:30-17:45	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	2		
17:45-18:00	1	-	-	1	1	-	-	-	-	3	2		
Total	63	8	4	114	16	0	0	9	37	246	209		

Vornos

		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY												
		AFOROS VEHICULARES												
Ubicación:											Fecha:	03/09/2023		
Via:											Sentido:	IDA A ZHIMAD ↓		
Aforador:											Hoja:	de:		
Coordinador:											Hora de inicio:	06h00	Hora final:	18h00
INTERVALOS		AUTOM	BUS	BUSETA	CJD	CJDB	CJA	CJC	VDR	MOTOR	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS		
6:00	6:15	-	-	1	-	-	-	-	2	1	4	3		
6:15	6:30	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0		
6:30	6:45	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
6:45	7:00	2	-	-	2	-	-	-	-	1	5	4		
7:00	7:15	2	-	-	2	1	-	-	-	-	5	5		
7:15	7:30	2	-	-	2	1	-	-	-	-	5	5		
7:30	7:45	-	1	-	3	-	-	-	-	1	5	4		
7:45	8:00	2	-	1	5	-	-	-	-	-	6	6		
8:00	8:15	-	-	-	5	-	-	-	-	1	7	0		
8:15	8:30	-	-	-	6	-	-	-	-	-	6	6		
8:30	8:45	-	1	1	4	-	-	-	-	1	7	6		
8:45	9:00	-	-	-	4	-	-	-	1	-	5	5		
9:00	9:15	1	-	-	7	-	-	-	-	-	2	2		
9:15	9:30	-	-	-	5	1	-	-	-	-	4	4		
9:30	9:45	-	-	1	1	1	-	-	-	-	3	3		
9:45	10:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3		
10:00	10:15	2	-	-	2	1	-	-	-	-	5	5		
10:15	10:30	-	-	-	2	-	-	-	-	2	4	2		
10:30	10:45	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3	3		
10:45	11:00	2	-	-	2	1	-	-	-	-	5	5		
11:00	11:15	2	-	-	4	-	-	-	-	-	7	6		
11:15	11:30	1	-	-	7	-	-	-	-	-	2	2		
11:30	11:45	3	-	-	3	-	-	-	-	-	6	6		
11:45	12:00	-	-	-	5	1	-	-	-	1	6	4		
12:00	12:15	2	1	-	6	-	-	-	-	-	9	9		
12:15	12:30	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
12:30	12:45	1	-	-	3	-	-	-	-	1	5	4		
12:45	13:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3		
13:00	13:15	1	-	-	4	-	-	-	-	1	3	2		
13:15	13:30	-	-	-	2	-	-	-	-	1	3	2		
13:30	13:45	2	-	-	4	-	-	-	-	2	5	3		
13:45	14:00	2	-	-	5	4	-	-	-	1	9	8		
14:00	14:15	3	1	-	2	-	-	-	-	1	8	7		
14:15	14:30	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4		
14:30	14:45	3	-	-	2	-	-	-	-	3	8	5		
14:45	15:00	1	-	-	3	2	-	-	-	1	7	6		
15:00	15:15	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
15:15	15:30	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5		
15:30	15:45	-	-	-	2	1	-	-	-	-	4	4		
15:45	16:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3		
16:00	16:15	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3		
16:15	16:30	-	-	1	5	-	-	-	-	1	7	6		
16:30	16:45	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2		
16:45	17:00	2	1	-	-	-	-	-	-	-	3	3		
17:00	17:15	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3		
17:15	17:30	3	-	1	4	-	-	-	1	1	5	4		
17:30	17:45	-	-	-	3	-	-	-	1	3	7	4		
17:45	18:00	3	-	-	1	1	-	-	-	1	6	5		
Total		46	5	6	119	13	0	0	7	39	235	196		

101103



ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY

AFOROS VEHICULARES

Ubicación: _____ Fecha: 08/09/2003
 Vía: _____ Sentido: VUELTA A CUENCA ↑
 Aforador: _____ Hoja: _____ de: _____
 Coordinador: _____ Hora de inicio: 06h00 Hora final 18h00

INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-20	C-20H	C-3A	C-4C	V20B	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	3	1	-	2	-	-	-	-	-	6	6
6:15 6:30	5	-	-	1	1	-	-	-	1	8	7
6:30 6:45	3	1	-	2	-	-	-	-	2	9	7
6:45 7:00	4	-	1	2	1	-	-	-	3	11	11
7:00 7:15	3	-	-	6	1	-	-	-	-	10	10
7:15 7:30	3	1	1	4	1	-	-	-	2	11	9
7:30 7:45	1	-	-	8	-	-	-	-	3	13	10
7:45 8:00	2	-	-	4	1	-	-	-	1	7	6
8:00 8:15	2	-	-	1	-	-	-	-	1	4	3
8:15 8:30	1	-	1	3	-	-	-	-	-	5	5
8:30 8:45	1	-	1	2	-	-	-	-	-	4	4
8:45 9:00	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2
9:00 9:15	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
9:15 9:30	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	2
9:30 9:45	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	5
9:45 10:00	1	-	-	1	1	-	-	-	-	3	3
10:00 10:15	-	-	-	5	1	-	-	-	-	7	7
10:15 10:30	1	-	-	2	1	-	-	-	1	4	3
10:30 10:45	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	5
10:45 11:00	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4
11:00 11:15	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
11:15 11:30	3	1	-	1	-	-	-	-	-	5	5
11:30 11:45	1	-	-	5	-	-	-	-	-	6	6
11:45 12:00	4	-	-	3	-	-	-	-	3	10	7
12:00 12:15	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4
12:15 12:30	1	-	-	2	-	-	-	-	1	4	3
12:30 12:45	2	-	-	3	-	-	-	-	-	5	5
12:45 13:00	2	-	-	3	1	-	-	-	-	6	6
13:00 13:15	2	-	-	3	1	-	-	-	1	7	6
13:15 13:30	-	1	-	1	-	-	-	-	2	4	4
13:30 13:45	2	-	-	1	1	-	-	-	1	5	5
13:45 14:00	1	-	-	2	-	-	-	-	3	6	3
14:00 14:15	2	-	1	3	-	-	-	-	4	10	6
14:15 14:30	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
14:30 14:45	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	2
14:45 15:00	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
15:00 15:15	2	-	-	4	-	-	-	-	1	7	6
15:15 15:30	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	2
15:30 15:45	-	-	-	1	1	-	-	-	-	3	3
15:45 16:00	-	-	1	1	1	-	-	-	-	3	3
16:00 16:15	3	-	1	3	-	-	-	-	-	7	7
16:15 16:30	2	-	-	5	-	-	-	-	1	8	7
16:30 16:45	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	2
16:45 17:00	1	-	-	4	-	-	-	-	-	5	5
17:00 17:15	1	-	-	1	-	-	-	-	2	4	2
17:15 17:30	-	1	1	2	-	-	-	-	-	4	4
17:30 17:45	1	-	-	1	-	-	-	-	1	3	2
17:45 18:00	1	-	-	1	-	-	-	3	2	4	2
Total	65	6	9	128	13	0	0	3	37	261	224

Sabado

Azuaay		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY									
AFOROS VEHICULARES											
Ubicación:		Fecha: 09/09/2023									
Via:		Sentido: IDA A ZHIDMAD ↓									
Aforador:		Hoja: de:									
Coordinador:		Hora de inicio: 06h00 Hora final: 18h00									
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSKTA	C-2D	C-2DH	C-3A	C-4C	V2DH	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1
6:15 6:30	-	-	-	2	1	-	-	-	-	3	3
6:30 6:45	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
6:45 7:00	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
7:00 7:15	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
7:15 7:30	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
7:30 7:45	3	1	-	8	1	-	-	-	1	14	13
7:45 8:00	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
8:00 8:15	2	-	-	2	-	-	-	2	-	6	6
8:15 8:30	4	-	-	5	-	-	-	2	-	11	11
8:30 8:45	1	1	-	2	-	-	-	1	-	5	5
8:45 9:00	-	-	-	4	-	-	-	1	3	8	5
9:00 9:15	1	-	-	-	-	-	-	1	1	3	2
9:15 9:30	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4
9:30 9:45	1	-	-	4	-	-	-	-	1	6	5
9:45 10:00	-	-	-	3	-	-	-	-	1	4	3
10:00 10:15	1	-	-	5	-	-	-	-	-	6	6
10:15 10:30	1	-	-	3	-	-	-	-	1	5	5
10:30 10:45	-	-	-	4	1	-	-	-	-	5	5
10:45 11:00	3	-	-	3	1	-	-	-	-	7	7
11:00 11:15	-	-	-	2	-	-	-	2	-	4	4
11:15 11:30	3	-	-	3	-	-	-	1	-	7	7
11:30 11:45	-	-	1	4	-	-	-	-	3	8	5
11:45 12:00	5	-	-	2	-	-	-	-	5	12	7
12:00 12:15	2	1	1	4	1	-	-	-	1	10	9
12:15 12:30	3	-	-	4	-	-	-	-	-	7	7
12:30 12:45	-	-	1	4	-	-	-	-	-	5	5
12:45 13:00	3	-	-	4	-	-	-	-	1	8	7
13:00 13:15	2	-	-	3	-	-	-	1	-	6	6
13:15 13:30	2	-	-	3	-	-	-	1	1	7	6
13:30 13:45	3	-	-	3	-	-	-	-	-	6	6
13:45 14:00	-	-	1	3	-	-	-	-	1	5	4
14:00 14:15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
14:15 14:30	-	1	-	-	-	-	-	-	4	5	1
14:30 14:45	2	-	-	1	1	-	-	-	-	4	4
14:45 15:00	4	-	-	8	1	-	-	-	3	16	13
15:00 15:15	3	-	1	6	-	-	-	-	2	12	10
15:15 15:30	2	-	1	11	-	-	-	-	2	16	14
15:30 15:45	1	-	-	3	-	-	-	-	1	5	4
15:45 16:00	4	-	1	5	1	-	-	-	2	13	11
16:00 16:15	3	-	-	5	-	-	-	-	1	9	8
16:15 16:30	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
16:30 16:45	3	1	-	2	-	-	-	-	2	8	6
16:45 17:00	2	1	-	4	-	-	-	-	-	7	7
17:00 17:15	-	-	1	6	1	-	-	-	3	11	8
17:15 17:30	5	-	-	1	-	-	-	-	-	6	6
17:30 17:45	2	-	1	5	1	-	-	-	1	10	9
17:45 18:00	1	-	-	6	-	-	-	-	1	8	7
Total	76	6	9	163	10	0	0	13	43	310	277



ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY

AFOROS VEHICULARES

Ubicación: _____ Fecha: 09/09/2023
 Vía: _____ Sentido: PUERTA A CUENCA ↑
 Aforador: _____ Hoja: _____ de: _____
 Coordinador: _____ Hora de inicio: 06h00 Hora final: 18h00

INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSRTA	C-3D	C-3DR	C-3A	C-3C	VDR	MOTOS	TOTAL	TOTAL SEN MOTOS
6:00 6:15	1	1	-	2	-	-	-	-	-	4	4
6:15 6:30	3	-	1	1	-	-	-	-	-	5	5
6:30 6:45	3	1	1	-	1	-	-	-	-	6	6
6:45 7:00	1	-	-	1	2	-	-	1	-	5	5
7:00 7:15	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2	2
7:15 7:30	3	-	-	5	-	-	-	-	1	9	8
7:30 7:45	2	1	-	3	-	-	-	-	-	6	6
7:45 8:00	2	-	-	7	-	-	-	-	-	9	9
8:00 8:15	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2
8:15 8:30	3	-	-	5	-	-	-	-	1	9	8
8:30 8:45	4	-	-	4	-	-	-	-	1	6	5
8:45 9:00	6	-	-	1	-	-	-	1	1	9	8
9:00 9:15	-	-	-	3	-	-	-	-	2	5	3
9:15 9:30	1	1	-	5	-	-	-	-	3	10	7
9:30 9:45	-	-	-	4	-	-	-	1	-	5	5
9:45 10:00	1	-	-	6	-	-	-	-	-	7	7
10:00 10:15	1	-	-	2	-	-	-	-	1	4	3
10:15 10:30	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
10:30 10:45	1	-	-	2	1	-	-	-	-	4	4
10:45 11:00	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
11:00 11:15	3	1	-	2	-	-	-	-	-	6	6
11:15 11:30	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	3
11:30 11:45	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4	2
11:45 12:00	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4	2
12:00 12:15	-	-	-	-	4	-	-	-	2	5	4
12:15 12:30	2	-	1	4	-	-	-	-	-	7	7
12:30 12:45	3	-	-	1	1	-	-	-	-	5	5
12:45 13:00	1	-	-	4	-	-	-	-	3	8	5
13:00 13:15	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
13:15 13:30	-	1	-	2	-	-	-	-	-	3	3
13:30 13:45	1	-	-	5	-	-	-	-	2	8	6
13:45 14:00	1	-	-	1	-	-	-	-	2	4	2
14:00 14:15	2	-	1	1	-	-	-	-	-	4	4
14:15 14:30	2	-	-	5	-	-	-	-	1	8	7
14:30 14:45	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	1
14:45 15:00	-	-	-	5	-	-	-	-	1	6	5
15:00 15:15	1	-	-	4	-	-	-	-	2	7	5
15:15 15:30	2	1	-	4	-	-	-	-	-	7	7
15:30 15:45	-	-	1	6	-	-	-	-	1	8	7
15:45 16:00	1	-	-	5	-	-	-	-	1	7	6
16:00 16:15	1	-	-	3	1	-	-	-	1	6	5
16:15 16:30	2	-	-	2	1	-	-	-	3	8	5
16:30 16:45	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
16:45 17:00	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
17:00 17:15	2	1	1	5	1	-	-	-	3	13	10
17:15 17:30	3	1	-	4	2	-	-	-	1	11	10
17:30 17:45	3	-	-	3	-	-	-	-	1	7	6
17:45 18:00	3	-	-	9	-	-	-	-	2	14	12
Total	66	9	6	143	16	0	0	5	41	286	245

DOMINGO

INTERVALOS		AUTOS	BUS	BUSETA	C-20	C-20H	C-3A	C-4C	V-20H	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00	6:15	2	1		4						7	7
6:15	6:30	4		1	2						7	7
6:30	6:45	5	1	1	2	1					9	9
6:45	7:00	2			3	1				1	7	6
7:00	7:15	1			2					2	5	3
7:15	7:30	4			2					2	12	10
7:30	7:45	3	1		3					1	8	7
7:45	8:00	3			3						11	11
8:00	8:15	1			3						4	4
8:15	8:30	4			5					2	12	10
8:30	8:45	2			5					1	8	7
8:45	9:00	6			3					1	10	9
9:00	9:15				4					2	6	4
9:15	9:30	2	1		6					3	12	9
9:30	9:45	1			5	1				1	8	7
9:45	10:00	2			8					2	12	10
10:00	10:15	1			3					1	5	4
10:15	10:30				5					2	7	5
10:30	10:45	3			4	1				2	10	8
10:45	11:00	2			5					1	8	6
11:00	11:15	4			3					2	9	7
11:15	11:30	1			3					2	6	4
11:30	11:45	3			3					1	7	6
11:45	12:00	1			4					1	6	5
12:00	12:15	2			5	1				1	9	8
12:15	12:30	4		1	5					2	12	10
12:30	12:45	1								1	2	1
12:45	13:00				3					1	4	3
13:00	13:15	1	1		2						4	4
13:15	13:30				3						3	3
13:30	13:45	2			1						3	3
13:45	14:00	4			1						5	4
14:00	14:15	2		1	1					1	5	4
14:15	14:30	1			5					1	7	6
14:30	14:45				5						5	5
14:45	15:00	2			1	1				1	5	4
15:00	15:15	1			4					2	7	5
15:15	15:30	2	1		2						5	4
15:30	15:45			1	2					1	4	3
15:45	16:00	1			4					1	6	5
16:00	16:15	2			4	1				1	8	7
16:15	16:30	1			1	1				3	6	3
16:30	16:45	1			2						3	3
16:45	17:00				4						4	4
17:00	17:15	2	1	1	5	1				2	14	10
17:15	17:30	4	1		2	1					8	8
17:30	17:45	3			4					1	8	7
17:45	18:00	3			2					2	14	12
Total		96	8	6	183	10	0	0	0	54	357	303

DOMINGO

		ESTUDIO VIAL DEL TRAMO EL CABO - BULLCAY, EN UNA LONGITUD DE 1,20 KM, PARROQUIA EL CABO, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY									
AFOROS VEHICULARES											
Ubicación:		Fecha: 10/09/2023									
Vía:		Sentido: IDA A ZHIDKIAJ ↓									
Aforador:		Hoja: de:									
Coordinador:		Hora de inicio: 06h00 Hora final 18h00									
INTERVALOS	AUTOS	BUS	BUSETA	C-3D	C-2DB	C-3A	C-4C	V2DB	MOTOS	TOTAL	TOTAL SIN MOTOS
6:00 6:15	1	-	-	2	-	-	-	-	1	4	3
6:15 6:30	-	-	-	3	1	-	-	-	1	5	4
6:30 6:45	1	-	-	2	1	-	-	-	-	4	4
6:45 7:00	1	-	-	4	1	-	-	-	-	3	3
7:00 7:15	2	-	-	4	-	-	-	-	-	6	6
7:15 7:30	1	-	-	5	-	-	-	-	2	8	6
7:30 7:45	4	1	-	8	1	-	-	-	1	15	14
7:45 8:00	1	-	-	4	-	-	-	-	3	8	5
8:00 8:15	4	-	-	3	-	-	-	-	2	9	7
8:15 8:30	6	-	-	5	-	-	-	-	-	11	11
8:30 8:45	1	1	-	3	-	-	-	-	2	7	5
8:45 9:00	3	-	-	5	-	-	-	-	4	15	8
9:00 9:15	2	-	-	2	-	-	-	-	1	5	4
9:15 9:30	2	-	-	5	-	-	-	-	-	7	5
9:30 9:45	2	-	-	5	-	-	-	-	2	9	7
9:45 10:00	1	-	-	3	-	-	-	-	1	5	4
10:00 10:15	3	-	-	6	-	-	-	-	-	9	8
10:15 10:30	2	-	-	4	1	-	-	-	3	10	7
10:30 10:45	4	-	-	5	-	-	-	-	1	11	10
10:45 11:00	4	-	-	6	-	-	-	-	-	10	10
11:00 11:15	3	-	-	6	-	-	-	-	2	11	11
11:15 11:30	2	-	-	4	-	-	-	-	2	8	6
11:30 11:45	2	-	-	8	1	-	-	-	1	14	14
11:45 12:00	1	1	-	3	-	-	-	-	-	5	4
12:00 12:15	1	-	-	1	-	-	-	-	2	4	3
12:15 12:30	4	-	-	6	-	-	-	-	2	12	10
12:30 12:45	3	-	-	2	-	-	-	-	1	6	5
12:45 13:00	3	-	-	3	-	-	-	-	-	6	6
13:00 13:15	3	-	-	1	-	-	-	-	1	5	4
13:15 13:30	2	-	-	3	-	-	-	-	1	6	5
13:30 13:45	2	-	1	1	1	-	-	-	-	5	5
13:45 14:00	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
14:00 14:15	2	1	-	3	1	-	-	-	1	8	7
14:15 14:30	1	-	-	3	-	-	-	-	-	4	4
14:30 14:45	2	-	-	2	-	-	-	-	-	4	4
14:45 15:00	3	-	-	2	-	-	-	-	1	6	5
15:00 15:15	3	-	1	8	-	-	-	-	2	14	12
15:15 15:30	2	-	1	5	-	-	-	-	2	10	8
15:30 15:45	1	-	-	4	-	-	-	-	1	6	5
15:45 16:00	3	-	1	5	1	-	-	-	2	12	10
16:00 16:15	3	-	-	5	-	-	-	-	1	9	8
16:15 16:30	1	-	-	2	-	-	-	-	-	3	3
16:30 16:45	3	1	-	2	-	-	-	-	2	8	6
16:45 17:00	3	1	-	2	-	-	-	-	2	8	6
17:00 17:15	-	-	2	6	1	-	-	-	3	12	11
17:15 17:30	3	-	-	2	-	-	-	-	-	5	5
17:30 17:45	2	-	1	5	1	-	-	-	1	10	9
17:45 18:00	1	-	-	6	-	-	-	-	1	8	7
Total	107	6	6	184	10	0	0	0	52	365	313

Anexo 2. Estudios del suelo

Fuente: (Prefectura Del Azuay, 2022). Elaboración de Estudios de suelos para el Diseño de Pavimentos de la vía que une a las Parroquias de Jadan y Zhidmad, Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay.



GOBIERNO PROVINCIAL
AZUAY

GOBIERNO PROVINCIAL DEL AZUAY

DIRECCIÓN DE VIALIDAD

LABORATORIO DE SUELOS

Cel: 0983734594

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA
ABSCISA: 0+000 **FECHA:** 1/12/2022
PERFORACION # 1

PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 27,8 LP = 19,3 IP = 8,5	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		CL LL = 41,1 LP = 25,4 IP = 15,7	Arcilla de baja plasticidad
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 0+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10		GC LL = 30,4 LP = 20,5 IP = 9,9	Grava arcillosa con arena
0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60		CL LL = 35,0 LP = 22,1 IP = 12,9	Arcilla de baja plasticidad

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA
ABSCISA: 1+000 **FECHA:** 1/12/2022
PERFORACION # 1

PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10		GC LL = 32,2 LP = 20,4 IP = 11,8	Grava arcillosa con arena
0,20 0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60		CL LL = 43,4 LP = 25,5 IP = 17,9	Arcilla de baja plasticidad

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 1+500 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50		GC LL = 29,7 LP = 20,2 IP = 9,5	Grava arcillosa con arena
0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30		GC LL = 27,1 LP = 22,4 IP = 4,7	Grava arcillosa con arena

Observaciones: Se alcanzó únicamente una profundidad de 1,30 metros debido a la presencia de una roca arenisca consolidada.

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN				
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA				
ABSCISA: 2+000		FECHA: 1/12/2022		
PERFORACION # 1				
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN	
0,00		GC	Grava arcillosa con arena	
0,10		LL = 30,8		
0,20		LP = 20,2 IP = 10,6		
0,30		GC	Grava arcillosa con arena	
0,40				
0,50				
0,60				
0,70				
0,80				LL = 38,1
0,90				LP = 25,7
1,00				IP = 12,4
1,10				
1,20				
1,30				
1,40				
1,50				
1,60				

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 2+500 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GP - GC LL = 33,9 LP = 20,9 IP = 13,0	Grava mal graduada con arcilla y arena
0,10			
0,20			
0,30			
0,40			
0,50			
0,60			
0,70		CL LL = 44,8 LP = 24,9 IP = 19,9	Arcilla de baja plasticidad con arena
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 3+000		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 29,8 LP = 19,7 IP = 10,1	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		SC LL = 27,5 LP = 19,7 IP = 7,8	Arena arcillosa con grava
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 3+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 28,5 LP = 21,6 IP = 6,9	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30			
0,40		GC LL = 28,4 LP = 19,2 IP = 9,2	Grava arcillosa con arena
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 4+000 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		GC LL = 30,4 LP = 19,7 IP = 10,7	Grava arcillosa con arena
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50		GC LL = 38,7 LP = 22,5 IP = 16,2	Grava arcillosa

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 4+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		GC LL = 30,1 LP = 18,5 IP = 11,6	Grava arcillosa con arena
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50 1,60		CL LL = 34,0 LP = 18,2 IP = 15,8	Arcilla de baja plasticidad arenosa con grava

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 5+000 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20		GC LL = 29,5 LP = 17,6 IP = 11,9	Grava arcillosa con arena
0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20		SC LL = 32,3 LP = 21,3 IP = 11,0	Arena arcillosa con grava

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 5+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		GC LL = 30,0 LP = 21,9 IP = 8,1	Grava arcillosa con arena
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50		SC LL = 30,0 LP = 17,4 IP = 12,6	Arena arcillosa con grava

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 6+000		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 31,5 LP = 20,3 IP = 11,2	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		CL LL = 41,0 LP = 25,2 IP = 15,8	Arcilla de baja plasticidad
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 6+500 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 27,9 LP = 19,3 IP = 8,6	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20		CL LL = 40,4 LP = 20,0 IP = 20,4	Arcilla de baja plasticidad con arena
0,30			
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 7+000		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		GC LL = 32,1 LP = 20,7 IP = 11,4	Grava arcillosa con arena
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30		CL LL = 36,3 LP = 21,1 IP = 15,2	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA
ABSCISA: 7+500 **FECHA:** 1/12/2022
PERFORACION # 1

PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,25		GC LL = 27,2 LP = 19,6 IP = 7,6	Grava arcillosa con arena
0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50		CL LL = 38,4 LP = 22,4 IP = 16,0	Arcilla de baja plasticidad con arena

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 8+000 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20		GC LL = 27,6 LP = 20,1 IP = 7,5	Grava arcillosa con arena
0,30 0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30		CL LL = 41,0 LP = 23,3 IP = 17,7	Arcilla de baja plasticidad

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 8+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 29,5 LP = 21,6 IP = 7,9	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		CL LL = 39,3 LP = 26,5 IP = 12,8	Arcilla de baja plasticidad con arena
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 9+000		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 34,5 LP = 21,3 IP = 13,2	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		MH LL = 50,0 LP = 37,3 IP = 12,7	Limo arenoso de alta plasticidad
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			
1,70			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 9+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GP - GC LL = 31,4 LP = 20,1 IP = 11,3	Grava mal graduada con arcilla y arena
0,10			
0,20			
0,30		CL LL = 44,8 LP = 28,1 IP = 16,7	Arcilla de baja plasticidad con arena
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 10+000		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 30,6 LP = 21,7 IP = 8,9	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,30		ML LL = 48,7 LP = 31,9 IP = 16,8	Limo de baja plasticidad con arena
0,40			
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 10+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00		GC LL = 29,7 LP = 20,1 IP = 9,6	Grava arcillosa con arena
0,10			
0,20			
0,25			
0,30			
0,40		MH LL = 67,1 LP = 44,5 IP = 22,6	Limo de alta plasticidad
0,50			
0,60			
0,70			
0,80			
0,90			
1,00			
1,10			
1,20			
1,30			
1,40			
1,50			
1,60			

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 11+000 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		SC LL = 28,2 LP = 21,5 IP = 6,7	Arena arcillosa con grava
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40		CH LL = 103,4 LP = 46,0 IP = 57,4	Arcilla de alta plasticidad

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 11+500 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50		GC LL = 26,9 LP = 20,5 IP = 6,4	Grava arcillosa con arena
0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30 1,40 1,50		CL LL = 31,2 LP = 21,3 IP = 9,9	Arcilla de baja plasticidad con arena

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA ABSCISA: 12+000 FECHA: 1/12/2022 PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30 0,40 0,50		GC LL = 27,9 LP = 20,5 IP = 7,4	Grava arcillosa con arena
0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30		GC LL = 27,7 LP = 15,4 IP = 12,3	Grava arcillosa

Observaciones: Ninguna

PROYECTO: VÍA ZHIDMAD - JADÁN			
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN DE VIALIDAD - GPA			
ABSCISA: 12+500		FECHA: 1/12/2022	
PERFORACION # 1			
PROFUNDIDAD (m)	PERFORACION # 1	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
0,00 0,10 0,20 0,30		GC LL = 28,5 LP = 18,8 IP = 9,7	Grava arcillosa con arena
0,40 0,50 0,60 0,70 0,80 0,90 1,00 1,10 1,20 1,30		GC LL = 30,5 LP = 19,1 IP = 11,4	Grava arcillosa

Observaciones: Ninguna



Ing. Daniel Velez Parra Msc.
Laboratorio de Suelos
Gobierno Provincial del Azuay