



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL
ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA
GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL
CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

BRIAN DAMIAN JARAMILLO PEÑALOZA

TUTOR:

ING. GASTÓN NICOLÁS PROAÑO CADENA

La Libertad, Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE
LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-
SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTÓN LA
LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORES:

BRIAN DAMIAN JARAMILLO PEÑALOZA

TUTOR:

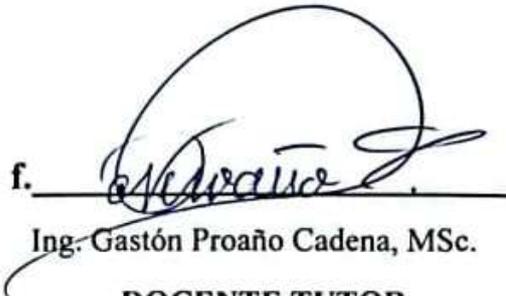
ING. GASTÓN NICOLÁS PROAÑO CADENA

La Libertad, Ecuador

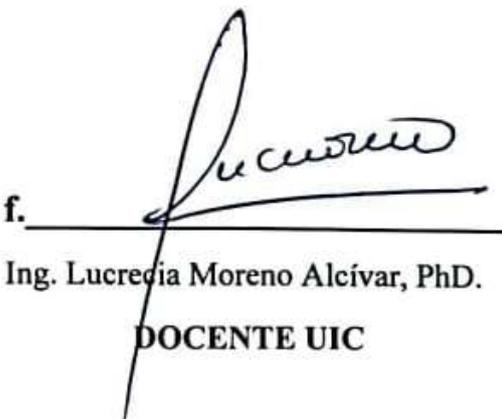
2023

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 
Ing. Jonny Raul Villao Borbor, MSc.
DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 
Ing. Gastón Proaño Cadena, MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 
Ing. Daniel Campoverde C., MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.
DOCENTE UIC

DEDICATORIA

Dedico este gran proyecto principalmente a Dios, por haberme dado la vida y el permitirme llegar hasta este punto muy importante de mi formación profesional.

A mis padres, por ser el pilar más importante, además por dedicar siempre su cariño y apoyo incondicional, sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mis hermanos por sus consejos y por su motivación, a mis profesores, amigos y compañeros los cuales viven esta hermosa experiencia y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera han contribuido al logro de mi objetivo.

BRIAN DAMIAN JARAMILLO PEÑALOZA

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por el estudiante Brian Damián Jaramillo Peñaloza, egresado de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 7% de la valoración permitida.



Ing. Gastón Nicolás Proaño

TUTOR

Tesis Brian Jaramillo

7% Similitudes
3% Texto entre comillas
 + 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis Brian Jaramillo.docx
 ID del documento: ea6434e6170831401706318ad25fd724eddcc107
 Tamaño del documento original: 29,27 Mo

Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCNAR
 Fecha de depósito: 14/2/2023
 Tipo de carga: interface
 fecha de fin de análisis: 14/2/2023

Número de palabras: 14.404
 Número de caracteres: 93.435

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario <small>410236</small> El documento proviene de otro grupo. 4 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (388 palabras)
2	repositorio.uta.edu.ec Diseño geométrico de la alternativa vial Shugo - Rinlao33 a... https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3541/1/15014_C_1371_jerri_blanco... 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (252 palabras)
3	Documento de otro usuario <small>410231</small> El documento proviene de otro grupo. 9 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (220 palabras)
4	Documento de otro usuario <small>441248</small> El documento proviene de otro grupo. 11 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (200 palabras)
5	repositorio.uta.edu.ec Diseño geométrico definitivo de la alternativa vial Shugo - R... https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3541/1/15014_C_1371_jerri_blanco... 22 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (120 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario <small>491873</small> El documento proviene de otro grupo.	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (122 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Estudio de suelo, estabilización del material granular en est... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/1955647674/1052-TR-2019-0384.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (120 palabras)
3	Aplicación de un programa tridimensional para el diseño geométrico de la vía de P... http://mapa.ups.edu.ec/bitstream/15000867/1400-5824.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (128 palabras)
4	library.co Costos directos - Análisis de precio unitario https://library.com/colombianos/directos-analisis-de-precio-unitario-q/vg2emr	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (127 palabras)
5	localbeat Implementación de alternativa vial de 3.15 km para enlazar las vías Auro... http://localbeat1650/multimedios/area/ugp/70500/INMAT-9-139-2021-Ing.-CNR.-DEVALUOS-POB-DE...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (122 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Brian Damián Jaramillo Peñaloza, con número de cédula 010731517-8 declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **"DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTÓN LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA AÑO 2022-2023"**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



Brian Damián Jaramillo Peñaloza

Autor de Tesis

CERTIFICACION DEL TUTOR

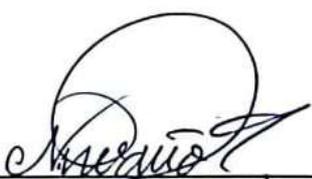
Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de tutor del presente trabajo, “**DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil elaborado por el Sr. Brian Damián Jaramillo Peñaloza, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península De Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,

f. 

Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena, MSc

DOCENTE TUTOR

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA

Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.

Celular: 0939211033

Correo: dennys.panchana@educacion.gob.ec

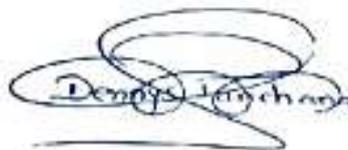
CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **DENNYS MAURICIO PANCHANA YAGUAL**, en mi calidad de **LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN Y LIDERAZGO EDUCACIONAL**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL – SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTON LA LIBERTAD PROVINCIA DE SANTA ELENA"** del estudiante: **JARAMILLO PEÑALOZA BRIAN DAMIAN**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 31 de enero del 2023



Lcdo. Dennys Panchana Yagual, Mgtr.

CI. 0919400176

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGISTER EN GERENCIA Y LIDERAZGO EDUCACIONAL
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1031-2018-1947613

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme su protección durante todo mi camino y darme fuerzas para superar los diferentes obstáculos y dificultades que han existido a lo largo de toda mi vida.

Infinitamente agradecido con mis padres, que con la demostración de ser personas ejemplares me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Gracias a todas las personas que me han ayudado de forma directa e indirecta en la realización de este proyecto.

BRIAN DAMIAN JARAMILLO PEÑALOZA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vi
CERTIFICACION DEL TUTOR	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
Pág.....	xii
LISTA DE FIGURAS	xviii
LISTA DE TABLAS	xix
LISTA DE ECUACIONES.....	xxi
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. HIPÓTESIS	10

1.3.1.	Hipótesis General.	10
1.3.2.	Hipótesis Específicas.	10
1.4.	OBJETIVOS	11
1.4.1.	Objetivo General	11
1.4.2.	Objetivos Específicos.	11
1.5.	ALCANCE.	11
1.6.	VARIABLES	12
1.6.1.	Variables Independientes.	12
1.6.2.	Variables Dependientes.	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		13
2.1.	VÍAS DE TRANSPORTE: IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD	13
2.2.	TIPOS DE VÍAS.	14
2.3.	CLASIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LAS VÍAS	14
2.3.1.	Vías urbanas.	14
2.3.2.	Vías de enlace.	14
2.3.3.	Vías Inter-urbanas.	14
2.4.	DISEÑO DE LA VÍA	14
2.5.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA: ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.	15
2.5.1.	Estudio topográfico de la vía.	15
2.5.2.	Estudio Geotécnico.	17

2.5.3.	Estudio Hidrológico.	17
2.5.4.	Estudio Socio-Económico.	17
2.5.5.	Estudio de Impactos Ambientales.	17
2.5.6.	Estudio de Tráfico.	18
2.6.	DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.....	22
2.6.1.	Curvas Circulares Simples.	23
2.6.2.	Curvas Circulares Compuestas.....	24
2.6.3.	Tangentes Horizontales	24
2.6.4.	Radio mínimo	25
2.6.5.	Peralte	25
2.6.6.	Transición del peralte	26
2.6.7.	Curvas espirales de transición	27
2.7.	DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	28
2.7.1.	Alineamiento Vertical	28
2.7.2.	Diseño de cunetas.....	30
2.7.3.	Puentes y túneles.	30
2.8.	DISEÑO TRANSVERSAL	30
2.8.1.	Secciones transversales típicas	31
2.8.2.	Elementos de una sección transversal típica	31
2.9.	PAVIMENTO	36
2.10.	DISEÑO DE PAVIMENTO.....	36

2.10.1.	Acciones preliminares para el diseño de Pavimento.	37
2.10.2.	Diseño de pavimento flexible con el método AASHTO93.	45
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		53
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1.	Tipo.	53
3.1.2.	Nivel.	53
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
	53	
3.2.1.	Método.....	53
3.2.2.	Enfoque	54
3.2.3.	Diseño.....	54
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	54
3.3.1.	Población	54
3.3.2.	Muestra.....	54
3.3.3.	Muestreo	54
3.4.	UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO.....	55
3.5.	METODOLOGIA DEL OE.1: DISEÑAR EL TRAZADO GEOMÉTRICO DE LA VÍA, MEDIANTE EL USO DE LA TOPOGRAFÍA DEL SECTOR Y EL ANÁLISIS DE TRÁFICO, SIGUIENDO LOS CRITERIOS DEL MTOP, PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA	56

3.5.1. Topografía del sector.....	56
3.5.2. Análisis de tráfico.....	57
3.5.3. Diseño Geométrico.....	64
3.6. METODOLOGIA DEL OE.2: REALIZAR UN ESTUDIO GEOTÉCNICO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CONOCER LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.....	65
3.7. METODOLOGIA DEL OE.3: DISEÑAR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 93, PARA LA PROPUESTA DEL ENLACE VIAL DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.....	66
3.8. Operacionalización de Variables	84
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	86
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1 DISEÑAR EL TRAZADO GEOMÉTRICO DE LA VÍA, MEDIANTE EL USO DE LA TOPOGRAFÍA DEL SECTOR Y EL ANÁLISIS DE TRÁFICO, SIGUIENDO LOS CRITERIOS DEL MTOP, PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.....	86
4.1.1. Diseño geométrico Horizontal.....	86
4.1.2. Diseño Geométrico Vertical.....	87

4.1.3. Diseño geométrico transversal	87
4.1.4. Diseño geométrico transversal	88
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, REALIZAR UN ESTUDIO GEOTÉCNICO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CONOCER LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.	89
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, DISEÑAR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 93, PARA LA PROPUESTA DEL ENLACE VIAL DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA	92
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1. CONCLUSIONES	94
5.2. RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	101
.....	115
.....	119

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Elementos de la curva circular.....	23
Figura 2 Elementos de curvas circulares compuestas.....	24
Figura 3 Transición del peralte	27
Figura 4 Tangente Vertical	29
Figura 5	31
Figura 6 Sección típica de la vía	32
Figura 7 Coeficiente Estructural del Pavimento	49
Figura 8 Ábaco para obtener el coeficiente estructural de la Base	50
Figura 9 Coeficiente Estructural de la Subbase	50
Figura 10 Ubicación geográfica de la vía	55
Figura 11 Levantamiento topográfico de la vía de diseño	57
Figura 12 Ábaco para el diseño del Número Estructural	72
Figura 13 Composición Granulométrica de la Base granular	77
Figura 14 Diseño geométrico horizontal de la vía	86
Figura 15 Diseño geométrico Horizontal de la vía	87
Figura 16 Cortes Transversales de la Abcisa 0+200 y 0+900.....	88
Figura 17 Perfil de Suelo obtenido mediante muestreo por calicatas cada 500m.....	90
Figura 18. Resumen de Resultados del estudio geotécnico realizado a la subrasante de la vía	91
Figura 19	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Tasa de crecimiento vehicular (%) según MTOP	20
Tabla 2 Tipos de vía en función del tráfico proyectado o TPDA según MTOP.....	21
Tabla 3 Coeficientes de fricción lateral según MTOP (2003)	26
Tabla 4 Valores mínimos de diseño para el ancho de espaldones	33
Tabla 5 Anchos de Calzada.....	34
Tabla 6 Clasificación de la superficie de rodadura	35
Tabla 7 Confiabilidad.....	46
Tabla 8 Desviación Estándar.....	47
Tabla 9	47
Tabla 10 Relación de la Confiabilidad con la Desviación Estándar	47
Tabla 11 Módulo Resiliente de la Subrasante.....	48
Tabla 12 Calidad del Drenaje.....	51
Tabla 13 Calidad del drenaje en relación al porcentaje de tiempo que el pavimento pasa expuesto a niveles de saturación	51
Tabla 14 Coordenadas del diseño de la vía.....	55
Tabla 15 Registro del conteo manual de los vehículos y cálculo del tráfico diario semanal (TPDSS).....	58
Tabla 16 Factor de Ajuste Mensual	59
Tabla 17 Factor de ajuste diario FD	60
Tabla 18 Composición del Tráfico.....	61

Tabla 19 Tasas de Crecimiento Vehicular anual (%).....	62
Tabla 20 Proyección del tráfico a un horizonte de diseño de 20 años	62
Tabla 21 Valores de diseños recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	63
Tabla 22 Clasificación de la vía en función del TPDA.....	64
Tabla 23 Resumen de Resultados.....	64
Tabla 24 Calicatas a cada 500	65
Tabla 25 Factores de número de carriles en 1 y 2 direcciones.....	67
Tabla 26 ESAL'S de Diseño	69
Tabla 27 Relación entre el tráfico de diseño y el CBR de diseño.....	70
Tabla 28 Datos de Entrada para el cálculo del número estructural empleando ábaco.....	72
Tabla 29 Espesores mínimos sugeridos por MTOP	73
Tabla 30 Relación entre el tipo de Base y el % de CBR.....	75
Tabla 31 Relación entre el tipo de subbase y el CBR	76
Tabla 32	76

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1 Factor de la hora máxima demandada.....	19
Ecuación 2 Tráfico futuro	20
Ecuación 3 Radio mínimo	25
Ecuación 4. Peralte.....	25
Ecuación 5. Tangentes Verticales	29
Ecuación 6 Ecuación de la AASHTO para el diseño de pavimento flexible	45
Ecuación 7 Porosidad	52
Ecuación 8. Permeabilidad.....	52
Ecuación 9. Tiempo de concentración de la lluvia	52
Ecuación 10 Pluviosidad de la zona.....	52
Ecuación 11. Factor diario	59
Ecuación 12 Cálculo del TPDA	60
Ecuación 13 Tráfico Asignado.....	61
Ecuación 14 Factor de Crecimiento	67
Ecuación 15 ESAL'S de diseño	67

“DISEÑO DE ENLACE VIAL PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE EN EL CANTÓN LA LIBERTAD, PROVINCIA DE SANTA ELENA”

Autores: Brian Damián Jaramillo Peñaloza

Tutor: Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena

RESUMEN

Los proyectos de viabilidad contribuyen de manera muy significativa al desarrollo socioeconómico de un pueblo, una ciudad y de todo un país, es por ello que resulta de suma importancia la realización de los diversos estudios, investigaciones y de análisis previos que garanticen una vía apta con las condiciones necesarias de seguridad, diseño, bienestar, utilidad y confort para los conductores. El objetivo de la investigación es diseñar el enlace vial empleando los parámetros de diseño del ministerio de transporte y obras públicas (MTO), para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, 2022 – 2023, para el cumplimiento del objetivo se han empleado los criterios normativos de la MTO, NEVI y AASHTO 93 para el diseño geométrico de la vía y pavimento flexible, respectivamente. Los resultados demostraron que el terreno presenta ondulaciones y por lo tanto el diseño de la vía posee pendientes mayores al 10% y volúmenes de corte que son compensados con los volúmenes de relleno. Finalmente, se concluye que la vía es de clase I y que el método de espesores mínimos resultó eficiente para el diseño de la estructura de pavimento flexible.

Palabras Clave: diseño geométrico, diseño de pavimento, MTO, NEVI, AASHTO-93

ABSTRACT

“DESIGN OF ROAD LINK TO COMPLETE THE ACCESS FROM CALLE 31 TO THE NEW GUAYAQUIL-SALINAS HIGHWAY IN THE SAN VICENTE SECTOR IN LA LIBERTAD CANTON, SANTA ELENA PROVINCE”

Authors: Brian Damián Jaramillo Peñaloza

Tutor: Ing. Gastón Nicolás Proaño Cadena

Feasibility projects contribute in a very significant way to the socioeconomic development of a town, a city and an entire country, which is why it is extremely important to carry out various studies, investigations and previous analyzes that guarantee a suitable path with the necessary conditions of safety, design, well-being, usefulness and comfort for drivers. The objective of the research is to design the road link using the design parameters of the Ministry of Transport and Public Works (MTOPE), to complete the access of Calle 31 with the new Guayaquil-Salinas highway in the San Vicente sector in the canton of La Libertad, province of Santa Elena, 2022 - 2023, to meet the objective, the regulatory criteria of the MTOPE, NEVI and AASHTO 93 have been used for the geometric design of the road and flexible pavement, respectively. The results showed that the terrain presents undulations and therefore the design of the road has slopes greater than 10% and cut volumes that are compensated with the fill volumes. Finally, it is concluded that the road is class I and that the minimum thickness method was efficient for the design of the flexible pavement structure.

Key words: *geometric design, pavement design, MTOPE, NEVI, AASHTO-93*

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los proyectos de viabilidad contribuyen de manera muy significativa al desarrollo socioeconómico de un pueblo, una ciudad y de todo un país, es por ello que resulta de suma importancia la realización de los diversos estudios, investigaciones y de análisis previos que garanticen una vía apta con las condiciones necesarias de seguridad, diseño, bienestar, utilidad y confort para los conductores. (Zambrano, 2021)

Por lo tanto, el presente proyecto basa sus esfuerzos investigativos en la realización del diseño de enlace vial para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente, en el cantón La Libertad- Provincia de Santa Elena.

En primera instancia de la investigación, se ha efectuado el reconocimiento del lugar para conocer las condiciones que presenta la vía actualmente, pudiéndose observar la necesidad de desarrollar el proyecto de diseño de la vía de acceso de la calle 31 que conecta con la nueva autopista, con la finalidad de brindar mayor seguridad a los habitantes de la localidad y al mismo tiempo de ofrecer una alternativa óptima de vía de transporte para el beneficio del desarrollo socio-económico de las provincias del Guayas, Santa Elena. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022)

Para el desarrollo del presente proyecto, como lo menciona Bravo y Jalón (2016) para obtener un eficaz diseño de carreteras se deben analizar los siguientes puntos de vista como son: del tipo de transporte y el tráfico existente, en forma independiente, para luego poder analizar la combinación de ambos. Así también, como el estudio de la topografía existente en la zona, el tipo de suelo, la pluviometría, para finalmente, obtener como resultado el diseño geométrico de la vía, el diseño del drenaje, y de los espesores que debe tener cada capa del

pavimento.

Para esta vía se ha llevado a cabo el estudio de los parámetros esenciales del diseño como son: tipo de topografía, tráfico promedio diario anual (también conocido con las siglas TPDA), clasificación de la carretera de acuerdo a su tráfico y velocidad de diseño.

Con los análisis obtenidos especialmente del trabajo de campo (conteos manuales) se procedió a establecer una proyección del TPDA, clasificación de los tipos de transporte que circulan por la vía, para luego proceder a calcular el número de ejes equivalente o también denominados como ESAL'S.

De modo general, la investigación se estructura de la siguiente manera; en el primer capítulo se condensan la problemática, antecedentes, objetivos, variables e hipótesis, que servirán de guía para delimitar el alcance de la investigación. El segundo capítulo engloba la fundamentación teórica necesaria para el entendimiento y comprensión de los criterios normativos empleados para el diseño del enlace vial. En el tercer capítulo se describe la metodología empleada para el desarrollo de la investigación, en el cuarto capítulo se discuten y analizan los resultados obtenidos y finalmente en el quinto capítulo se concluye la investigación y se brindan recomendaciones para el lector interesado en desarrollar una investigación similar.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En los países del primer mundo, la construcción y mantenimiento de las carreteras, se ha ido desarrollando en función de conseguir la durabilidad, además de mantener un nivel de servicio permanentemente que brinde confort y seguridad a los usuarios. (Abanto & Pedraza, 2019)

Los problemas de construcción defectuosa y de daños prematuros o sin atención oportuna, han sido superados mediante la aplicación de técnicas renovadas de construcción, así como de control de calidad; apoyadas durante su periodo de operación, con la implantación de sistemas confiables de gestión y

conservación. Así como también, sobre la base de datos históricos constructivos y de intervenciones programadas y oportunas. (Robalino, 2016)

El presente proyecto vial se pretende desarrollar en la provincia de Santa Elena, Cantón La Libertad, en el sector, siguiendo la calle 31 y desarrollándose sobre la vía existente que es un camino de tierra, en dirección hacia la autopista. Ya que, en la actualidad, en dicho sitio se necesita un enlace vial con la nueva autopista Guayaquil-Salinas, ya que no hay acceso de dicha autopista con el centro de Libertad. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022)

Sumado a esto, existe en la vía una falta de obras de drenaje, encontrándose con ondulaciones montañosas pronunciadas, y laderas con pendientes transversales. Por lo tanto, al no contar con un diseño geométrico previo ocasiona que en temporada de invierno se formen grandes baches dificultando el poder circular, provocando de una serie de depresiones en la vía, y ocasionando un problema en el flujo vehicular, e incrementando el riesgo de accidentes. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022)

Se debe considerar que, para todo proyecto es primordial pensar en el bienestar de los habitantes, ya que, teniendo una vía en mal estado, el traslado de las personas o mercancías es complicado debido a la ausencia de los medios de transporte. (Alarcón & Sandoval, 2021)

Por tales motivos, se ha decidido realizar el presente estudio para el diseño vial pretendiendo obtener como resultado su respectivo mejoramiento, del cual serán beneficiarios los pobladores como el sector, ya que podrán acceder a los distintos barrios y sitios de La Libertad en el menor tiempo posible, dinamizando el sector social y económico. Por lo tanto, se plantean las siguientes interrogantes de investigación, como interrogante general ¿El diseño del enlace vial empleando los parámetros de diseño del ministerio de transporte y obras públicas (MTOP), contribuirá a completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, 2022 – 2023?, de la que se desprenden la siguientes interrogantes específicas; ¿El diseño del trazado geométrico de la vía, mediante

el uso de la topografía del sector siguiendo los criterios del MTOP, favorecerá al diseño del enlace vial para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente, provincia de Santa Elena?, ¿El estudio geotécnico mediante ensayos de laboratorio permitirá conocer las propiedades mecánicas de la subrasante del sector San Vicente, provincia de Santa Elena?, ¿Es eficaz el diseño de la estructura de un pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, para la propuesta del enlace vial del sector San Vicente, provincia de Santa Elena?

1.2. ANTECEDENTES

A nivel internacional se puede mencionar a los autores Asparrin y Pérez (2020) quienes refieren en su estudio de “DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE INTERCAMBIO VIAL Y MODELACIÓN 3D EN EL KILÓMETRO 19, CARRETERA PANAMERICANA SUR - LIMA 2020”, cuyo objetivo fue elaborar el Diseño Geométrico preliminar de Intercambio Vial y Modelación 3D en el Kilómetro 19, Carretera Panamericana Sur-Lima 2020, concluyó que, que la infraestructura vial es muy valiosa para la economía internacional, debido a que esta rama de la ingeniería estudia todo lo relacionado con el diseño, construcción y operación de carreteras, actualmente los países desarrollados han perfeccionado diligentemente avances en la ingeniería de infraestructura vial. Con los estudios realizados se ha obtenido el procesamiento de los puntos topográficos, suavizado de las curvas de nivel y teniendo como producto final el modelo digital del terreno con el software Civil 3D. Del Diseño Geométrico preliminar de Intercambio Vial y Modelación 3D, se encontró que la composición del alineamiento Horizontal el intercambio vial está compuesto por 2 ramales de enlace con direcciones de Sur a Norte y de Norte a Sur. En cuanto a la composición del alineamiento vertical se representa y clasifica en una Autopista de Primera Clase con 2 calzadas de 3 carriles con un terreno plano tipo 1 y una velocidad Directriz de 80km/h con 14m. de calzada y una Carpeta Asfáltica de 0.10m, así también presentan el análisis de tráfico llegándose a observar que el Volumen Medio Diario Anual (VMDA O IMDA) es de 972 veh/día, siendo 5.408 vehículos por semana. Con el Diseño Geométrico preliminar de Intercambio Vial y Modelación 3D, se logró determinar que de todas

las alternativas de intercambio vial propuestas para intersecciones a desnivel se optó por el de tipo trompeta en el cual tiene en su perfil longitudinal puentes y rampas, con dicha información recopilada realizaron el diseño en el software Civil 3D y para la modelación del diseño geométrico de intercambio vial se utilizó en el programa Infracore.

Otro caso que cabe mencionar es el de los autores Abanto y Pedraza (2019), quienes en su investigación “DISEÑO DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL ENTRE LA INTERSECCIÓN: VÍA EVITAMIENTO Y PROLONGACIÓN BOLOGNESI, EN LA CIUDAD DE CHICLAYO – LAMBAYEQUE” tuvieron como objetivo mejorar la continuidad vehicular en la vía para el evitamiento y a la vez descongestión del tráfico existente en la zona, se ha realizado el levantamiento topográfico en un largo de 1.50 km en la Vía Evitamiento, 950 m al Norte y 550 m al Sur, tomando como referencia la intersección de la Vía Evitamiento y Av. Prolongación Bolognesi, Así también, se ha encontrado como resultado del estudio que la capacidad admisible es de 5.18 kg/cm² para Pilares y 5.50 kg/cm² para Estribos. En cuanto al diseño Geométrico del Intercambio Vial a Desnivel señalan que se mantendrá el mismo alineamiento existente y sus parámetros de diseño, ya que no se está trazando toda la calzada sino solo un tramo; teniéndose 2 caminos fraccionados de 7.20 m. Para la selección de dispositivos de señalización se manejó señales de información, señales preventivas y señales de reglamentación o reguladoras, no se ha considerado el empleo de semaforización. Con la presente elaboración de proyecto se logró los niveles de seguridad, comodidad y de estética, necesarios para la intersección. Y para su implementación ha sido requerido un presupuesto treinta y tres millones novecientos cincuenta y uno mil trescientos nueve y 34/100 soles (33, 951, 309.34).

Así también, el autor Gómez (2018) en su proyecto de “DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTUDIOS DE LAS VÍAS URBANAS: HAYUELOS, TOYOTA Y SEMINARIO EN TUNJA”, cuyo objetivo fue la ampliación y mejoramiento de la malla vehicular del área urbana y rural de Hayuelos, Toyota y seminario en Tunja, refiere que la construcción prevista de la vía contribuye al desarrollo de la región nororiental, mejora las condiciones de operación de las

vías adyacentes y la ampliación de la red vehicular está en concordancia con el plan de tránsito efectivo y amigable del plan de desarrollo municipal (2016-2019), contribuyendo el diseño de las vías de manera significativa dentro Tunja, ya que puede reducir la carga del tráfico en las vías existentes, favoreciendo así al desarrollo de la movilidad urbana. De acuerdo con las metas establecidas por la Secretaría de Infraestructura de Tunja, el diseño vial del proyecto contribuye significativa a la planificación del tráfico de la ciudad, por lo que se ha creado una base sólida en el diseño geométrico para así satisfacer los objetivos fundamentales del proyecto vial, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, su armonía o estética y la economía. Para el diseño de vías urbanas, se ha evaluado y analizado factores importantes como el uso actual de la tierra en el sitio del proyecto y cómo la infraestructura vial puede afectarlo. Es así como el autor recomienda que en los proyectos viales es importante considerar el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la ciudad al momento de predecir los posibles factores que pueden afectar el proyecto, por lo que es importante tener en cuenta las aceras, las obras de drenaje y las estructuras de los puentes se diseñen en la abscisa mencionada en cada caso individual, con el fin de brindar a los ciudadanos un servicio de calidad. impuesto de circulación. Los materiales utilizados en la construcción deben cumplir con los requisitos mínimos de calidad exigidos por la normatividad de cada país.

De acuerdo con el autor Robalino (2016) en su análisis sobre “LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL SECTOR TELIGOTE SAN FRANCISCO MAZABACHO DE LA PARROQUIA BENÍTEZ, CANTÓN PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO LOCAL”, señala que la presente investigación tiene como objetivo mejorar el desarrollo socioeconómico, promover mejores sistemas viales y satisfacer las necesidades de los habitantes de la zona Teligote – San Francisco Mazabacho. En el marco de la investigación se propone el diseño geométrico y de pavimento, para lo cual se ha realizado inicialmente el reconocimiento del sitio en compañía de las autoridades del GAD parroquial Benítez. Efectuando así el respectivo levantamiento topográfico, y otras actividades encaminadas para la obtención de resultados tales como: registros de tránsito vehicular y muestreo de suelos, para proceder a ensayarlos

y determinar diversos parámetros que permitan la comprensión de las características del suelo. De esta forma se obtuvieron como resultado un diseño del pavimento de acuerdo con las consideraciones de ASSHTO, seguido del diseño geométrico de la vía, y de los estándares establecidos por el MTOP 2003 XVIII se ha logrado determinar la longitud del proyecto vial del tramo Teligote - San Francisco Mazabacho en 2,87km.

Freire (2020) en su “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO-PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 20+000-24+000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, cuyo objetivo fue realizar el diseño geométrico de la vía Shuyo-Pinllopata en el tramo Km 20+000- 24+000, perteneciente a los cantones Pujilí y Pangua de la provincia de Cotopaxi, refiere un estudio de tráfico que ha dado como resultado un valor de 87 vehículos, teniendo en cuenta el 10% del tráfico del TPDA, al analizar el impacto de tráfico del tramo discrecional del KM 20.000-24.000 Guambaine-Shuyo, Estado Pujili y Apagua -Carretera a Angamarca se ha obtenido que el diseño reducirá significativamente. En el proceso de diseño de la vía se concluyó en el software profesional que el valor máximo de la pendiente longitudinal a una distancia de 2,8km es de 7,5%, lo cual se considera como un valor aceptable ya que, si un vehículo pesado circula por la vía, éste no llegaría a sufrir un esfuerzo innecesario y mantendrá una velocidad de circulación adecuada de acuerdo con las normas de seguridad vial. Y que, de acuerdo a los estudios realizados, se obtuvo como resultado un valor de corte de terreno natural de 242,648.87 m³ en el cual se ocuparía para compensar el volumen de relleno que es de 34978.74 m³ y el material sobrante se deberá acopiar para poder destinarlos a futuras necesidades o posteriores usos como el mejoramiento de caminos vecinales adherentes a la vía de estudio. El presupuesto de referencia para los cuatro kilómetros del proyecto es de US\$ 821.816,17 y con el rubro de excavación representa el 75% del valor. Se puede concluir a juicio personal que el estudio de factibilidad es hacedero y se puede considerar su factibilidad futura.

De acuerdo al “ESTUDIO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ENLACE PERIMETRAL SECTOR LA TRANCA -

CANTÓN SAMBORONDÓN” cuyo objetivo fue proponer soluciones y alternativas de diseño para el enlace vial perimetral en el sector La Tranca, dentro de la cabecera cantonal de Samborondón, la cual conectará el inicio de esta última, con la zona turística y Terminal Terrestre proyectado, realizado por los autores Jácome y Anteparra (2020). Mencionan que con la implementación del proyecto se podrá mejorar las condiciones de movilidad, desviando el tráfico pesado de buses y camiones de carga, que actualmente ingresan al casco urbano de la zona, brindando de esta forma una mejor conexión con la zona turística proyectada y el nuevo Terminal Terrestre del Cantón. Para el desarrollo de dicho proyecto se efectuaron estudios preliminares de topografía, de tráfico y caracterización del suelo, para determinar los parámetros iniciales del diseño geométrico y pavimento según la norma técnica. La propuesta constituye una infraestructura vial de pavimento flexible con una longitud de 1.27 km y velocidad de diseño de 50 km/h, por lo que dicha vía cumple con todos los requerimientos de las normas técnicas MOP 2003, NEVI 2012. El análisis de suelo proporcionado por el GAD Municipal indica que el material es de baja calidad y cuenta con CBR del 2%, con asentamientos de 30 cm, con zonas de sobresaturación. Por lo que recomienda un tratamiento de suelo para mejoramiento que, en este caso y en base a los requerimientos, se usará la consolidación primaria como método de mejoramiento del terreno y, a la vez, como material de relleno para conformación de la subrasante de la vía y en base a los cálculos de tiempo de consolidación se recomienda que el material esté dispuesto en la zona de implantación un mínimo de 17 meses para alcanzar una consolidación del 90%. Para buen funcionamiento del drenaje de la zona y evitar afectaciones directas a infraestructuras y linderos de terrenos privados, proponen la construcción de un puente y una alcantarilla en la zona de conexión con la vía existente, en las abscisas 0+770 y 0+820 respectivamente.

En cuanto a investigaciones a nivel local los autores Bravo y Jalón (2016) en su “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL TRAZADO DE LA CARRETERA SACACHÚN- LA CIENEGA, AL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, cuyo objetivo fue contribuir al progreso socio-económico de las comunas localizadas en la provincia de Santa Elena, para lo que se propone el estudio de 8553.57 m de la carretera “Sacachún – La Cienega”, mencionan que, la realización

del proyecto genera impactos ambientales de forma negativa por lo que se ha establecido un plan de manejo ambiental para la mitigación, impacto que al no ser tratado ocasionará consigo malestar a los pobladores aledaños, por lo tanto, se establecieron medidas necesarias para la reducción de los mismos, con la respectiva socialización de la construcción del proyecto. También se obtuvieron como resultado beneficios como es el crecimiento económico de los sectores que se comunican con la vía. Para poder llevarse a cabo dicho plan es necesario un presupuesto de \$7200.23 dólares.

El “ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA EL SALADO - MANANTIAL DE GUANGALA DEL CANTÓN SANTA ELENA”, cuyo objetivo fue realizar el Estudio y Diseño de la vía El Salado – Manantial de Guangala, situada en el sector norte del cantón Santa Elena, realizado por los autores Suárez y Vera (2015) manifiestan que la ejecución del presente proyecto darán como resultados, algunos beneficios como son: la generación de plazas de empleos eventuales para los ciudadanos de la zona, aporte al desarrollo de los servicios básicos para el recinto El Salado, desarrollo de las actividades agrícolas del sector, optimizando la comunicación entre los pueblos, mejorando la calidad de vida de la población, entre otros. Con los resultados de los ensayos de suelo realizados se determinó su capacidad portante, obteniendo un CBR de diseño de 7.4%. El presupuesto referencial del proyecto alcanza un aproximado de \$1'101.391,08.

De acuerdo a Hemida y Yagual (2015) en su “ESTUDIO Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA SAN PABLO - SAN MIGUEL UBICADO EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”, cuyo objetivo fue realizar el trazado y diseño de la vía cumpliendo requisitos: técnico, económico y ambiental que facilite la comunicación segura y eficiente entre las poblaciones de San Pablo y San Miguel, determinan una vía Colectora de Clase II, en base al estudio de tráfico realizado y el tránsito proyectado, con velocidad de diseño de 80 Km/h y velocidad de circulación de 71 Km/h (cumple con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Obras Públicas – MTOP y la Norma Ecuatoriana Vial – NEVI 2012) brindando beneficios de manera directa a la Comuna San Miguel, contribuyendo al desarrollo comercial de cultivos y ganado; también facilitará la movilidad y

comunicación de pueblos, mejorando de esta forma su calidad de vida, por lo que es totalmente justificable la realización del proyecto vial.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis General.

El diseño del enlace vial empleando los parámetros de diseño del ministerio de transporte y obras públicas (MTO), contribuirá a completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, 2022 – 2023.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E1.: El diseño del trazado geométrico de la vía, mediante el uso de la topografía del sector siguiendo los criterios del MTO, permitirá completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente, provincia de Santa Elena.

H.E2.: El estudio geotécnico mediante ensayos de laboratorio permitirá conocer las propiedades mecánicas de la subrasante del sector San Vicente, provincia de Santa Elena.

H.E3.: En el diseño de la estructura de un pavimento flexible se empleará el método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 93, para la propuesta del enlace vial del sector San Vicente, provincia de Santa Elena

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diseñar el enlace vial empleando los parámetros de diseño del ministerio de transporte y obras públicas (MTOPE), para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, 2022 - 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos.

O.E1.: Diseñar el trazado geométrico de la vía, mediante el uso de la topografía del sector siguiendo los criterios del MTOPE, para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente, provincia de Santa Elena.

O.E2.: Realizar un estudio geotécnico mediante ensayos de laboratorio para conocer las propiedades mecánicas de la subrasante del sector San Vicente, provincia de Santa Elena.

O.E3.: Diseñar la estructura de un pavimento flexible empleando el método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 93, para la propuesta del enlace vial del sector San Vicente, provincia de Santa Elena

1.5. ALCANCE

El alcance de esta investigación se limita al diseño geométrico de la vía y el diseño de pavimento flexible, empleando los criterios normativos de la MTOPE, NEVI y AASHTO, entes reguladores de los procedimientos constructivos de vías y carreteras. Por lo tanto, el producto final de esta propuesta será el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal de la vía en conjunto con el diseño de la estructura de pavimento, sus espesores y tipo de material a utilizar.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Independientes.

- ✓ Diseño geométrico de la vía
- ✓ Diseño de la estructura de pavimento de la vía

1.6.2. Variables Dependientes.

- ✓ Diseño del enlace vial para completar el acceso la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. VÍAS DE TRANSPORTE: IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD

Las vías de transporte son sistemas de desplazamiento que tienen una influencia significativa en la economía y el desarrollo social y económico tanto a nivel local como mundial (Tenesaca, 2021). Son importantes porque impulsan el crecimiento del comercio al permitir una mayor movilidad de bienes y servicios tanto dentro de una región como en el plano internacional. Además, mejoran la accesibilidad a servicios básicos como la atención médica y la educación, especialmente en zonas rurales y aisladas. También fortalecen la conexión entre regiones, países y continentes, lo que fomenta la integración y la cooperación a nivel global.

La construcción y el funcionamiento de las vías de transporte también contribuye al crecimiento económico al generar empleo tanto directo como indirecto. En síntesis, mejorar la movilidad permite a la sociedad tener acceso a nuevas oportunidades de empleo y, en conjunto con el progreso del comercio y el desarrollo económico, potenciar la calidad de vida de las personas.

2.2. TIPOS DE VÍAS

Las vías pueden clasificarse en diferentes categorías dependiendo de la fuente de información, es importante considerar que, cada clasificación posee su propio conjunto de características y propósitos.

2.3. CLASIFICACIÓN ADMINISTRATIVA DE LAS VÍAS

De acuerdo con Tenesaca (2021), las vías presentan la siguiente clasificación:

2.3.1. Vías urbanas.

Son aquellas que se encuentran en el entorno urbano y permiten el desplazamiento entre ciudades, calles y avenidas(Tenesaca, 2021).

2.3.2. Vías de enlace.

Son aquellas que permiten conectar una ciudad con otra (Tenesaca, 2021).

2.3.3. Vías Inter-urbanas.

Son aquellas utilizadas para el desplazamiento de larga distancia que conectan diferentes ciudades y municipios y desde un punto de vista económico, son consideradas un tipo de capital (Tenesaca, 2021).

2.4. DISEÑO DE LA VÍA

El diseño de la vía es un proceso complejo que involucra la planificación, evaluación del terreno y de tráfico, selección de la ruta más conveniente, investigación de impacto ambiental, selección de materiales y tecnologías adecuadas para la construcción y mantenimiento de la vía y el diseño de obras complementarias. A nivel nacional, el diseño de la vía se realiza en dos partes; primero se desarrolla el diseño geométrico de la vía siguiendo las especificaciones de la norma NEVI y el diseño de pavimento cumpliendo los criterios normativos de del ministerio de transporte y obras públicas (MTO), además, de emplear métodos de diseño internacionales como el de

la AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 93, o el método racional, entre otros.

2.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA: ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA.

2.5.1. Estudio topográfico de la vía.

El estudio topográfico es el estudio orientado a la representación gráfica precisa, de un terreno o zona de interés, con coordenadas y elevaciones, para conocer a detalle la altura, pendiente, forma del terreno y la ubicación exacta de yacimientos naturales y artificiales, como colinas, arroyos y edificios (Santamaría & Teófilo, 2005). El levantamiento topográfico puede realizarse con diferentes equipos, la selección de estos dependerá de las necesidades del proyecto. A continuación, se resumen alguno de ellos:

a *Estación Total*

Se utiliza para medir puntos en un terreno con alta precisión y rapidez.

b *Teodolito*

Levantamiento topográfico con teodolito: es un método tradicional que se basa en la medición de ángulos horizontales y verticales.

c *GPS*

Levantamiento topográfico con GPS: se utiliza para obtener coordenadas precisas en un terreno y se basa en la recepción de señales de satélites.

d *GPS Estático*

Este es un método clásico de levantamiento topográfico con GPS. Consiste en colocar un receptor GPS en un punto conocido y medir la posición de este punto varias veces a lo largo de un período de tiempo prolongado, generalmente de una hora o más.

Luego, se utiliza la información recopilada para calcular la posición de otros puntos en el terreno.

✓ *GPS RTK*

Este es un método avanzado de levantamiento topográfico con GPS que permite una corrección en tiempo real de los errores en la señal GPS. Esto se logra a través de la utilización de dos receptores GPS, uno de ellos en un punto conocido y el otro en el punto a medir.

El levantamiento topográfico con RTK (Real-Time Kinematic) es un tipo de levantamiento topográfico que utiliza un sistema GPS de alta precisión. La principal diferencia entre el RTK y otros sistemas GPS es que el RTK permite una corrección en tiempo real de los errores atmosféricos y de los desvíos en la señal GPS.

Este tipo de levantamiento topográfico es muy preciso y se utiliza en aplicaciones que requieren una gran precisión, como la construcción de carreteras, puentes y edificios, entre otros. Además, el RTK permite medir puntos en un terreno con rapidez y eficiencia, lo que lo hace ideal para proyectos con un alto volumen de datos.

En resumen, el levantamiento topográfico con RTK es una herramienta valiosa para proyectos que requieren alta precisión y rapidez en la recopilación de datos topográficos.

✓ *GPS Diferencial*

Este es un método similar al GPS estático, pero con la adición de un segundo receptor en un punto conocido cercano al punto a medir. La información recibida por ambos receptores se utiliza para corregir los errores en la señal GPS.

✓ *GPS de Navegación*

Este es un método de levantamiento topográfico con GPS que se utiliza principalmente para la navegación y la determinación de la posición. No es tan preciso como los métodos RTK o diferencial, pero es más accesible y fácil de usar

e **LIDAR**

Es un método avanzado que utiliza láser para medir la distancia y generar modelos tridimensionales de un terreno.

f **Fotogrametría**

Se basa en la utilización de imágenes aéreas y satélite para crear modelos tridimensionales de un terreno.

2.5.2. Estudio Geotécnico.

Para evaluar la estabilidad del terreno y determinar las características geológicas que pueden afectar la construcción de la vía.

2.5.3. Estudio Hidrológico.

Para evaluar los patrones de flujo de agua en el terreno y determinar la necesidad de sistemas de drenaje

2.5.4. Estudio Socio-Económico.

Para evaluar el impacto social que la construcción de la vía puede tener en las comunidades locales, incluyendo la disponibilidad de servicios y la accesibilidad a la vía.

2.5.5. Estudio de Impactos Ambientales.

Para evaluar el impacto ambiental que la construcción de la vía puede tener en los recursos naturales y la vida silvestre

2.5.6. Estudio de Tráfico.

El estudio de tráfico es un proceso importante que permite determinar la cantidad y el tipo de tráfico que se espera en una carretera o un camino. Este estudio incluye la identificación y análisis del volumen y composición del tráfico, patrones de circulación, velocidad de diseño, análisis de capacidad de tráfico, además de evaluar la seguridad de la vía, identificando los puntos críticos o áreas donde se espera mayor riesgo de accidentes. Para realizar este análisis debe considerarse los siguientes parámetros:

a *Tráfico*

Es la cantidad máxima estimada de vehículos que se espera que circulen sin congestión en un día del año al final del proyecto en la carretera. Estos vehículos serán clasificados según su tipo y peso (Sani, 2020).

b *TPDA*

El tráfico promedio diario anual (TPDA) se refiere a la media diaria de vehículos que circulan en un año, y se determina a través de mediciones automáticas y continuas en los tramos relevantes para el análisis del proyecto durante al menos un año calendario. Esto se hace para obtener un valor preciso (Cárdenas, 2013).

c *Tráfico Actual*

Se refiere a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera antes de ser mejorada o al volumen de tráfico que circularía en una carretera nueva si esta ya estuviera disponible para su uso (Sani, 2020) .

d *Tráfico en hora pico*

El tránsito de la hora pico, recoge la necesidad de referir el diseño no a la hora máxima que se registra en un año ni a la hora promedio, sino a una hora intermedia

que admitirá cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de demandas horarias extremas, que podrían quedar insatisfechas o con menores niveles de comodidad para la conducción” (MTOP, 2003). El tránsito de hora pico tiene como propósito referir el diseño a la hora en la que se permita cierto grado de tolerancia a la ocurrencia de 9 demandas horarias externas las cuales podrían quedar insatisfechas para que circulen por una vía (Tenesaca, 2021).

e ***Factor de la hora máxima demandada***

El factor de la hora pico es la relación igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante lapso de 15 min, dentro de dicha hora (Tenesaca, 2021).

Se utiliza periodos de tiempo que varían de 5 – 15 minutos haciendo uso de periodos cortos en autopistas con mayor volumen de tráfico y periodos de largos para carreteras con moderado volumen de tráfico. El factor de la hora de máxima demanda es calculado en intervalos de 15 minutos y varia de entre 0.25 a 1, cuando este es cercano a 1 expresa flujos uniformes dentro de la hora pico, de lo contrario, representan concentraciones de volúmenes de vehículos en periodos cortos y se calcula con la siguiente fórmula (Sani, 2020):

Ecuación 1 Factor de la hora máxima demandada

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * Q_{m\acute{a}x}}$$

Donde:

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$Q_{m\acute{a}x}$ = Flujo máximo en intervalos de 15 minutos

f **Tráfico futuro**

Es el tráfico esperado a 15 o 20 años y el crecimiento normal del tráfico, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico por desarrollo. El pronóstico del volumen y composición del tráfico se basa en el tráfico actual. La predicción del tráfico indica cuando la carretera debe aumentar su capacidad o si debe mejorar la superficie de rodadura, la predicción se hace mediante la comparación del flujo máximo que puede soportar una carretera y el volumen correspondiente a la 30va hora. Una vez obtenida la tasa de crecimiento vehicular para los años de diseño, se calcula el tráfico actual con la siguiente formula (León, 2020).

Ecuación 2 Tráfico futuro

$$TF = Ta(1 + i)^n$$

Donde

TF = Tráfico futuro o proyectado

Ta = Tráfico anual

i = Tasa de crecimiento vehicular

n = número de años para los cuales es diseñado el proyecto

Tabla 1

Tasa de crecimiento vehicular (%) según MTOP

<i>Periodo</i>	<i>Tipo de Vehículos</i>		
	Livianos	Buses	Camiones
2010- 2015	4,47	2,22	2,18
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74

2025-2030	3,25	1,62	1,58
------------------	------	------	------

Nota: Tomado de (León, 2020)

g *Clasificación de las vías en función del TPDA*

En relación a la cantidad de tráfico se pueden clasificar las carreteras de la siguiente forma (MTOPI, 2003) (Tenesaca, 2021).

Tabla 2

Tipos de vía en función del tráfico proyectado o TPDA según MTOPI

Tipo de vía	Tráfico Proyectado (TPDA)
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Nota: Tomado de (Tenesaca, 2021)

h *Incremento del tráfico*

✓ *Tráfico por desarrollo*

Es el incremento del volumen de tránsito debido al desarrollo económico de los habitantes que se encuentran adyacentes a la vía. Para determinar el tránsito desarrollado, se debe evaluar el crecimiento de la zona de influencia del proyecto, por lo general se considera un valor equivalente al 5% del Tránsito Actual (León, 2020).

✓ *Tráfico Generado*

Está conformado por el número de viajes que ocurrirán siempre y cuando las mejoras de la vía ocurran, reduciendo los tiempos de circulación de un sitio al otro. Debido a los escasos de información, el tránsito generado en el primer año de operación del proyecto se estima un valor del 20% del Tránsito Actual (León, 2020).

i ***Contabilización del Tráfico***

✓ *Manual*

El conteo manual se realiza en un punto estratégico de la vía, recolectando toda la información del tráfico necesaria, para la obtención del TPDA(Jerez, 2019).

✓ *Automático*

Es un sistema que se encarga de contabilizar el volumen total del tráfico las 24 horas del día, por cada dos impulsos percibidos por el equipo de conteo automático se registra un vehículo(Jerez, 2019).

2.6. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

El diseño geométrico horizontal de una vía se refiere a la planificación y la definición de la forma y la ubicación de la superficie de la vía en el plano horizontal. De acuerdo con Cárdenas (2013), este diseño es la proyección sobre un plano horizontal de su eje. Este eje está compuesto de una serie de tramos rectos denominados tangentes, que se encuentran enlazadas por curvas.

El diseño geométrico horizontal tiene como objetivo garantizar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de la vía, y está compuesto por los siguientes elementos:

El diseño geométrico horizontal de una vía debe ser seguro, eficiente y adecuado para la cantidad y el tipo de tráfico que se espera, y debe cumplir con los estándares y normativas aplicables. Además, también debe tener en cuenta los factores ambientales y geológicos del terreno, así como las restricciones de presupuesto y de espacio.

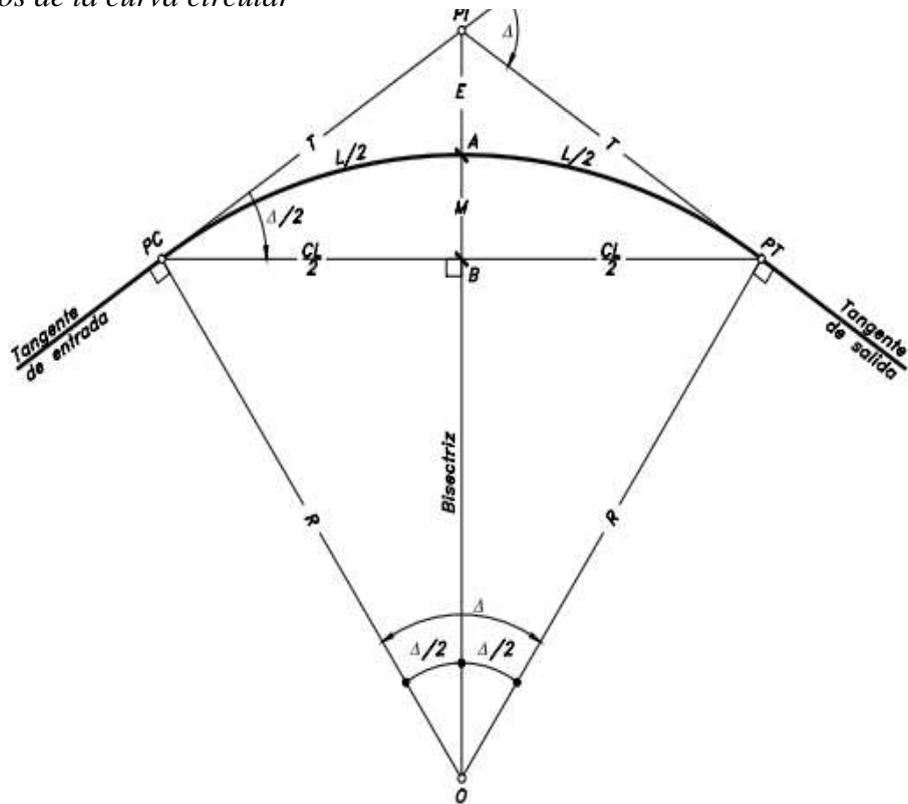
2.6.1. Curvas Circulares Simples.

Las curvas circulares son arcos de círculo empleados para unir dos tangentes consecutivas y se emplean para cambiar de dirección de manera segura y suave, Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, ésta se denomina curva simple(Carrasco, 2021).

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

Figura 1

Elementos de la curva circular



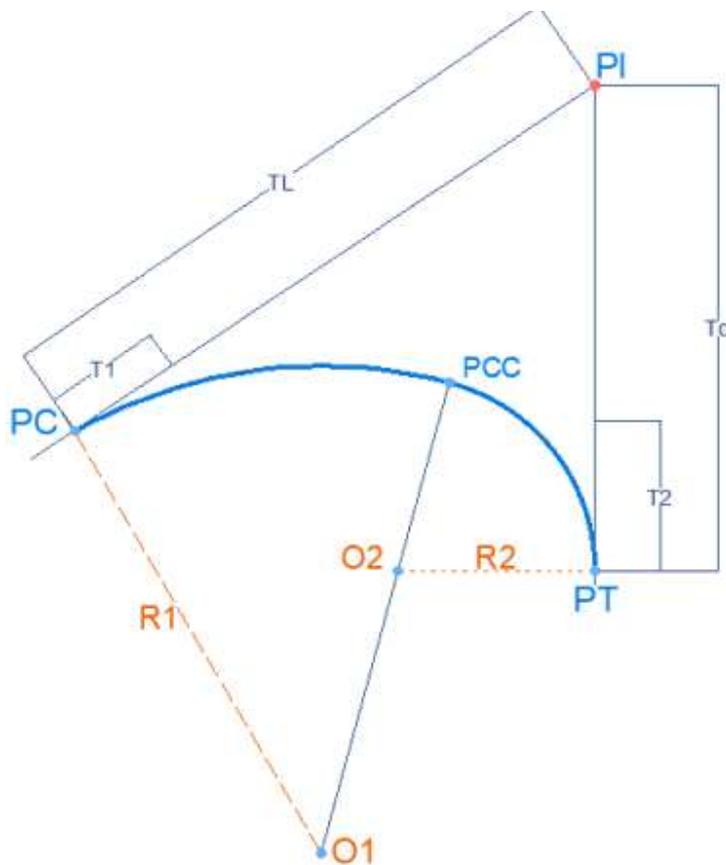
Nota: Tomado de (Cárdenas, 2013)

2.6.2. Curvas Circulares Compuestas

Las curvas circulares compuestas están formadas por dos o más radios, las cuales son tangentes en un punto en común. Este tipo de curvas no son comunes, pero se aplican por lo general en sitios de topografía montañosa, haciendo que la vía se ajuste a la forma del terreno (Jerez, 2019)

Figura 2

Elementos de curvas circulares compuestas



Tomado de (Jerez, 2019)

2.6.3. Tangentes Horizontales

Las tangentes horizontales son tramos rectos que empalman dos curvas consecutivas. Su máxima longitud está condicionada por la seguridad (Romero, 2020).

2.6.4. Radio mínimo

Es el valor mínimo de curvatura para una velocidad, los radios mínimos son los valores límites de la curvatura por una velocidad de diseño dada, que relaciona con la sobre elevación máxima y la máxima fricción lateral escogida para el diseño (M. L. Campoverde & Peralta, 2019).

Ecuación 3 Radio mínimo

$$R = \frac{v^2}{(127(e + f))}$$

Donde:

R = radio mínimo de curva (m)

v = velocidad de diseño (km/h)

e = tasa de sobreelevación en fracción decimal

f = fricción lateral

2.6.5. Peralte

El peralte es la inclinación que se da a los vehículos para contrarrestar la fuerza centrífuga durante una curva, que está en función del tipo de terreno y radio. (Romero, 2020).

Par calcular el peralte se emplea la siguiente fórmula (De La Cruz Remache, 2021):

Ecuación 4. Peralte

$$e = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

e = Peralte de la curva (m/m)

V = Velocidad de diseño (km/h)

R = Radio de la curva (m)

f = Máximo coeficiente de fricción lateral

Tabla 3

Coefficientes de fricción lateral según MTOP (2003)

Requerimientos	Valores límites permisibles de “F” según la condición del pavimento		
	Seco	Húmedo	Con Hielo
<i>Estabilidad frente al volcamiento</i>	0,60	0,60	0,60
<i>Estabilidad ante el deslizamiento</i>	0,36	0,24	0,12
<i>Comodidad para el pasajero</i>	0,15	0,15	0,15
<i>Explotación económica del vehículo</i>	0,16	0,10	0,10

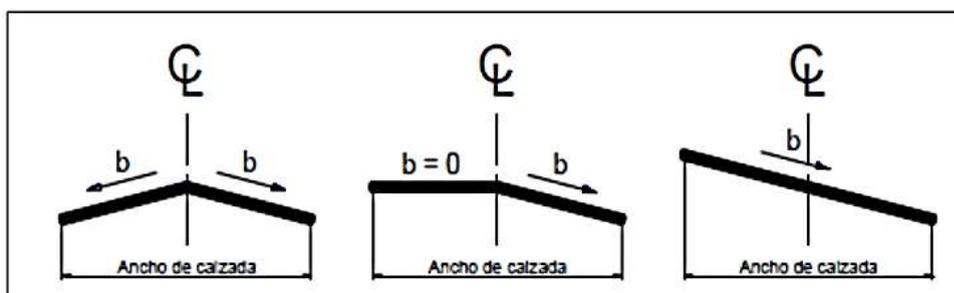
Nota: Tomado de (De La Cruz Remache, 2021; Moposita, 2022)

2.6.6. Transición del peralte

Es el cambio gradual en la sección transversal de la calzada al momento de ingresar a una curva circular, hasta alcanzar el peralte requerido. En la primera etapa, la sección transversal mantiene su bombeo normal en ambos carriles. En la segunda etapa, se inicia la transición del peralte, donde el carril izquierdo no presenta bombeo y el carril derecho permanece constante. En la tercera etapa, se desarrolla el máximo peralte (Jerez, 2019).

Figura 3

Transición del peralte



Nota: Tomado de (Jerez, 2019)

2.6.7. Curvas espirales de transición

Este estudio se lleva a cabo con el objetivo de mejorar las características del tramo de una carretera a través del uso de curvas espirales de transición. Estas curvas mejoran notablemente el diseño geométrico de la carretera, por lo que se considera su uso en el estudio (Delgado & Gallo, 2021).

a Entretangencia mínima

Si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas por la longitud de transición, de acuerdo con los valores máximos y mínimos de la pendiente relativa m de los bordes de la calzada con respecto al eje, y por la distancia recorrida en un tiempo de 5 segundos a la menor de las velocidades específicas V_{CH} , de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.

b Entretangencia máxima

La seguridad y la estética son factores importantes a considerar en la planificación de curvas en carreteras. Para garantizar una distancia adecuada de visibilidad de adelantamiento, es necesario acondicionar entretangencias

suficientemente largas. Sin embargo, en caso de exceder estas distancias debido al diseño, la longitud máxima de recta debe ser inferior a 15 veces la velocidad específica de la entretangencia horizontal expresada en kilómetros por hora. Este criterio se aplica tanto para curvas de igual sentido como para curvas de sentido opuesto (Cárdenas, 2013).

Las curvas de igual sentido son consideradas peligrosas debido a la inseguridad y la disminución de la estética que representan. La experiencia ha demostrado que los conductores esperan un movimiento armonioso en la toma de curvas, y es por eso que se debe intentar siempre reemplazar dos curvas de igual sentido por una sola curva que las envuelva. En caso de que esto no sea posible debido a dificultades en el terreno, se deben tener en cuenta todos los aspectos de seguridad y estética en el diseño de las curvas. (Cárdenas, 2013).

2.7. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

El diseño geométrico vertical de una vía se refiere a la planificación y la definición de la elevación y la pendiente de la superficie de la vía. De acuerdo con (Cárdenas, 2013) es la proyección del eje de la vía sobre una superficie vertical, este eje se denomina rasante o sub-rasante. Es importante que el alineamiento horizontal y vertical sean consistentes de forma tal, que, los parámetros del alineamiento horizontal correspondan y sean congruentes con el vertical.

El diseño geométrico vertical tiene como objetivo garantizar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de la vía, y está compuesto por los siguientes elementos:

2.7.1. Alineamiento Vertical

a **Tangentes Verticales**

Son líneas rectas unidas por curvas sucesivas y se caracterizan por su longitud y su pendiente (m), se forman con la longitud medida desde el final de la curva anterior y el inicio de la curva que continua y se determina con la fórmula que se detalla a continuación (Moposita, 2022) :

Ecuación 5. Tangentes Verticales

$$m = \frac{\Delta y}{T_v}$$

Donde:

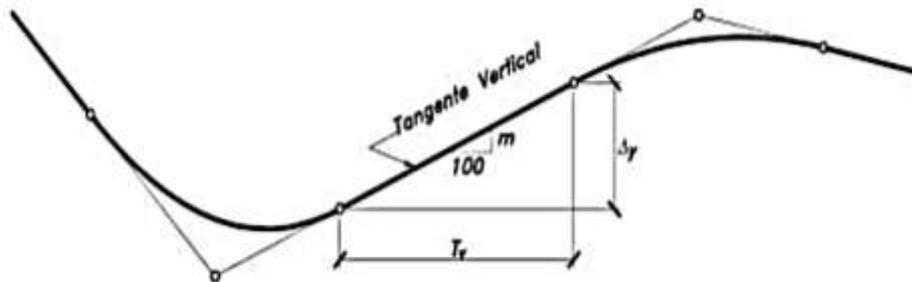
m: Pendiente

Tv: Longitud de tangente vertical (m).

Δy : Diferencia de elevación (m)

Figura 4

Tangente Vertical



Nota: Tomado de (Moposita, 2022)

b **Curvas verticales cóncavas**

Las curvas verticales cóncavas deben ser lo suficientemente largas, de modo que la longitud de los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad. (Moposita, 2022) (De La Cruz Remache, 2021).

c *Pendientes*

La inclinación de la superficie de la calzada, tanto en las rectas como en las curvas, para garantizar la seguridad y la eficiencia de la vía.

d *Pendientes Transitorias*

La inclinación de la superficie de la calzada en las transiciones de las pendientes, como los rampas y las curvas, para garantizar la seguridad y la eficiencia de la vía.

2.7.2. Diseño de cunetas.

La ubicación y el diseño de las cunetas, que son los canales que recogen el agua de la superficie de la calzada, para garantizar la seguridad y la eficiencia de la vía.

2.7.3. Puentes y túneles.

La planificación y el diseño de los puentes y los túneles, incluyendo la elevación y la pendiente de la superficie de la vía, para garantizar la seguridad y la eficiencia de la vía.

El diseño geométrico vertical de una vía debe ser seguro, eficiente y adecuado para la cantidad y el tipo de tráfico que se espera, y debe cumplir con los estándares y normativas aplicables. Además, también debe tener en cuenta los factores ambientales y geológicos del terreno, así como las restricciones de presupuesto y de espacio.

2.8. DISEÑO TRANSVERSAL

El diseño geométrico transversal es una parte importante del diseño de una vía y se refiere a la forma y la ubicación de la superficie de la vía en el plano vertical. Es

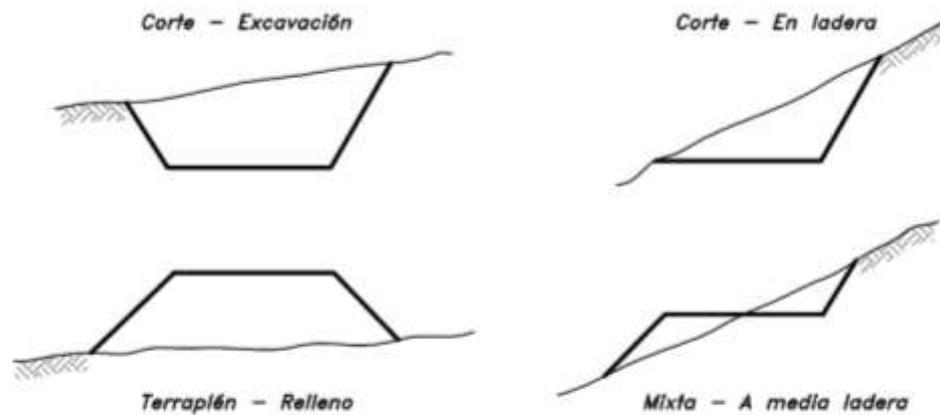
el trazado que contiene las dimensiones de los elementos característicos de la vía como el ancho de banca, ancho del carril, etc(Cárdenas, 2013)(Campoverde, 2015)

2.8.1. Secciones transversales típicas

Dependiendo del tipo de terreno o topografía, predominará una sección transversal determinada, la cual será típica para ese tramo. Los tipos generales de secciones transversales, en corte (excavación), terraplén (relleno) y mixtas (a media ladera) (Cárdenas, 2013).

Figura 5

Secciones Transversales Típicas

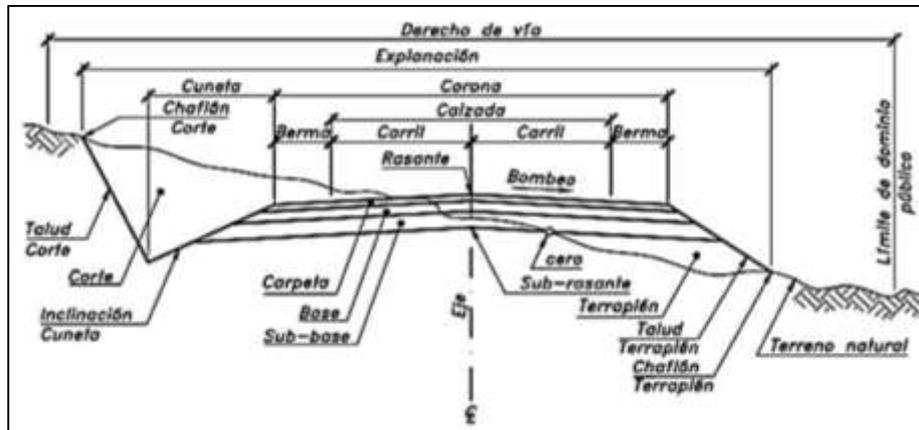


Nota: Tomado de (Cárdenas, 2013)

2.8.2. Elementos de una sección transversal típica

Figura 6

Sección típica de la vía



Nota: Tomado de

a ***Anchos de Banca.***

Es el soporte de la vía, o plataforma que contiene a toda la estructura de una sección transversal y es definida como la longitud plana escalada entre los extremos externos de las cunetas (Tenorio, 2022).

b ***Corona.***

Es la extensión de la vía integrada por la calzada de la vía, espaldones, la rasante y gradiente transversal (Tenorio, 2022).

c ***Espaldones.***

Estos son los lugares designados para que los conductores puedan detenerse temporalmente fuera del tráfico existente y evitar posibles accidentes. Además, brindan una sensación de un ancho adicional para que los usuarios puedan realizar sus maniobras sin presión. También, ayudan a aumentar la distancia de visibilidad en curvas, permitiendo mantener una velocidad constante en todo el recorrido. Finalmente, sirven como apoyo lateral al pavimento y como ubicación para la colocación de señalización (Tenorio, 2022).

Tabla 4

Valores mínimos de diseño para el ancho de espaldones

VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES(m)							
CATEGORÍA DE LA VÍA	TPDA ESPERADO	VALOR RECOMENDADO			VALOR ABSOLUTO		
		L	O	M	L	O	M
		-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2
R-I o R-II	MAYOR A 8000	3.0*	3.0*	2.5*	3	3.0*	2.0*
I	3000-8000	2.5*	2.5*	2.0*	2.5**	2.0**	1.5**
II	1000-3000	2.5*	2.5*	1.5*	2.5**	2	1.5
III	300-1000	2.0**	2.0**	1.0*	1.5	1	0.5
IV	100-300	0.6	1.6	0.6	0.6	0.6	0.6
V	MENOR A 100	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico.							
** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente.							

Nota: Tomado de (Tenorio, 2022)

d **Calzada.**

Es el lugar en el que transitan los autos, y su ancho dependerá de la clase de carretera que está en función del tráfico proyectado y puede estar integrado de uno o más carriles (Tenorio, 2022).

Tabla 5

Anchos de Calzada

ANCHOS DE CALZADA			
CLASE DE CARRETERA	TRÁFICO TPDA	ANCHO DE LA CALZADA (m)	
		RECOMENDABLE	ABSOLUTO
R-I o R-II	Más de 8000	7.30	7.30
I	De 3000 a 8000	7.30	7.30
II	De 1000 a 3000	7.30	6.50
III	De 300 a 1000	6.70	6.00
IV	De 100 a 300	6.00	6.00
V	Menos de 100	4.00	4.00

Nota: Tomado de (Tenorio, 2022)

e **Bombeo.**

Se define así a la pendiente transversal que facilita el drenaje del agua de la corona de la vía a las bermas, con el objeto de prevenir empozamientos y posibles filtraciones que provoquen el deterioro de las capas que conforman al pavimento. El bombeo de la capa de rodadura tomara un valor del 2% de pendiente para el caso de vías integradas por dos carriles y de tramos rectos y un 4% para espaldones (Tenorio, 2022).

Tabla 6

Clasificación de la superficie de rodadura

CLASIFICACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE RODADURA			
CATEGORÍA DE LA VIA	TPDA ESPERADO	TIPO DE SUPERFICIE	GRADIENTE TRANSVERSAL (PORCENTAJE)
R-I O R-II	MAYOR A 8000	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1.5-2
I	3000-8000	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1.5-2
II	1000-3000	Grado estructural intermedio	2
III	300-1000	Bajo grado estructural Doble tratamiento Superficial Bituminoso D:T:S:B	2
IV	100-300	Grava o D.T.S.B	2.5-4*
V	MENOR A 100	Grava, Empedrado, Tierra	4
*Para caminos vecinales tipo 5 y 5E			

Nota: Tomado de (Tenorio, 2022)

- ✓ Pendiente: La inclinación de la calzada en el sentido longitudinal, que determina el flujo de agua de lluvia y afecta la seguridad de los vehículos en la vía.
- ✓ Pendiente transversal: La inclinación de la calzada en el sentido transversal, que determina la estabilidad de la vía y la seguridad de los usuarios.
- ✓ Cuneta: La zona estrecha y superficial en el borde de la calzada que ayuda a dirigir el agua de lluvia y a proteger la vía.

- ✓ Talud: La inclinación de la tierra que separa la vía de las áreas adyacentes.

f *Transporte de material excavado*

Dependiendo el tipo de vía, en el diseño transversal se encontrarán zonas de corte y de relleno, aunque lo ideal es tener el mismo volumen de corte y relleno cuando se hace el trazado de la vía, pueden existir más zonas de corte o de relleno, esto, supondrá la necesidad de transportar material desde canteras hasta el sitio de implantación de la vía (Cárdenas, 2013)

Se debe tener en cuenta que el diseño geométrico transversal debe garantizar la seguridad, la eficiencia y la capacidad de la vía, y debe cumplir con los estándares y normativas aplicables. Además, debe tener en cuenta los factores ambientales y geológicos del terreno, así como las restricciones de presupuesto y de espacio.

2.9. PAVIMENTO

Es una estructura conformada por capas de diferentes materiales destinadas a soportar las cargas vehiculares. Estos materiales se apoyan sobre la sub -rasante de una vía y deben ser funcionales y resistir las cargas durante su periodo de diseño (Alcívar & Villacis, 2018).

2.10. DISEÑO DE PAVIMENTO

El diseño de pavimento de una vía consiste en la determinación de las características y materiales que se utilizarán para la construcción del pavimento (superficie de rodadura) de la vía. Esto incluye la selección de la estructura del pavimento, que puede ser de varios tipos, como asfáltico, de concreto o de mezcla de

tierra estabilizada, y la selección de los materiales para la capa de base, sub-base y estabilización de suelos.

El diseño de pavimento también incluye la consideración de las condiciones climáticas y ambientales, el tráfico previsto, la capacidad de soporte del suelo subyacente y otros factores que pueden afectar la durabilidad y la seguridad del pavimento. Además, se debe cumplir con los estándares y regulaciones relevantes, como las normas de seguridad y las normas de calidad.

Las características del pavimento afectan directamente la durabilidad, la seguridad y la eficiencia de la vía. Por lo tanto, es importante llevar a cabo un diseño cuidadoso y exhaustivo para garantizar un pavimento de alta calidad.

2.10.1. Acciones preliminares para el diseño de Pavimento.

Antes de comenzar con el diseño de una estructura de pavimento, es importante considerar los siguientes pasos:

a *Estudio Geotécnico de la Subrasante.*

Es necesario recopilar información sobre el sitio, incluyendo su ubicación geográfica, topografía, clima, suelo, tráfico, entre otros factores relevantes.

b *Selección del tipo de pavimento*

Dependiendo del uso que se le dará a la carretera, es necesario elegir el tipo de pavimento adecuado. Los tipos más comunes son flexible, rígido y semi-rígido (Alcívar & Villacis, 2018).

✓ *Pavimento Rígido.*

Está compuesto por una capa de subbase granular o estabilizada con cal, cemento o materiales asfálticos; y una losa de concreto elaborada con cemento hidráulico como aglomerante (Azabache & Castillo, 2021).

✓ *Pavimento Semi-rígido.*

Está compuesta por capas asfálticas, es decir una capa de rodadura con asfalto en caliente sobre una base tratada con materiales asfálticos; también se consideran a las estructuras que contienen una capa de rodadura de asfalto sobre una base tratada con cal o cemento, y a los pavimentos adoquinados(Azabache & Castillo, 2021).

✓ *Pavimento Flexible.*

Esta estructura está conformada flexible está conformada por una capa de rodadura denominada carpeta, que, permite pequeñas deformaciones en su sin llegar a la falla de la estructura. La capa de rodadura se apoya sobre una base granular, la subbase y la subrasante, cuya, función a cumplir es soportar todas las cargas antes mencionadas (Alcívar & Villacis, 2018).

c *Selección de materiales.*

Los materiales utilizados en la construcción del pavimento son muy importantes para su durabilidad y desempeño. Se deben elegir materiales de alta calidad y adecuados para las condiciones climáticas y de tráfico locales. Para la selección de materiales la MTOP presenta los siguientes criterios granulométricos para las capas de base y subbase.

✓ *Subbase de Agregados.*

“La capa de subbase se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos”. (*Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP – 2002, Pág. IV- 38*).

✓ *Materiales.*

Las subbases de agregados se clasifican como se indica a continuación, de acuerdo a lo estipulado en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP – 2002, Pág. IV- 38 con los materiales a emplearse y detalla: La clase de subbase que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. De todos modos, los agregados que se empleen deberán tener un coeficiente de desgaste máximo de 50%, de acuerdo con el ensayo de abrasión de los Ángeles y la porción que pase el tamiz N° 40 deberá tener un índice de plasticidad menor que 6 y un límite líquido máximo de 25. La capacidad de soporte corresponderá a un CBR igual o mayor del 30%.

✓ *Clase 1.*

Son subbases construidas con agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 1, en la Tabla 403-1.1. Por lo menos el 30 % del agregado preparado deberá obtenerse por proceso de trituración.

✓ *Clase 2.*

Son subbases construidas con agregados obtenidos mediante trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Sección 816, y graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 2, en la Tabla 403-1.1.

✓ *Clase 3.*

Son subbases construidas con agregados naturales y procesados que cumplan los requisitos establecidos en la Sección 816, y que se hallen graduados uniformemente dentro de los límites indicados para la granulometría Clase 3, en la Tabla 403-1.1.

Tabla 9. Granulometría de materiales para Subbase

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3"(76.2 mm.)			100
2"(50,4mm.)		100	
1 1/2(38.1mm.)	100	70 - 100	
N°4 (4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N°40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	
N°200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Nota: Tomado de (MOP, 2002, Tabla 403-1.1)

✓ Base de Agregados.

“La capa de base se colocará sobre una subbase terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales”. (*Especificaciones Generales Para la Construcción De Caminos Y Puentes, MOP – 2002, Pág. IV- 48*).

✓ *Materiales*

Según las Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-2002, Pág. IV-48 indica: Las bases de agregados podrán ser de las clases indicadas a continuación, de acuerdo con el tipo de materiales por emplearse.

La clase y tipo de base que deba utilizarse en la obra estará especificada en los documentos contractuales. En todo caso, el límite líquido de la fracción que pase el tamiz N.º 40 deberá ser menor de 25 y el índice de plasticidad menor de 6. El porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados será menor del 40% y el valor de soporte de CBR deberá ser igual o mayor al 80%.

Los agregados serán elementos limpios, sólidos y resistentes, exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas.

✓ *Clase 1.*

Son bases constituidas por agregados gruesos y finos, triturados en un 100% de acuerdo con lo establecido en la subsección 814-2 y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados para los Tipos A y B en la Tabla 404-1.1.

Tabla 10.

Granulometría de materiales para Base clase 1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	Tipo A	Tipo B
2" (50.8 mm.)	100	—
1 1/2" (38.1mm.)	70 - 100	100
1" (25.4 mm.)	55 - 85	70 - 100
3/4" (19.0 mm.)	50 - 80	60 - 90
3/8" (9.5 mm.)	35 - 60	45 - 75
Nº 4 (4.76 mm.)	25 - 50	30 - 60
Nº 10 (2.00 mm.)	20 - 40	20 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 25	10 - 25
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 12	2 - 12

Nota:(MOP, 2002, Tabla 404-1.1)

✓ Clase 2.

Son bases constituidas por fragmentos de roca o grava trituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 50% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.2. (Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP – 2002, Pág. IV-48).

Tabla 11.

Granulometría de materiales para Base clase 2

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
1" (25.4 mm.)	100
3/4"(19.0 mm.)	70 - 100
3/8"(9.5 mm.)	50 - 80
Nº 4 (4.76 mm.)	35 - 65
Nº 10 (2.00 mm.)	25 - 50
Nº 40 (0.425 mm.)	15 - 30
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Nota: Tomado de (MOP, 2002, – Tabla 404-1).

✓ *Clase 3.*

Son bases constituidas por fragmentos de roca o gravatrituradas, cuya fracción de agregado grueso será triturada al menos el 25% en peso, y que cumplirán los requisitos establecidos en la subsección 814-4.

Estas bases deberán hallarse graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.3.

Si hace falta relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación, se podrá completar con material procedente de trituración adicional, o con arena fina, que podrán ser mezclados en planta o en el camino.

Tabla 12. Granulometría de materiales para Base clase 3

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
3/4"(19.0 mm.)	100
Nº 4 (4.76 mm.)	45 - 80
Nº 10 (2.00 mm.)	30 - 60
Nº 40 (0.425 mm.)	20 - 35
Nº 200 (0.075 mm.)	3 - 15

Nota: Tomado de (MOP, 2002, – Tabla 404-1.3)

✓ *Clase 4.*

Son bases constituidas por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas naturalmente o de gravas, de conformidad con lo establecido en la subsección 814-3 y graduadas uniformemente dentro de los límites granulométricos indicados en la Tabla 404-1.4 (Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP – 2002, Pág. IV-48).

Tabla 13.

Granulometría de materiales para Base clase 4

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada
2" (50.8 mm.)	100
1" (25.4 mm.)	60 - 90
Nº 4 (4.76 mm.)	20 - 50
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15

Fuente: (MOP, 2002, – Tabla 404-1.4)

d ***Geología General***

La Provincia de Santa Elena, está ubicada en la región costera del Ecuador, bajo ella se encuentra una superficie que está constituida por algunas formaciones sedimentarias marinas en la cual derivan diferentes formaciones de las cuales son procedentes los suelos de la península. (Geología del Ecuador, Ing. Eugenio Núñez, 2003). *Fuente: Geología Local*

La cantera Tigre abarca un total de 9 hectáreas mineras contiguas, las cuales se localizan en una zona geológica bastante interesante, donde se presenta un ambiente sedimentario que ha evolucionado en la presencia de Lutitas, areniscas y conglomerados, los cuales están en condiciones apropiadas para su explotación.

e ***Diseño geométrico.***

Se deben considerar aspectos como la anchura de la calzada, la pendiente, las curvas, la separación entre carriles, entre otros.

f ***Estudio de Carga de tráfico.***

Se debe analizar la cantidad de tráfico y las cargas a las que estará sometido el pavimento. Esto incluye el peso de los vehículos, el número de ejes y la frecuencia de los vehículos.

g ***Evaluación de costos.***

Es importante estimar los costos de construcción y mantenimiento del pavimento, para asegurarse de que se encuentre dentro del presupuesto.

2.10.2. Diseño de pavimento flexible con el método

AASHTO93.

La ecuación de diseño AASHTO 1993 es utilizada en la actualidad como un método confiable para el diseño estructural de pavimentos en varios países del mundo (Ayman Aguib, 2013). Esta ecuación se describe a continuación:

Ecuación 6 Ecuación de la AASHTO para el diseño de pavimento flexible

$$\log(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + 1094 / (SN + 1)^{5,19}} + 2,32 \log(M_R) - 8,07$$

Donde:

W_{18} = carga acumulada de un solo eje equivalente a 18 kip para el período de diseño

Z_R = factor de confiabilidad

S_0 = desviación estándar

SN = número estructural

ΔPSI = PSI inicial – PSI final

M_R = módulo resiliente de la subrasante (psi)

La selección de espesores de capa se realiza determinando el número estructural, que es función de espesores de capa, coeficientes de capa y coeficientes de drenaje. Utilizando un nomograma desarrollado para la solución de la ecuación de diseño con las variables de diseño, se determinan los espesores de capa (Ghanizadeh & Naseralavi, 2022).

Las variables de diseño para el método de diseño incluyen (Ayman Aguib, 2013)

- ✓ Restricciones de tiempo
- ✓ Módulo resiliente efectivo del suelo de la calzada
- ✓ Número estructural
- ✓ Tráfico
- ✓ Confiabilidad
- ✓ Efectos ambientales
- ✓ Capacidad de servicio

a **Capacidad de Servicio**

La capacidad de servicio es la competencia de una sección de pavimento para soportar las cargas inducidas por el tráfico en su condición existente (Ayman Aguib, 2013).

b **Confiabilidad**

La fiabilidad de la estructura del pavimento se refiere a la posibilidad de que cumpla con su propósito durante su vida útil bajo las condiciones actuales. La incertidumbre siempre es tomada en cuenta mediante el uso de factores de seguridad basados en la experiencia. A medida que aumentan las incertidumbres, también lo hacen los coeficientes de seguridad.

Tabla 7

Confiabilidad

Tipo de Camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas Interestatales y autopistas	85 a 99,9	80 a 99,9
Arterias Principales	80 a 99	75 a 99
Colectoras	80 a 95	75 a 95
Locales	50 a 80	50 a 80

Nota: Tomado de (Ávila, 2011)

c **Desviación Estándar**

La desviación estándar es un indicador de cómo los datos se desvían de su valor medio. A menor desviación estándar, los datos medidos estarán más cerca del valor promedio. La AASHTO sugiere un valor de desviación estándar de 0.49 para pavimentos flexibles. En el cuadro se presentan los valores promedio para los dos tipos principales de pavimento.

Tabla 8*Desviación Estándar*

<i>Condición de Diseño</i>	<i>Desviación Estándar</i>
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (Pavimen Rígido)
	0,44 (Pavimento Flexible)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (Pavimento Rígido)
	0,49 (Pavimento Flexible)

Nota: Tomado de (Ávila, 2011)

O también se puede emplear la tabla 6 que relaciona la desviación estándar con la condición de la vía

Tabla 9*Desviación Estándar en relación a la condición de la vía*

Desviación Estándar para Pavimentos Flexibles	
Construcción Nueva	0,45
Sobrecapas	0,50

Nota: Tomado de Apuntes de Pavimentos (2023)

También, es importante encontrar el valor correspondiente a Z_R , este es posible hallar relacionando la confiabilidad (R %), la tabla 7 muestra la relación entre la desviación estándar normal Z_R y la confiabilidad.

Tabla 10*Relación de la Confiabilidad con la Desviación Estándar*

<i>Confiabilidad</i>	<i>Desviación Estándar Normal (Z_0)</i>
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037

90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Nota: Tomado de (Aristizabal Morales et al., 2014)

d Módulo Resiliente

Es el valor promedio que expresa el daño del pavimento que se alcanzaría al emplear valores modulares estacionales.

e Módulo Resiliente de la Subrasante

El valor de módulo resiliente para la subrasante dependerá del valor de CBR obtenido en el ensayo.

Tabla 11

Módulo Resiliente de la Subrasante

CBR de la Subrasante	Módulo Resiliente para la Subrasante
CBR ≤ 7,2%	$MR = 1500 \times CBR$
7,2% ≤ CBR ≤ 20%	$MR = 3000 \times (CBR)^{0,65}$
CBR ≥ 20%	Revisar recomendaciones en la guía AASHTO-93

Nota: Tomado de (Aristizabal Morales et al., 2014)

f Número Estructural

Es un número que representa la resistencia de una estructura de pavimento, en relación al módulo resiliente del suelo (Mr.), tránsito expresado en ejes de 18 libras (W18), y la pérdida de serviciabilidad que se espera tener con los años de

operación. Este valor numérico establece una relación empírica entre todas las capas que conforman la estructura de pavimento. Para calcular el número estructural se debe emplear la ecuación 2.

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

Donde:

S_n = Número estructural (adimensional)

a_1, a_2, a_3 = Coeficiente Estructural de la carpeta asfáltica, base y subbase.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de las capas de pavimento (in)

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje de la base y subbase

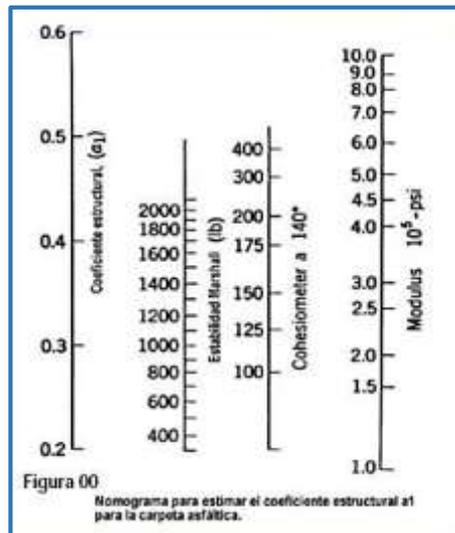
g *Coeficiente Estructural*

✓ *Coeficiente Estructural de Pavimento (a_1)*

Para obtener el coeficiente estructural del pavimento se emplea la siguiente tabla que relaciona el módulo resiliente, la estabilidad Marshall y el coeficiente estructural.

Figura 7

Coeficiente Estructural del Pavimento

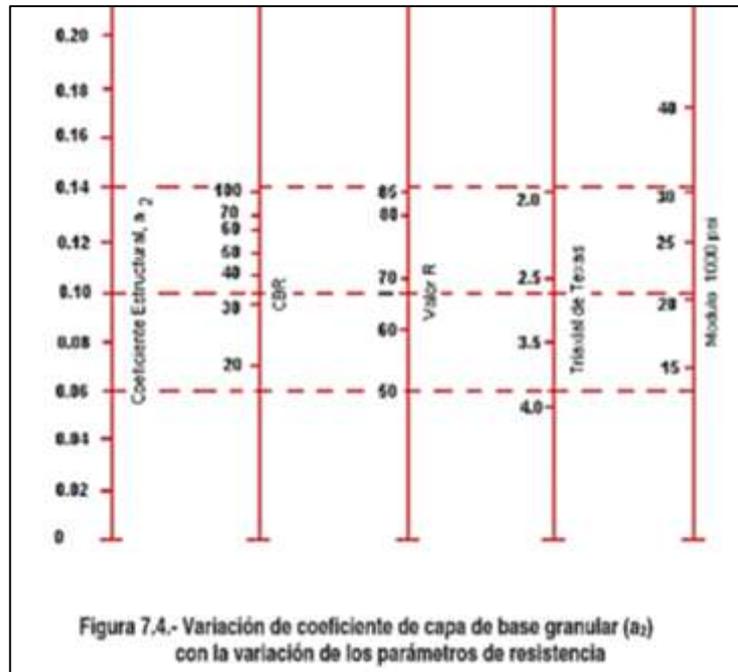


Nota: Tomado de Apuntes de Pavimentos (2022)

✓ *Coefficiente Estructural de la Base*

Figura 8

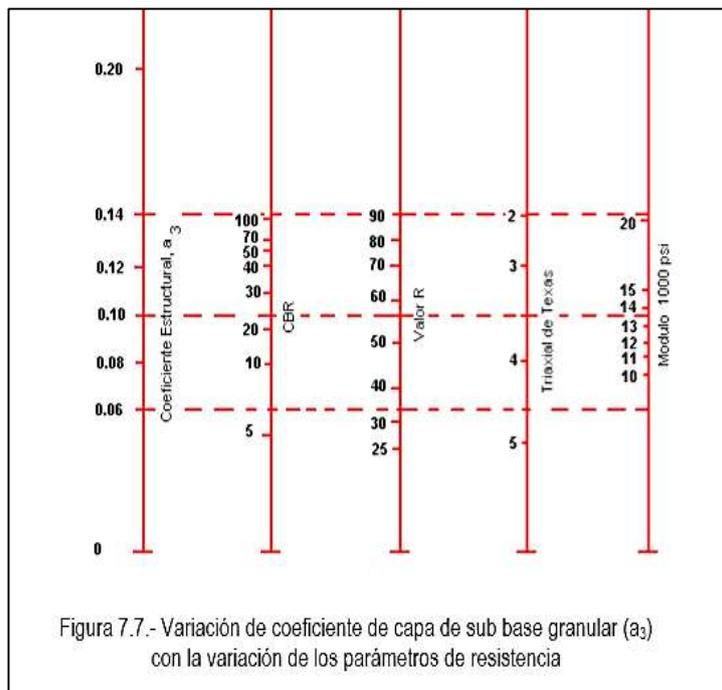
Ábaco para obtener el coeficiente estructural de la Base



Nota: Tomado de Apuntes de Pavimentos (2022)

✓ *Coefficiente Estructural de la Subbase*

Figura 9 *Coefficiente Estructural de la Subbase*



Nota: Tomado de Apuntes de Pavimentos (2022)

h *Coefficiente de Drenaje*

El coeficiente en cuestión depende de dos factores: la capacidad de drenaje, que se basa en el tiempo necesario para que el agua sea drenada de la superficie del pavimento, y la proporción de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación a lo largo del año. Este porcentaje se determina por la cantidad de precipitación media anual y las condiciones de drenaje. A continuación, se presentan las tablas necesarias para evaluar las condiciones de drenaje.

Tabla 12

Calidad del Drenaje

<i>Calidad del Drenaje</i>	<i>Retiro de agua dentro de</i>
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Nota: Tomado de (Aristizabal Morales et al., 2014)

Tabla 13

Calidad del drenaje en relación al porcentaje de tiempo que el pavimento pasa expuesto a niveles de saturación

<i>Calidad de Drenaje</i>	<i>% de tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación</i>			
	<i>< 1%</i>	<i>1-5 %</i>	<i>5– 25%</i>	<i>>25%</i>
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy Pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 a 0,40	0,40

Nota: Tomado de (Aristizabal Morales et al., 2014)

Para poder cuantificar estos valores registrados en las tablas 9 y 10 es necesario contar el estudio previo de la subrasante y los parámetros que se describen a continuación

Ecuación 7 Porosidad

✓ *Porosidad.*

$$n = \left(1 - \frac{y_d}{62,4 * G_s}\right)$$

Donde:

n = Porosidad

y_d = Densidad seca del suelo

G_s = Gravedad específica

Ecuación 8. Permeabilidad

✓ *Permeabilidad*

$$K = \frac{6,214 \times 10^5 (D_{10})^{1,478} n^{6,654}}{(P_{200})^{0,597}} \left(\frac{\text{pies}}{\text{dia}}\right)$$

Donde:

K = Permeabilidad

D_{10} = Diámetro de partículas que pasan por el tamiz número 10

n = Porosidad

Ecuación 9. Tiempo de concentración de la lluvia

✓ t_{50}

$$t_{50} = \frac{n_e * L^2}{2K(H + SL)}$$

Ecuación 10 Pluviosidad de la zona

✓ *Pluviosidad de la zona*

$$P = \frac{R}{365 \times 100}$$

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo.

La presente investigación es de tipo aplicada porque se basa en las teorías puras de la ciencia para que mediante la experimentación se puedan proponer soluciones prácticas a los problemas de la sociedad. En este caso de estudio se propone una solución práctica para incrementar el turismo y evitar el embotellamiento de tráfico con el diseño del enlace vial.

3.1.2. Nivel.

El nivel de la investigación es aplicativo-exploratorio porque se desarrolla el estudio vial considerando los criterios normados por la MTOP, organismo encargado de las obras públicas a nivel nacional. Es exploratorio porque en el sector de estudio no se cuenta con registro de propuestas similares a las que se especifican en este proyecto.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método

El método empleado es deductivo porque a raves de los criterios normativos se pone en práctica y se desarrolla el enlace vial en el sitio propuesto.

3.2.2. Enfoque

El enfoque de la investigación es mixto; porque se emplean criterios normativos de diseño y cálculos matemáticos para el diseño y verificación del cumplimiento de parámetros.

3.2.3. Diseño

El diseño es de tipo experimental porque a través del análisis de parámetros y ensayos de laboratorio se consigue el porcentaje óptimo de asfalto para el diseño del pavimento y a través de la propuesta de varios trazados se define el diseño final.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

El universo o población de estudio son las vías de Santa Elena

3.3.2. Muestra

La muestra de estudio es el enlace vial de 2km para completar el acceso de la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas del sector San Vicente en el cantón la libertad, provincia de Santa Elena

3.3.3. Muestreo

Se realizaron 5 calicatas en el tramo de estudio para conocer el perfil del suelo y condicionar parámetros de diseño del pavimento flexible.

3.4. UBICACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado en la Calle 31 Sector San Vicente Cantón La Libertad Provincia de Santa Elena que se enlaza con la Nueva Autopista Guayaquil-Salinas, el mismo que tiene una longitud de 1.8 km. La cual representa un nivel de importancia primordial tanto para el sector social turístico y para el desarrollo de la Provincia.

Tabla 14

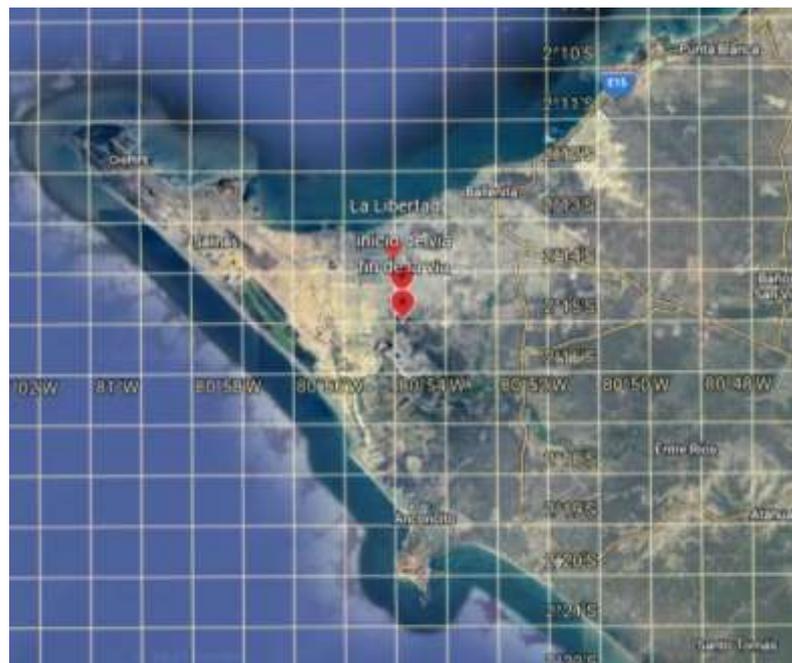
Coordenadas del diseño de la vía

<i>Ubicación</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Cota</i>
	E (m)	N (m)	m.s.n.m
Inicio Sector San Vicente ABS 0+000	511564,2	248300,3	33,10
Fin Autopista Guayaquil Salinas ABS 1+800	511491,6	9751276,4	27,08

Nota: Realizado por *Brian Jaramillo (2023)*

Figura 10

Ubicación geográfica de la vía



Nota: Tomado de Google Earth (2023)

3.5. METODOLOGIA DEL OE.1: DISEÑAR EL TRAZADO GEOMÉTRICO DE LA VÍA, MEDIANTE EL USO DE LA TOPOGRAFÍA DEL SECTOR Y EL ANÁLISIS DE TRÁFICO, SIGUIENDO LOS CRITERIOS DEL MTOP, PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA

Para responder al primer objetivo específico se realizó preliminarmente un trazado de la topografía del sector, luego el análisis de tráfico y por último el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal.

3.5.1. Topografía del sector

El análisis topográfico se realizó empleando GNSS RTK, primero se calibró el instrumento, seguido, se seleccionaron puntos estratégicos y con la ayuda de un cadenero se registraron los datos en la memoria del equipo.

Luego, estos datos se extrajeron en un computador y se anotaron las cotas y distancias necesarias para el diseño geométrico de la vía. La imagen x, muestra los puntos registrados con el equipo topográfico.

Figura 11

Levantamiento topográfico de la vía de diseño



Nota: Realizado por *Brian Jaramillo*

3.5.2. Análisis de tráfico

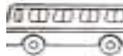
El análisis de tráfico se realizó empleando el método de conteo manual durante un periodo de 18 horas diarias por 7 días en un horario de 06:00 am a 12:00 pm, desde el 12 de noviembre hasta el 18 de noviembre del 2022, en la periferia del tramo de diseño. Para el conteo manual se contó con el apoyo de un grupo de ayudantes aledaños al sector, quienes, fueron instruidos para poder llevar a cabo la cuantificación y clasificación del flujo vehicular existente en la vía en estudio, mediante un formulario que se detalla en el anexo II.

a *Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS)*

La tabla 15 muestra el registro de los datos por semana, obteniendo como tráfico promedio semanal (TPDS) un total de 8153 vehículos mixtos lo cual tomamos el 40% del TPDS con un valor de 3261 vehículos mixtos con lo que vamos a trabajar en los cálculos respectivos

Tabla 15

Registro del conteo manual de los vehículos y cálculo del tráfico diario semanal (TPDSS)

FECHA	DÍAS DE LA SEMANA	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES					TOTAL		
		MOTO	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	PESADOS			EXTRAPESADOS					
															
MOTOS	AUTOMOVIL	CAMIONETA	BUSETA	BUS	2DA	2DB	3A	3S1	2S1	2S2	3S2	3S3			
12/11/2022	SÁBADO	2912	4091	752	131	315	234	56	17	0	0	0	2	4	8514
13/11/2022	DOMINGO	1928	3550	464	99	264	85	33	2	0	0	1	0	0	6426
14/11/2022	LUNES	2882	4535	712	82	336	212	73	14	0	2	2	2	1	8853
15/11/2022	MARTES	2817	4172	666	103	365	197	69	27	0	1	1	0	6	8424
16/11/2022	MIÉRCOLES	2783	4122	700	115	368	196	77	25	0	0	2	2	6	8396
17/11/2022	JUEVES	2836	4009	598	125	385	185	89	24	0	1	1	1	3	8257
18/11/2022	VIERNES	2489	4186	621	196	396	208	74	27	0	2	2	0	1	8202
TOTAL		18647	28665	4513	851	2429	1317	471	136	0	6	9	7	21	57072
T.P.D.S		2664	4095	645	122	347	188	67	19	0	1	1	1	3	8153
% T.P.D.S		32,67 %	50,23 %	7,91%	1,49%	4,26%	2,31%	0,83%	0,24%	0,00%	0,01%	0,02%	0,01%	0,04%	100%
%		90,81%			5,75%			3,45%					100%		

Nota: realizado por Brian Jaramillo

b Factor de ajuste mensual

Una vez obtenido el tráfico promedio diario semanal, se seleccionan el factor mensual correspondientes al mes en el que se desarrolló el estudio de tráfico. En este caso corresponde al mes de noviembre del 2022.

Tabla 16

Factor de Ajuste Mensual

<i>Factor de ajuste mensual (Fm)</i>	
MES	Factor
Enero	1,07
Febrero	1,132
Marzo	1,085
Abril	1,093
Mayo	1,012
Junio	1,034
Julio	1,982
Agosto	0,974
Septiembre	0,923
Octubre	0,931
Noviembre	0,953
Diciembre	0,878

Nota: Tomado de MTOP y (Barzola & Navas, 2021)

c Factor diario

El factor diario se obtiene empleando la ecuación 1, que se muestra a continuación.

Ecuación 11. Factor diario

$$Fd = \frac{TPDS}{TD_d}$$

Donde:

Fd = Factor diario

$TPDS$ = Tráfico promedio semanal

TD_d = Tráfico diario

Luego, se calcula el factor de ajuste diario para todos los días de la semana evaluados y se promedian los valores para obtener el resultado a emplear en el cálculo del TPDA.

Tabla 17

Factor de ajuste diario FD

<i>Factor de ajuste diario FD</i>			
TPDS	DÍAS	TD_d	FD
8153	SÁBADO	8514	0,96
	DOMINGO	6426	1,27
	LUNES	8853	0,92
	MARTES	8424	0,97
	MIÉRCOLES	8396	0,97
	JUEVES	8257	0,99
	VIERNES	8202	0,99
TOTAL		57072	1,01

Nota: Realizado por *Brian Jaramillo*

d Cálculo de TPDA

Finalmente, con los valores obtenidos en los pasos anteriores se calcula el tráfico promedio diario anual (TPDA), siguiendo la ecuación 12.

Ecuación 12 Cálculo del TPDA

$$TPDA = TD_i(F_m)(F_d)$$

$$TPDA = 3261(0,953)(1,01)$$

$$TPDA = 3138.04727 \text{ Veh. Mixtos}$$

e **Tráfico Asignado**

A continuación, se calcula el valor correspondiente al tráfico asignado para esto se multiplica el valor obtenido de TPDA por los parámetros de tráfico generado (Tg), tráfico por desarrollo (Td).

Ecuación 13 Tráfico Asignado

$$\text{Tráfico Asignado} = \text{TPDA} + Tg + Td$$

$$\text{Tráfico generado (Tg)} = 3138.04727 \times 25\%$$

$$\text{Tráfico generado (Tg)} = 784.51182$$

$$\text{Tráfico por desarrollo (Td)} = 3138.04727 \times 5\%$$

$$\text{Tráfico por desarrollo (Td)} = 156.90236$$

$$\text{Tráfico Asignado} = 3138.04727 + 784.51182 + 156.90236$$

$$\text{Tráfico Asignado} = 4079 \text{ Veh. Mixtos/día}$$

f **Composición Vehicular**

Luego de obtener el tráfico asignado, se calcula la composición vehicular para conocer cuál es el vehículo que predominará el diseño, en este caso el vehículo que predomina son los livianos.

Tabla 18 *Composición del Tráfico*

COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO		
LIVIANOS	90,81%	3704
BUSES	5,75%	234
CAMIONES	3,45%	141
TPDA AÑO 0	100%	4079

Nota: Realizado por *Brian Jaramillo*

g Proyección del tráfico Futuro

Después, se proyecta el tráfico a un horizonte de diseño de 20 años con las tasas anuales especificadas en la MTOP para calcular el tráfico proyectado.

Tabla 19

Tasas de Crecimiento Vehicular anual (%)

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL (%)

PERIODO	LIVIANO	BUS	CAMION
2005-2010	4,49	2,12	3,41
2011-2015	3,99	1,89	3,03
2016-2020	3,60	1,70	2,72
2021-2040	3,27	1,54	2,48

Fuente: Coordinación de Factibilidad –MTOP

Tabla 20

Proyección del tráfico a un horizonte de diseño de 20 años

TRANSITO FUTURO $TF = IT + TG + TA$

Años	N	Tasa Crec.	Livianos	Tasa Crec.	Buses	Tasa Crec.	Camiones	Total
2022	0	3,27%	3704	1,54%	234	2,48%	141	4079
2023	1	3,27%	3285	1,54%	238	2,48%	144	4207
2024	2	3,27%	3950	1,54%	242	2,48%	148	4340
2025	3	3,27%	4079	1,54%	245	2,48%	151	4476
2026	4	3,27%	4213	1,54%	249	2,48%	155	4617
2027	5	3,27%	4351	1,54%	253	2,48%	159	4762
2028	6	3,27%	4493	1,54%	257	2,48%	163	4913
2029	7	3,27%	4640	1,54%	261	2,48%	167	5067
2030	8	3,27%	4791	1,54%	265	2,48%	171	5227
2031	9	3,27%	4948	1,54%	269	2,48%	175	5392
2032	10	3,27%	5110	1,54%	273	2,48%	180	5563
2033	11	3,27%	5277	1,54%	277	2,48%	184	5738
2034	12	3,27%	5450	1,54%	282	2,48%	189	5920
2035	13	3,27%	5628	1,54%	286	2,48%	193	6107
2036	14	3,27%	5812	1,54%	290	2,48%	198	6300
2037	15	3,27%	6002	1,54%	295	2,48%	203	6500
2038	16	3,27%	6198	1,54%	299	2,48%	208	6705
2039	17	3,27%	6401	1,54%	304	2,48%	213	6918

2040	18	3,27%	6610	1,54%	309	2,48%	218	7137
2041	19	3,27%	6826	1,54%	313	2,48%	224	7364
2042	20	3,27%	7049	1,54%	318	2,48%	229	7597

Finalmente, se obtiene la clasificación de la vía con los calculados realizados previamente. Para esto se toma como guía la tabla de diseño recomendados para carreteras de dos carriles especificado en la MTOP.

Tabla 21

Valores de diseños recomendados para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾				CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾				CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾				CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾															
	RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA											
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M									
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	150	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	80	30	60	35	25 ⁽⁶⁾	60	30	40	30	35	25 ⁽⁶⁾
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	250	130	210	110	42	210	110	75	110	80	25	130	75	43	75	80	20 ⁽⁶⁾
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	130	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	480	640	565	345	640	565	415	503	415	270	480	390	210	390	150	110	390	230	150	210	150	110
Peralte	MÁXIMO = 10%												10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																	
Coefficiente "K" para:																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales concavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽²⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽²⁾ mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3		7,3		7,0		6,70		6,70		6,00		6,00				4,00 ⁽⁸⁾													
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón				Carpeta Asfáltica				Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.				D.T.S.B. Capa Granulada o Empedrado				Capa Granulada o Empedrado													
Ancho de espaldones ⁽³⁾ estribos (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)				—							
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0				2,0				2,0				2,0				1,3 (C.V. Tipo 6 y 7)				4,0									
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁴⁾ - 4,0				2,0 - 4,0				2,0 - 4,0				2,0 - 4,0				4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)				—									
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44, HS - MOP, HS - 35																													
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁵⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Carreteras y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																														

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 - 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta sección parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno - Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Nota: Tomado de MTOP

Tabla 22*Clasificación de la vía en función del TPDA*

<i>Tipo de vía</i>	<i>Tráfico Proyectado (TPDA)</i>
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Tabla 23*Resumen de Resultados*

<i>Composición Vehicular</i>	
LIVIANOS	7049
BUSES	318
CAMIONES	229
TPDA TOTAL (PROYECTADO A 20 AÑOS)	7597

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	CLASE I MOP (ABSOLUTA)
--------------------------------	-----------------------------------

Nota: Realizado por Brian Jaramillo

3.5.3. Diseño Geométrico

Para el diseño geométrico de la vía se empleó el software de diseño Civil CAD en el que se ingresaron los puntos del levantamiento topográfico y con las curvas de nivel del terreno se modeló la vía con tramos de tangentes y curvas siguiendo los criterios del ministerio de trabajo y obras públicas MTOP y los criterios de la normativa NEVI. De este modo, se obtuvieron tres diseños; el diseño horizontal, vertical y transversal.

3.6. METODOLOGIA DEL OE.2: REALIZAR UN ESTUDIO GEOTÉCNICO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CONOCER LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

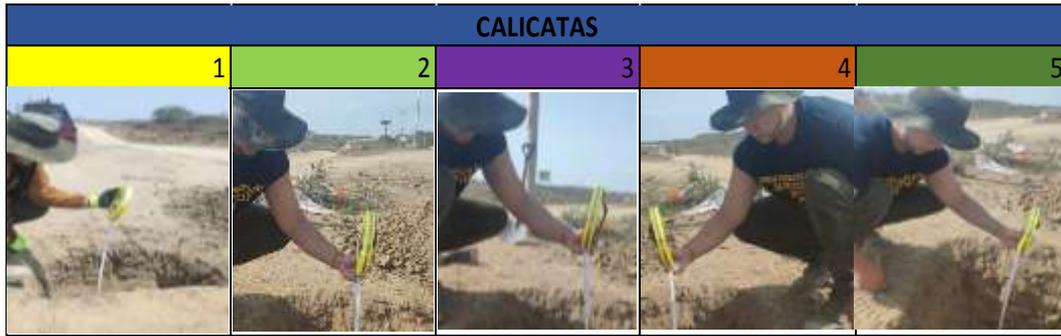
La resistencia de la sub-rasante es el parámetro que más incertidumbre ofrece para el diseño del pavimento, su comportamiento bajo condiciones de carga prevista y factores que interviene en su capacidad de soporte (Salgado, 1989, pág. 471).

En respuesta al segundo objetivo de investigación se realizaron 5 calicatas en el sector de estudio para conocer las propiedades mecánicas de la subrasante. En función de lo indicado por Braja M Das en el libro de Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones, para proyectos tipo carreteras se recomienda el espaciamiento para sondeos de suelos entre 250 -500 metros. Para el estudio del proyecto se optó por un espaciamiento de 500 metros entre cada calicata, las cuales fueron ubicadas tanto al margen derecho e izquierdo del eje de la vía, a una profundidad de 0.50 m, 1.00m y 1.50 metros, como se indica en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 24

Calicatas a cada 500

CALICATA	ABSCISA
1	0+000
2	0+345
3	0+690
4	1+035
5	1+380



Con las muestras de suelo obtenidas se realizaron ensayos de humedad, límites de Atterberg, granulometría, Proctor y CBR. El estudio geotécnico se realizó en el laboratorio de suelos, hormigón y asfalto del laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), después, con los resultados obtenidos se clasificó el tipo de suelo y se crearon los perfiles de suelo. Cada una de las muestras fueron etiquetadas y transportadas al laboratorio con el debido cuidado para no alterar su estado natural. Finalmente, con el estudio de la subrasante se diseñó el pavimento flexible.

3.7. METODOLOGIA DEL OE.3: DISEÑAR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 93, PARA LA PROPUESTA DEL ENLACE VIAL DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

h *Tráfico de Diseño.*

✓ *Factor de Crecimiento*

Para obtener el tráfico de diseño es indispensable primero obtener el factor de crecimiento de la composición vehicular correspondiente a la vía de diseño para el horizonte de 20 años. Para esto, se emplea la ecuación que se muestra continuación.

Ecuación 14 Factor de Crecimiento

$$Fcr = \frac{(1 + r)^{n-1}}{r}$$

Donde:

Fcr = Factor de Crecimiento

r = Tasa de Crecimiento

n = Periodo de Diseño

✓ *ESAL'S de Diseño*

Luego, se calcula los ESAL'S de Diseño para cada vehículo registrado con la siguiente ecuación

Ecuación 15 ESAL'S de Diseño

$$ESAL'S = \text{Tráfico Asignado} \times \text{Factor de Crecimiento} \times \text{Factor Camión} \times 365$$

La tabla 23 muestra los valores obtenidos como ESAL'S de Diseño. A continuación, para obtener el tráfico de diseño se debe afectar el valor de los ESAL'S por dos factores que dependen del número de carriles en una y dos direcciones.

Tabla 25

Factores de número de carriles en 1 y 2 direcciones

Nº carriles en 1 dirección	%ESAL en el carril de diseño	Nº carriles (2 direcciones)	%de camiones en el carril de diseño
1	100	2	50
2	80-100	4	45 (35-48)
3	60-80	6 ó más	40 (25-48)
4	50-75		

ESAL Equivalent Single Axle Load

Nota: Tomado de Apuntes de Pavimento (2023)

Tabla 26

TIPO VEHÍCULO	CATEGORÍA	CARGAS POR EJES (Ton)			Aforo	%	Tasa de crec.	Fact. Crec.	CARGAS POR EJES (Kíps)			Tipo Eje	Valores para interpolar			Factor Camión	Días año	ESAL'S diseño			
		Adelante	Intermedio	Atrás					Adelante	Intermedio	Atrás		Adelante	Intermedio	Atrás						
	LIVIANOS	0,0725		0,0725	1333	32,67%	3,27%	27,62068	0,1598625	0	0,159863	Simple	2	0,0002		2	0,0002	0,0004	365	5374	
	LIVIANOS	1		2	2371	58,13%	3,27%	27,62068	2,205	0	4,41	Simple	2	0,0002		4	0,003	0,005537	365	132368	
	BUSES	4		10	234	5,75%	1,54%	23,21496	8,82	0	22,05	Simple	4	0,003		6	0,013		365	4322413	
	BUSES	4		10	234	5,75%	1,54%	23,21496	8,82	0	22,05	Simple	8	0,041		22	2,09	2,17601	365	4322413	
	2DA	8		7	94	2,31%	2,48%	25,49329	17,64	0	15,435	Simple	8,82	0,06601		22,05	2,11		365	4322413	
	2DA	8		7	94	2,31%	2,48%	25,49329	17,64	0	15,435	Simple	10	0,102		24	2,89		365	4322413	
	2DA	8		7	94	2,31%	2,48%	25,49329	17,64	0	15,435	Simple	16	0,645		14	0,388	1,508498	365	1321234	
	2DA	8		7	94	2,31%	2,48%	25,49329	17,64	0	15,435	Simple	17,64	0,9361		15,435	0,572398		365	1321234	
	2DA	8		7	94	2,31%	2,48%	25,49329	17,64	0	15,435	Simple	18	1		16	0,645		365	1321234	
	2DB	7		11	34	0,83%	2,48%	25,49329	15,435	0	24,255	Simple	14	0,388		24	2,89	3,592448	365	1125280	
	2DB	7		11	34	0,83%	2,48%	25,49329	15,435	0	24,255	Simple	15,435	0,5723975		24,255	3,02005		365	1125280	
	2DB	7		11	34	0,83%	2,48%	25,49329	15,435	0	24,255	Simple	16	0,645		26	3,91		365	1125280	
	3A	7		20	10	0,24%	2,48%	25,49329	15,435	0	44,1	Simple	14	0,388		44	2,88	3,478398	365	314606	
	3A	7		20	10	0,24%	2,48%	25,49329	15,435	0	44,1	Simple	15,435	0,5723975		44,1	2,906		365	314606	
	3A	7		20	10	0,24%	2,48%	25,49329	15,435	0	44,1	Simple	16	0,645		46	3,4		365	314606	
	3S1	7	20	11	0	0,00%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	24,255	Simple	14	0,388	44	2,88	24	2,89	6,498448	365	0
	3S1	7	20	11	0	0,00%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	24,255	Tándem	15,435	0,5723975	44,1	2,906	24,255	3,02005		365	0
	3S1	7	20	11	0	0,00%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	24,255	Simple	16	0,645	46	3,4	26	3,91		365	0
	2S1	7	11	12	0	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	26,46	Simple	14	0,388	24	2,89	26	3,91	7,801448	365	31130
	2S1	7	11	12	0	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	26,46	Simple	15,435	0,5723975	24,255	3,02005	26,46	4,209		365	31130
	2S1	7	11	12	0	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	26,46	Simple	16	0,645	26	3,91	28	5,21		365	31130
	2S2	7	11	20	1	0,02%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	44,1	Simple	14	0,388	24	2,89	44	2,88	6,498448	365	38896
	2S2	7	11	20	1	0,02%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	44,1	Simple	15,435	0,5723975	24,255	3,02005	44,1	2,906		365	38896
	2S2	7	11	20	1	0,02%	2,48%	25,49329	15,435	24,255	44,1	Tándem	16	0,645	26	3,91	46	3,4		365	38896
	3S2	7	20	20	1	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	44,1	Simple	14	0,388	44	2,88	44	2,88	6,384398	365	29721
	3S2	7	20	20	1	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	44,1	Tándem	15,435	0,5723975	44,1	2,906	44,1	2,906		365	29721
	3S2	7	20	20	1	0,01%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	44,1	Tándem	16	0,645	46	3,4	46	3,4		365	29721
	3S3	7	20	24	2	0,04%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	52,92	Simple	14	0,388	44	2,88	52	1,44	5,019598	365	70103
	3S3	7	20	24	2	0,04%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	52,92	Tándem	15,435	0,5723975	44,1	2,906	52,92	1,5412		365	70103
	3S3	7	20	24	2	0,04%	2,48%	25,49329	15,435	44,1	52,92	Tridem	16	0,645	46	3,4	54	1,66		365	70103
ESAL'S DE DISEÑO																	7391126				

ESAL'S de Diseño

Nota: Realizado por Brian Jaramillo

i *CBR de diseño*

Tabla 27

Relación entre el tráfico de diseño y el CBR de diseño

Ejes 8,2 T	Percentil CBR
< 10⁴	60,00%
10⁴ - 10⁶	75,00%
> 10⁶	87,50%

Nota: Elaborado por Brian Jaramillo

✓ *CBR de la Subrasante*

CBR= 5,784

✓ *Módulo Resiliente de la Subrasante*

Como el CBR de la Subrasante es inferior al 7,2 % se empleará la siguiente ecuación para el cálculo del módulo resiliente.

$$MR = 1500 \times CBR$$

$$MR = 1500 \times 5,784$$

$$MR = 8675,625 \text{ PSI}$$

j *Evaluación de la Confiabilidad*

Como la vía es una carretera clase 1 y se encuentra en zona urbana, se elige el valor de confiabilidad del 90%.

<i>Tipo de Camino</i>	<i>Confiabilidad Recomendada</i>	
	<i>Zona Urbana</i>	<i>Zona Rural</i>
Rutas Interestatales y autopistas	85 a 99,9	80 a 99,9
Arterias Principales	80 a 99	75 a 99
Colectoras	80 a 95	75 a 95
Locales	50 a 80	50 a 80

$$\checkmark Z_R$$

Como la confiabilidad elegida fue del 90%, el valor de Z_R es igual a -1,282

<i>Confiabilidad</i>	<i>Desviación Estándar Normal (Z_0)</i>
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

k *Desviación Estándar*

Como actualmente no existe un diseño de vía, la construcción sería nueva y por lo tanto, se adopta un valor de 0,45.

<i>Desviación Estándar para Pavimentos Flexibles</i>	
Construcción Nueva	0,45
Sobrecapas	0,50

1 *Número estructural*

Para obtener el valor de número estructural se empleará el ábaco para el que se tienen los siguientes datos:

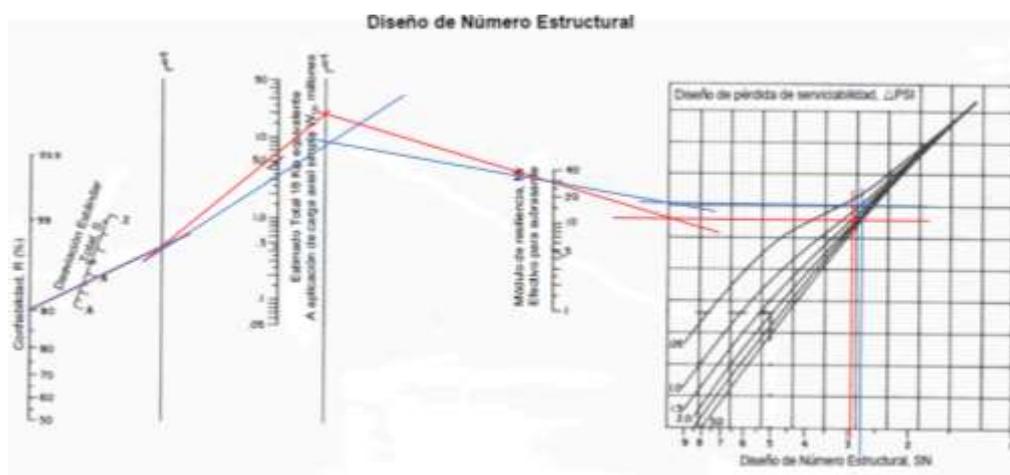
Tabla 28

Datos de Entrada para el cálculo del número estructural empleando ábaco

ESAL'S de diseño=	3.69×10^6	
CBR de diseño=	5,784	%
ΔPSI	1,7	
Años de diseño=	15	
SN asumido=	4	
Mr=	8676	PSI
Confiabilidad	90	%
Zr	-1,282	
Desviación Estándar	0,45	

Figura 12

Ábaco para el diseño del Número Estructural



Nota: Realizado por Brian Jaramillo

Nota: Realizado por Brian Jaramillo

Como el número estructural obtenido por el ábaco se encuentra cercano al valor asumido por el diseñador, se acoge el número estructural de 4,5 y se continúa con el diseño de pavimento flexible.

m *Diseño de Pavimento Flexible por espesores mínimos*

Para obtener el diseño de la estructura de pavimento por espesares mínimos, se considera el valor de los espesores mínimos que se encuentran normados en la MTOP y con la fórmula del número estructural se calculan los espesores de las demás capas de pavimento.

Tabla 29

Espesores mínimos sugeridos por MTOP

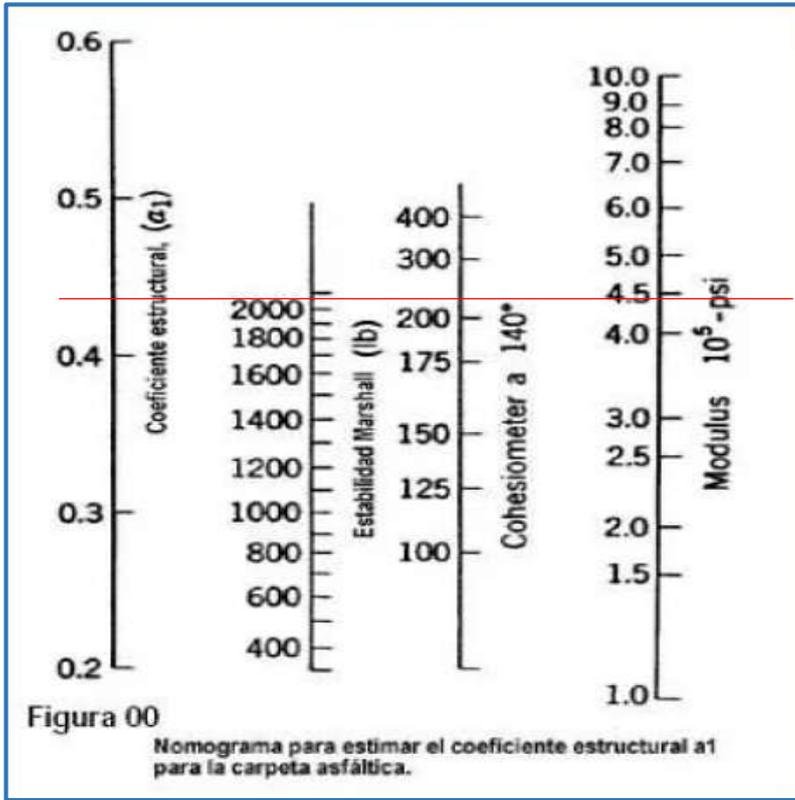
<i>Número de ESAL'S</i>	<i>Capas Asfálticas</i>	<i>Base Granular</i>
Meno de 50000	3,0 cm	10 cm
50000- 150000	5,0 cm	10 cm
150000-500000	6,5 cm	10 cm
500000-2000000	7,5 cm	15 cm
2000000-7000000	9,0 cm	15 cm
Más de 7000000	10,0 cm	15 cm

Nota: tomado de MTOP

En este caso, corresponde a un espesor mínimo de capa asfáltica de 9 cm y una base granular de espesor de 15 cm.

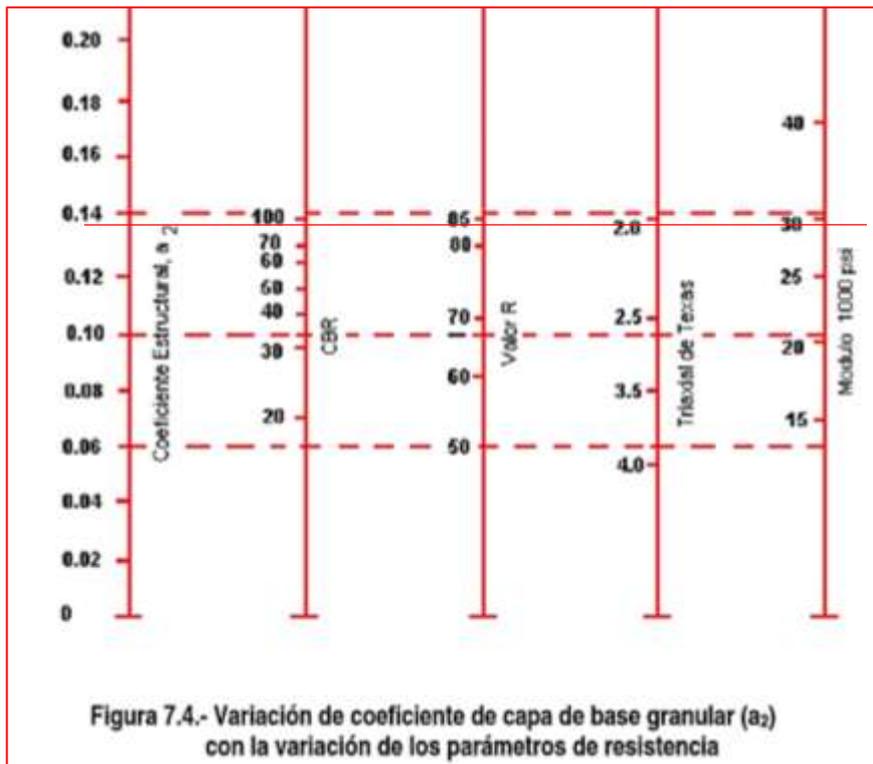
n *Coeficiente Estructural*

✓ *Carpeta asfáltica*



Coeficiente estructural $a_1 = 0,42$

✓ *Base*



Coeficiente estructural $a_2 = 0,13$

En relación a la tabla 27, para el diseño de pavimento se elige trabajar con una base de clase, tipo A

Tabla 30

Relación entre el tipo de Base y el % de

Tipo	C.B.R. (%)
BASE CLASE 1 TIPO A	99,2
BASE CLASE 2	95,2
BASE CLASE 3	89,5
BASE CLASE 4	86,1

Nota: Obtenido de MTOP

✓ *Subbase*

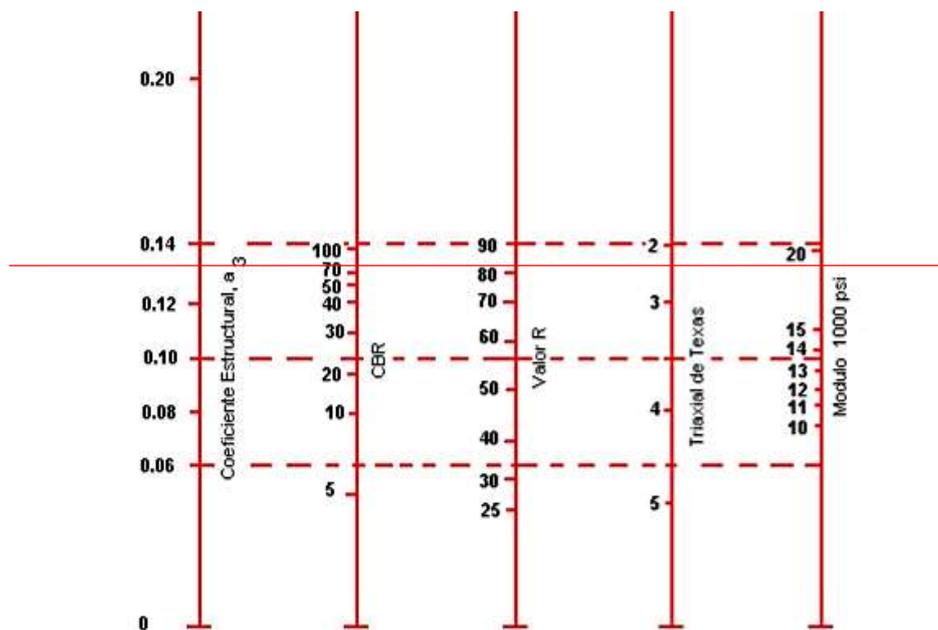


Figura 7.7.- Variación de coeficiente de capa de sub base granular (a_3) con la variación de los parámetros de resistencia

Coeficiente estructural $a_3 = 0,135$

Tabla 31

Relación entre el tipo de subbase y el

Tipo	C.B.R. (%)
SUBBASE CLASE 1	77,8
SUBBASE CLASE 2	74,5
SUBBASE CLASE 3	70,2
BASE CLASE 1 TIPO A	99,2
BASE CLASE 2	95,2
BASE CLASE 3	89,5
BASE CLASE 4	86,1

Nota: Tomado de MTOP

- o **Condiciones de Drenaje**
 - ✓ *Propiedades drenantes de la Base*

Se analizarán las propiedades drenantes de la base, considerando la distribución granulométrica y la cantidad de finos del material.

Tabla 32

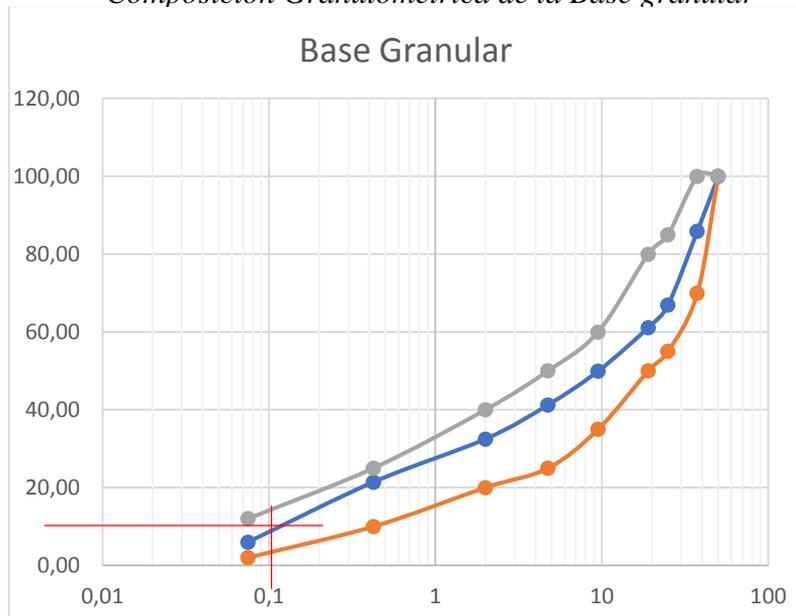
Características Granulométricas de la Base Clase 1. Tipo A

TAMIZ	PASANTE	BASE CLASE 1. TIPO A	
		Min	Max
2"	50 mm	100,00	100
1 1/2"	37,5 mm	85,92	70
1"	25 mm	66,98	55
3/4"	19 mm	61,13	50
3/8"	9,5 mm	49,93	35
N ° 4	4,75 mm	41,26	25
N ° 10	2 mm	32,48	20
N ° 40	0,425 mm	21,41	10
N ° 200	0,075 mm	5,99	2

Tomado de MTOP (2003)

Figura 13

Composición Granulométrica de la Base granular



$D_{10} = 0,22$

✓ Tipo de Fino



Si los finos son inertes

$IP < 1\%$

Si son limosos	IP > 1%, por debajo de la Recta A
Si son arcillosos	IP es alto, sobre la recta A

✓ *Tipo de Fino*

El tipo de fino predominante según el análisis granulométrico de la base granular es limoso.

✓ *Material Predominante*

GRAVA (3"-N°4)	58,74
ARENA (N°4-N°200)	35,27
FINOS (>N°200)	5,99
MATERIAL PREDOMINANTE:	
GRAVA	

✓ *Cantidad de Finos*

Material predominante	Cantidad de finos								
	<2,5 %			5%			10%		
	Tipo de finos			Tipo de finos			Tipo de finos		
e	Filler	Limo	Arcillas	Filler	Limo	Arcillas	Filler	Limo	Arcillas
grava	70	60	40	60	40	20	40	30	10
arena	57	50	35	50	35	15	25	18	8
C	=		30						

✓ *Porosidad*

$$n = \text{porosidad} = \left(1 - \frac{\gamma_d}{62,4 * G_s}\right)$$

$$n = 0,38$$

✓ *Permeabilidad*

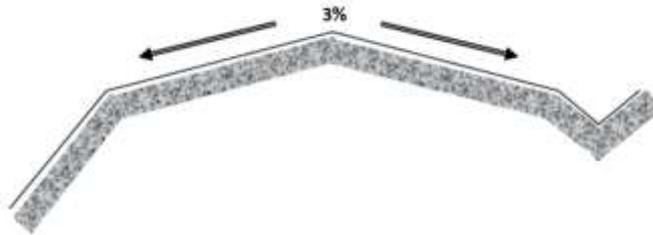
$$K = \frac{6,214 \times 10^5 (D_{10})^{1,478} n^{6,654}}{(P_{200})^{0,597}} \left(\frac{\text{pies}}{\text{dia}}\right)$$

$$K = 10,8 \text{ m/día}$$

✓ *Tiempo de Concentración de lluvia*

$$t_{50} = \frac{n_e * L^2}{2K(H + SL)}$$

$$t_{50} = 6,49 \text{ hora}$$



p **Propiedades Drenantes de la Subbase**

✓ *Porosidad*

$$n = \text{porosidad} = \left(1 - \frac{y_d}{62,4 * G_s}\right)$$

$$n = 0,38$$

✓ *Permeabilidad*

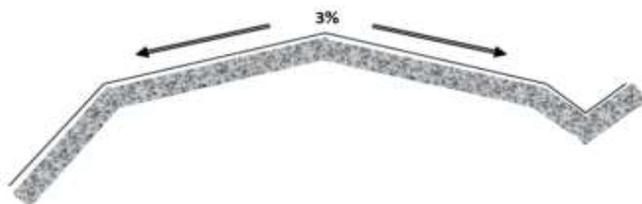
$$K = \frac{6,214 \times 10^5 (D_{10})^{1,478} n^{6,654}}{(P_{200})^{0,597}} \left(\frac{\text{pies}}{\text{dia}}\right)$$

$$K = 8,5 \text{ m/día}$$

✓ *Tiempo de Concentración*

$$t_{50} = \frac{n_e * L^2}{2K(H + SL)}$$

$$t_{50} = 8,31 \text{ horas}$$



q **Pluviosidad del Sector**

Días de Lluvias en Guayaquil = 87 días

r *Pluviosidad de la zona*

$$P = \frac{87}{365 \times 100}$$

$$P = 23,84\%$$

Por lo tanto, tras analizar las condiciones de drenaje tanto de la base como la subbase se concluye que el drenaje de la vía es Bueno, como se muestra en las

Tabla 7.6.- Condiciones de drenaje

Calidad de drenaje	Retiro de agua dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	el agua no drena

Tabla 7.2. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

✓ *Cálculo del espesor de las capas de pavimento Flexible*

Continuando con el diseño de la estructura de pavimento flexible se tiene la siguiente tabla de resumen de los coeficientes a y m obtenidos en relación a las propiedades de la base y subbase.

DATOS				
Capa de Pavimento	Coeficientes		Espesores mínimos	Drenaje
Carpeta asfáltica	$a_1=$	0,42	$D_1=3,54$ in	-
Base granular	$a_2=$	0,138	$D_2= 6$ in	$m_2=1,01$
Sub-base granular	$a_3=$	0,135	$D_3=?$	$m_3=1,01$

A continuación, se calcula el número estructural de la carpeta asfáltica

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

$$SN_1 = 0,42 * 3,54$$

$$SN_1 = 1,49$$

Luego, se calcula el número estructural de la base

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

$$SN_2 = 0,138 * 6 * 1,01$$

$$SN_2 = 0,82$$

Po último, para calcular el SN_3 de la subrasante se deja la siguiente ecuación

$$SN_{req} = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

$$4,45 = 1,49 + 0,82 + 0,135 * D_3 * 1,01$$

$$\frac{4,45 - 1,49 - 0,82}{0,135 * 1,01} = D_3$$

$$15,71 \text{ in} = D_3$$

$$39,9 \text{ cm} = D_3$$

$$SN_3 = a_3 * D_3 * m_3$$

Por lo que el SN_3 es igual a 2,14

Al sumar los SN obtenidos nos da un total de 4,5, por lo tanto, cumple con el valor de SN obtenido con el ábaco, en consecuencia, se acepta el diseño.

Por lo tanto, el espesor de la subbase será de 40 cm, que es igual a 15,75 in.

3.8. Operacionalización de Variables

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable Independiente	<i>Diseño Geométrico de la vía</i>	Selección de la ruta y configuración de las especificaciones técnicas para el diseño de la vía	Seguir los parámetros de diseño de la MTOP y la NEVI	Diseño geométrico en	Diseño geométrico Horizontal Diseño geométrico Vertical Diseño geométrico Transversal	Escala Adimensional
	<i>Diseño de Pavimento</i>	Selección de los materiales óptimos para la resistir la demanda de tráfico y cálculos del espesor de las capas que componen la estructura del pavimento	Seguir los parámetros y criterios de diseño especificados en la MTOP y la guía de procedimiento del método AASHTO 93	Método AASHTO 93	Tráfico de Diseño CBR de Diseño Confiabilidad Desviación estándar Zr Número estructural Coeficientes Estructurales Módulo Resiliente Calidad del drenaje	Escala Adimensional
Variable Dependiente	Diseño del enlace vial para completar el acceso la calle 31 con la nueva autopista Guayaquil-Salinas.	El diseño de una vía es el conjunto del diseño de pavimento y geométrico de la misma	Cumplir con las especificaciones técnicas de la MTOP y la NEVI para el diseño geométrico y de pavimento de la vía			Escala Adimensional

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

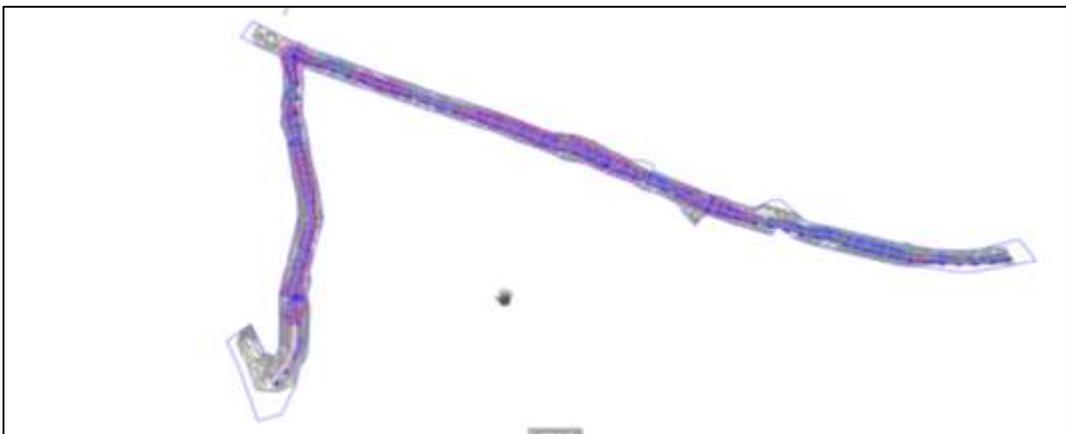
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1 DISEÑAR EL TRAZADO GEOMÉTRICO DE LA VÍA, MEDIANTE EL USO DE LA TOPOGRAFÍA DEL SECTOR Y EL ANÁLISIS DE TRÁFICO, SIGUIENDO LOS CRITERIOS DEL MTOP, PARA COMPLETAR EL ACCESO DE LA CALLE 31 CON LA NUEVA AUTOPISTA GUAYAQUIL-SALINAS DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA

En respuesta al primer objetivo de investigación se obtuvo el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal de la vía propuesta.

4.1.1. Diseño geométrico Horizontal.

El diseño horizontal como se muestra en la imagen a continuación está conformado por las tangentes y curvas horizontales, que son los primeros trazos para el diseño de la vía.

Figura 14 Diseño geométrico horizontal de la vía



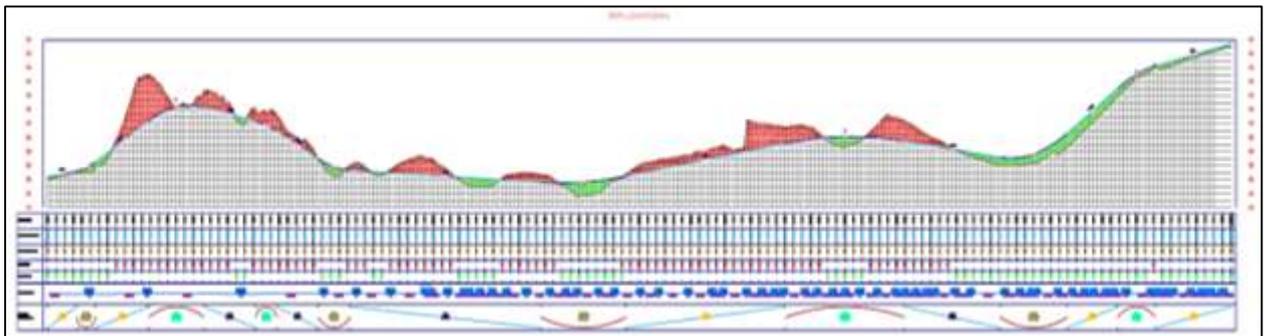
Nota: Realizado por Brian Jaramillo

4.1.2. Diseño Geométrico Vertical

El diseño geométrico vertical está conformado por las curvas verticales que pueden ser simétricas o asimétricas dependiendo el tipo de terreno y las características del diseño de la vía, como lo expone las imágenes que se presentan a continuación.

Figura 15

Diseño geométrico vertical de la vía



Nota: Realizado por Brian Jaramillo

Como se aprecia en la figura 15, el diseño geométrico vertical presenta altas pendientes debido a que el terreno es ondulado, sin embargo, estas pendientes no exceden lo permitido por las normativas MTOP y NEVI, que rigen el diseño geométrico de las vías en Ecuador. También, se observa que la mayoría de las curvas verticales son asimétricas.

4.1.3. Diseño geométrico transversal

El diseño transversal consistió en el análisis de volúmenes de cortes y rellenos que se deben efectuar para la construcción de la vía. En este caso, se aprecia por inspección visual que los volúmenes de corte se compensan con los de relleno, principalmente con el relleno situado en la abscisa 1+050 hasta la 1+380, 78. Por consiguiente, no será necesario traer material de cantera para cumplir con

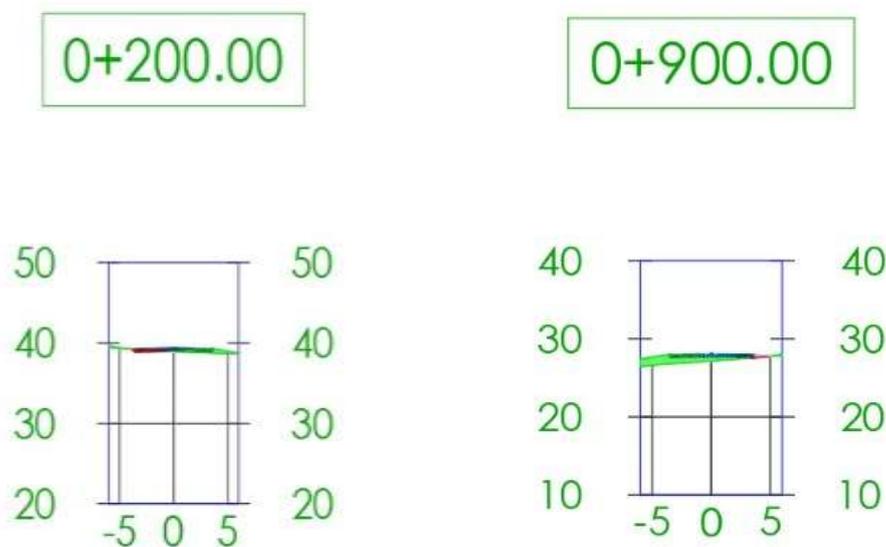
los volúmenes de relleno, lo que representa un ahorro considerable en el transporte de material.

4.1.4. Diseño geométrico transversal

El diseño transversal consistió en el análisis de volúmenes de cortes y rellenos que se deben efectuar para la construcción de la vía. En este caso, se detectaron más zonas de relleno que de corte, por lo tanto, se deberá conseguir material de suelo de otros lugares en caso de que no se encuentre suficiente material en el sitio de implantación de la vía. La imagen, muestra dos secciones transversales de la vía en la abscisa 0+200 y 0+900.

Figura 16

Cortes Transversales de la Abscisa 0+200 y 0+900



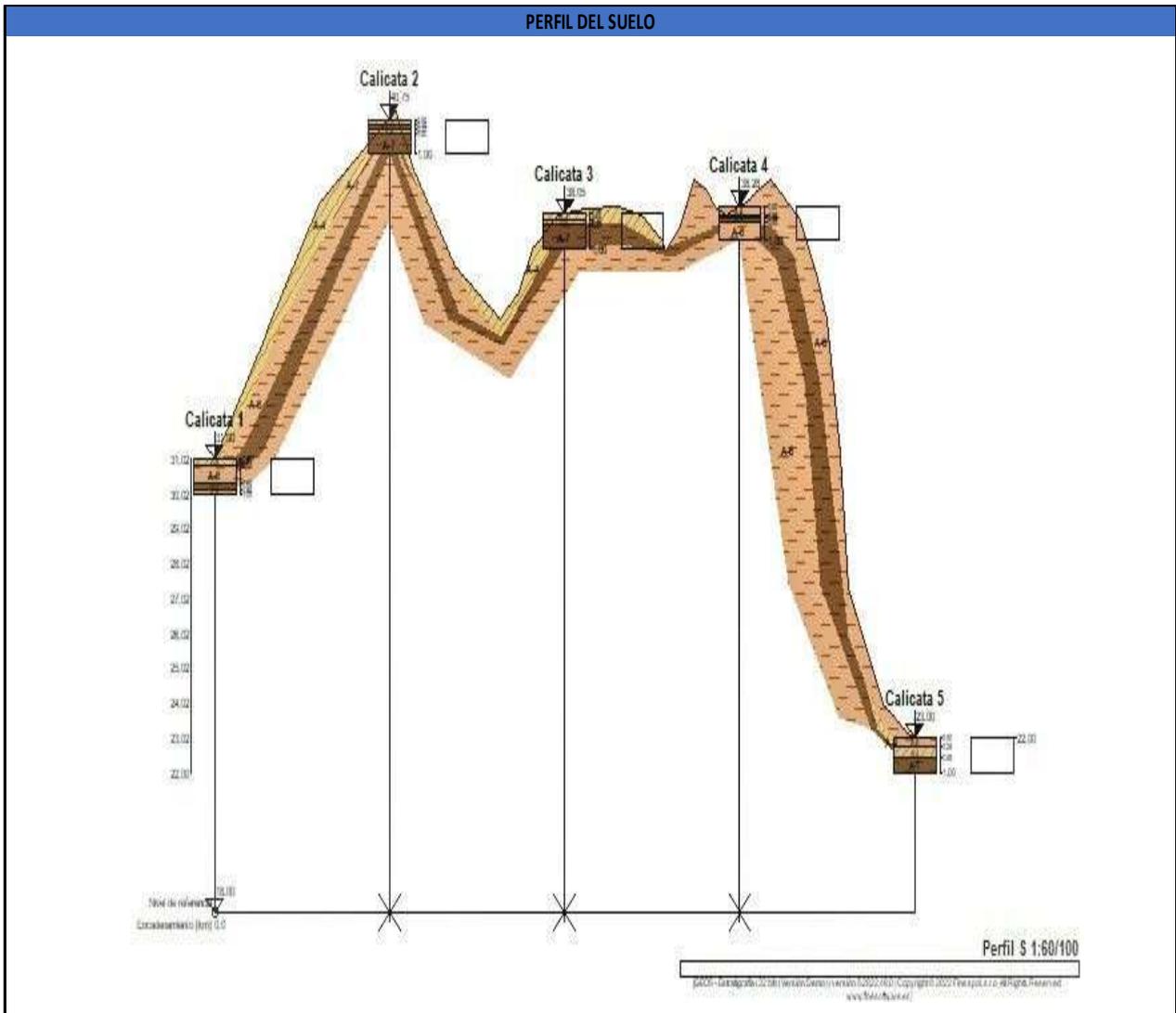
Nota: Realizado por *Brian Jaramillo*

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, REALIZAR UN ESTUDIO GEOTÉCNICO MEDIANTE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CONOCER LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

En cumplimiento al segundo objetivo propuesto se obtuvo un perfil de suelo en el que describen las características de los estratos del suelo que conforman la vía de diseño, como se aprecia en la figura 14 que se anexa a continuación. En adición, se condensaron los resultados de los ensayos de laboratorio que se efectuaron a las muestras de suelo inalteradas obtenida mediante calicatas. En esta tabla se aprecia con mayor detalle las características, plásticas, de granulometría y resistencia de la subrasante que conforma la vía de diseño.

Figura 17

Perfil de Suelo obtenido mediante muestreo por calicatas cada 500m



Resumen de Resultados del estudio geotécnico realizado a la subrasante de la vía

Figura 18

CALICATA N°	UBICACIÓN		M N°	PROFUNDIDAD AD m	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN	VISUALIZACIÓN	W %	LL %	LP %	IP %	GRANULOMETRÍA				PROCTOR		CBR %
	Abs	Lado				AASHTOO						4	10	40	200	Y	W	
												%	%	%	%	Kg/m3	%	
C1	0+000	D	1	0,00-0,15	SUELOS LIMOSOS	A-4		9,40	21	17	4	73,37	68,11	58,80	45,71			
			2	0,15-0,65	SUELOS ARCILLOSOS	A-6		16,77	34	24	10	65,67	59,63	53,37	45,18			
			3	0,65-0,85	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		33,44	76	28	48	99,79	99,59	98,72	88,99			
			4	0,85-1,00	SUELOS LIMOSOS	A-6		20,92	40	15	25	93,81	93,17	91,61	82,36			
C2	0+500	D	1	0,00-0,15	SUELOS LIMOSOS	A-4		10,65	19	18	1	71,83	69,70	65,52	49,59			
			2	0,15-0,27	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		14,77	46	17	30	70,46	67,35	62,43	47,21			
			3	0,27-0,40	SUELOS LIMOSOS	A-6		15,22	30	19	11	81,01	77,93	73,21	59,55			
			4	0,40-1,00	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		31,54	57	26	31	78,66	74,97	68,73	50,28			
C3	0+1000	D	1	0,00-0,20	SUELOS LIMOSOS	A-4		7,46	22	21	1	79,14	75,32	68,07	47,65			
			2	0,20-0,32	SUELOS LIMOSOS	A-4		7,55	28	23	5	52,04	46,98	42,40	37,33			
			3	0,32-1,00	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		18,26	43	18	25	98,82	98,01	95,88	75,33	1534,90243	13,6	6,60909696
C4	0+1500	D	1	0,00-0,25	SUELOS ARCILLOSOS	A-6		7,68	24	8	16	65,98	61,55	52,05	45,31			
			2	0,25-0,35	SUELOS ARCILLOSOS	A-6		8,02	35	23	12	84,83	80,65	74,42	59,67			
			3	0,34-0,45	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		8,56	63	11	52	79,12	73,10	62,53	45,35			
			4	0,45-1,00	SUELOS ARCILLOSOS	A-6		17,94	32	15	17	99,89	99,52	97,09	75,54			
C5	0+2000	D	1	0,00-0,25	SUELOS ARCILLOSOS	A-6		3,94	22	11	11	95,18	91,62	85,27	62,88			
			2	0,25-0,55	SUELOS LIMOSOS	A-4		6,34	21	16	5	98,18	95,96	91,37	60,78			
			3	0,55-1,00	SUELOS ARCILLOSOS	A-7		16,08	44	17	27	99,92	97,85	93,29	65,43			

Nota: Realizado por Brian Jaramillo

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, DISEÑAR LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL MÉTODO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO) 93, PARA LA PROPUESTA DEL ENLACE VIAL DEL SECTOR SAN VICENTE, PROVINCIA DE SANTA ELENA

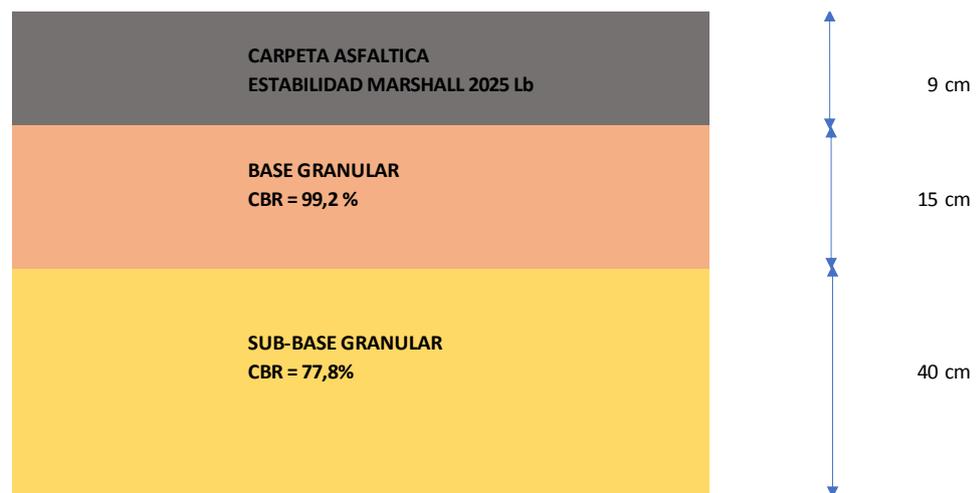
En respuesta al tercer objetivo de investigación se diseñó el pavimento flexible en base a los criterios del método AASHTO y los requerimientos expresos por el ministerio de transporte y obras públicas (MTO) y la norma NEVI.

Debido a que el diseño realizado con el método de espesores mínimos cumple con la norma, no se requirió hacer otro diseño de pavimento, por lo tanto, se concluye que el diseño es óptimo y se configura de la siguiente manera:

- ✓ Carpeta asfáltica = 9cm
- ✓ Base granular de 25 cm
- ✓ Subbase granular de 40 cm

Figura 19

Estructura de Pavimento Flexible



Nota: Realizado por Brian Jaramillo

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En relación a los resultados del primer objetivo, el volumen vehicular en el lugar donde se propone el diseño del enlace vial es muy alto, se aprecia que transitan vehículos livianos y extrapesados como 3S3, por lo que, se encasilla como una vía tipo Clase 1. El levantamiento topográfico mostró que la vía de tierra existente posee un ancho irregular, por lo que, en algunas zonas se encuentran anchos de 8m de distancia y en otros tramos más largos, esto incide en el trazo geométrico de la vía, puesto que, el ancho de la vía debe ser constante en todos los 1.38 km de vía, por lo tanto, el ancho de la vía corresponde a 7,2 metros. Al ser un terreno ondulado, se obtuvieron pendientes mayores al 10% y volúmenes de corte que pueden ser empleados en las zonas de relleno, ahorrando costos de transporte de materiales pétreos, por consiguiente, es importante realizar un estudio y diseño de taludes y terraplenes al momento de construir la vía.

En relación al segundo objetivo de investigación, el terreno evaluado presenta características de suelo limoso y arcilloso y una clasificación A-4, A-6 Y A-7 según la clasificación de la AASHTO, lo que incide en la capacidad de la subrasante de diseño que es inferior al 7,2%.

Finalmente, en relación al tercer objetivo, el diseño de la estructura de pavimento se demostró que fue necesario la implementación de las tres capas de pavimento, la capa de subbase, base y carpeta asfáltica debido a la capacidad de soporte de la subrasante. En relación a lo permitido constructivamente, el espesor de la subbase cumple casi al límite de lo recomendable. Por lo que se podría disminuir el espesor de la subbase, incrementando el espesor de la base y la carpeta asfáltica.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En relación al primer objetivo de investigación se tiene que el tráfico aforado en la periferia del diseño de la vía dio como resultado un tráfico elevado por lo tanto la vía fue clasificada como autopista debido a que el valor de TPDA es mayor a 3000 y menor a 8000 y de acuerdo a la composición vehicular el 90, 81% son vehículos livianos. También, se observó que los volúmenes de corte y relleno se compensan, lo que representa un ahorro significativo en el transporte de material de cantera para la construcción de taludes y terraplenes.

En relación al estudio de la subrasante se determinó que el suelo tiene características arcillosas y limosas, también los valores de plasticidad indicaron que es un material plástico.

En relación al tercer objetivo de estudio el diseño de pavimento se realizó en función del método de espesores mínimos porque es el que mejor se adaptaba a los diseños de la vía y el cumplimiento de los criterios de la MTOP. Finalmente, el diseño del enlace vial aportará al desarrollo económico de la provincia, atrayendo más turistas y aportando facilidad de movilidad de tráfico.

5.2. RECOMENDACIONES

Para obtener una mejor visualización de las características del terreno, se recomienda complementar el levantamiento topográfico realizado con el equipo RTK con el levantamiento con dron y así obtener mejores resultados en el diseño geométrico de la vía.

Se recomienda completar el diseño del enlace vial con el diseño de obras complementarias de señalética para que en el futuro la implantación de la vía cumpla con todos los requerimientos para su operación.

También, se recomienda proponer otras alternativas de diseño de la estructura de pavimento, con la finalidad de disminuir el espesor de la subbase, además, de crear un plan de mantenimiento de la vía para que, pueda cumplir con los años de servicio para los que ha sido diseñada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, & Pedraza. (2019). *Diseño del intercambio vial a desnivel entre la intersección: Vía evitamiento y prolongación Bolognesi, en la ciudad de Chiclayo - Lambayeque*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Alarcón, & Sandoval. (2021). *Diseño Geométrico de un intercambio vial a desnivel en la intersección de la avenida Víctor Raúl Haya de la Torre y la avenida Fitzcarrald, ubicado en el distrito y provincia de Chiclayo, departamento Lambayeque*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2022). *MTOP socializa proyecto vial Guayaquil – Salinas con sectores sociales, productivos y políticos de Santa Elena*. Recuperado el 11 de 01 de 2023, de <https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-socializa-proyecto-vial-guayaquil-salinas-con-sectores-sociales-productivos-y-politicos-de-santa-elena/>
- Robalino. (2016). *La infraestructura vial en el sector Teligote San Francisco Mazabacho de la provincia Benítez, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo local*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 11 de 01 de 2023, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/21726/1/Tesis%20997%20-%20Robalino%20Lara%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf>

Zambrano. (2021). Manabí: Universidad del Sur de Manabí. Recuperado el 11 de 01 de 2023, de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3483/1/TESIS%20MARIA%20ANDREA%20ZAMBRANO%20SEGOVIA%20%281%29.pdf>

Alcívar, C. A., & Villacis, N. I. (2018). *Estudio de incidencia del número estructural en resistencia de capas que conforman estructura de un pavimento flexible y su aplicación al diseño del pavimento de la vía que une los cantones Mariscal Sucre y Simon Bolivar, provincia del Guayas*. Universidad de Guayaquil.

Aristizabal Morales, L., Hoyos, J. F., Gil Obando, L., Gomez Echeverry, M., & Gomez Jimenez, D. (2014). DISEÑO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE POR LOS MÉTODOS AASTHO Y RACIONAL. In *European Journal of Endocrinology*.
<https://eje.bioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>

Ávila, F. (2011). *“DISEÑO Y CALCULO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO AASHTO Y DE LA MEZCLA ASFALTICA POR EL METODO MARSHAL, PARA LAS VIAS INTERNAS DEL PROYECTO TERMINAL MARITINO Y SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA GLP EN LA PARROQUIA MONTEVERDE EN EL C.*

Ayman Aguib, A. (2013). *Flexible Pavement Design AASHTO 1993 versus Mechanistic-Empirical Pavement Design* [The American University in Cairo School of Sciences and Engineering]. https://fount.aucegypt.edu/retro_etds

Azabache, H. Y., & Castillo, J. G. (2021). *Mejoramiento del pavimento flexible de la Calle José Joaquín Inclán, Trujillo – La Libertad 2021.*

Barzola, L. K., & Navas, K. P. (2021). *DISEÑO ESTRUCTURAL CON PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVDA. J. LEOPOLDO CARRERA CALVO DESDE LÍMITE CANTONAL LA LIBERTAD -SANTA ELENA HASTA LA CALLE CUARTA S Y CALLE CUARTA S ENTRE J. LEOPOLDO CARRERA CALVO Y AVDA FRANCISCO PIZARRO.* Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Campoverde, E. (2015). *LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LAS COMUNIDADES CHICO COPATAZA Y VILLAFLORA, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA PASTAZA Y SU REPERCUSIÓN EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS POBLADORES.* Universidad Técnica de Ambato.

Campoverde, M. L., & Peralta, C. H. (2019). *DISEÑO GEOMETRICO Y DE PAVIMENTO DE LA “VIA RAYOLOMA” TRAMO REDONDEL DEL SEGURO-EL TABLON, DESDE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA 4+031, UBICADO EN EL CANTÓN CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY.*

Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (Ecoec Ediciones, Ed.; 2da Edición).

Carrasco, W. (2021). *Diseño geométrico en vías de alta pendiente y transitabilidad vehicular en el camino vecinal del distrito de Ccapi-Paruro, Región Cusco.* Universidad Cesar vallejo.

de La Cruz Remache, W. (2021). *DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL, DEL PAVIMENTO Y LAS OBRAS DE ARTE DE LA VÍA PIEDADCITA-ESTERO HONDO DESDE LA ABSCISA 0+000 HASTA LA ABSCISA 3+400 PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA, PROVINCIA DE COTOPAXI.*

Delgado, W., & Gallo, M. (2021). *GUÍA PRÁCTICA PARA LA GENERACIÓN DE CARTERAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRETERA EN FORMATOS DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS A PARTIR DE LA INFORMACIÓN GENERADA POR EL SOFTWARE AUTOCAD CIVIL 3D 2017 Y POSTERIORES.* Universidad Militar Nueva Granada.

Ghanizadeh, A. R., & Naserlavi, S. S. (2022). An Explicit Formulation for Estimation of Structural Number (SN) of Flexible Pavements in 1993 AASHTO Design Guide using Response Surface Methodology (RSM). *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 6(2), 35–50. <https://doi.org/10.22115/SCCE.2022.306425.1372>

Jerez, F. J. (2019). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO -PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 0 + 000 – 4 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.* Universidad Técnica de Ambato.

León, M. S. (2020). *DISEÑO GEOMÉTRICO DEFINITIVO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO –PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 12 + 000 – 16 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.* Universidad Técnica de Ambato.

- Moposita, J. B. (2022). *Diseño geométrico vial y del pavimento de la vía que conecta Laipo Chico-Laipo Grande, en la parroquia Juan Montalvo, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.*
- Romero, C. H. (2020). *DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTOS DE LA VÍA SAMANÁ-TABLÓN DE LA PARROQUIA NULTI, CANTÓN CUENCA.*
- Sani, D. F. (2020). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA VIAL SHUYO-PINLLOPATA EN EL TRAMO KM 8 + 000 – 12 + 000 PERTENECIENTE A LOS CANTONES PUJILÍ Y PANGUA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.* Universidad Técnica de Ambato.
- Santamaría, J., & Teófilo, M. (2005). *Manual de prácticas de topografía y cartografía.*
- Tenesaca, J. (2021). *Diseño geométrico de la vía entre las comunidades Sharup – Shakai – San Rafael del cantón Arajuno Provincia de Pastaza de 7 kilómetros de longitud, para reducir el tiempo de movilización de una comunidad a otra.*
- Tenorio, J. (2022). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA COMPRENDIDA DESDE LA Y DE SAN JOSÉ EJIDO HASTA EL CENTRO DE PICHALÓ, PARA MEJORAR LOS NIVELES DE SERVICIABILIDAD DE LA PARROQUIA JUAN MONTALVO DEL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.* Universidad Técnica de Ambato.

ANEXOS

ANEXO I.

**REGISTRO FOTOGRÁFICO DE DEL
RECONOCIMIENTO DEL TRAMO DE
VIA.**

Figura 20 Reconocimiento del tramo de vía



Figura 21 Reconocimiento del tramo de vía



Figura 22 Reconocimiento del tramo de vía



Figura 23 Reconocimiento del tramo de vía



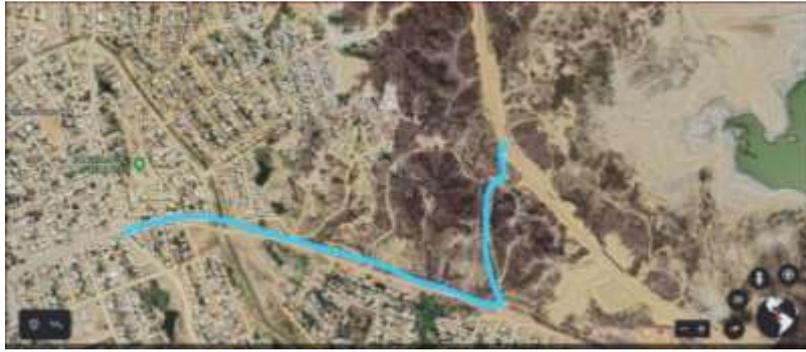
Figura 24 Reconocimiento del tramo de vía



Figura 25 Reconocimiento del tramo de vía



Figura 26 Trazado de la vía de diseño



ANEXO II

REGISTRO DEL AFORO DE TRÁFICO.

Figura 27 Conteo de Tráfico



ANEXO III

MUESTREO DE LA SUBRASANTE MEDIANTE CALICATAS

Figura 28 Calicata 1



Figura 29 Calicata 2



Figura 30 Calicata 3



Figura 31 Calicata 3



Figura 32 Calicata 5



ANEXO IV

REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Figura 33 Levantamiento Topográfico con RTK







ANEXO V

REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ESTUDIO DE SUELOS EFECTUADO A LA SUBRASANTE D ELA VIA

Figura 34 Ensayos de Granulometría y Límites de Atterberg







Figura 35 Ensayo de Proctor



Figura 36 Ensayo de gravedad Específica

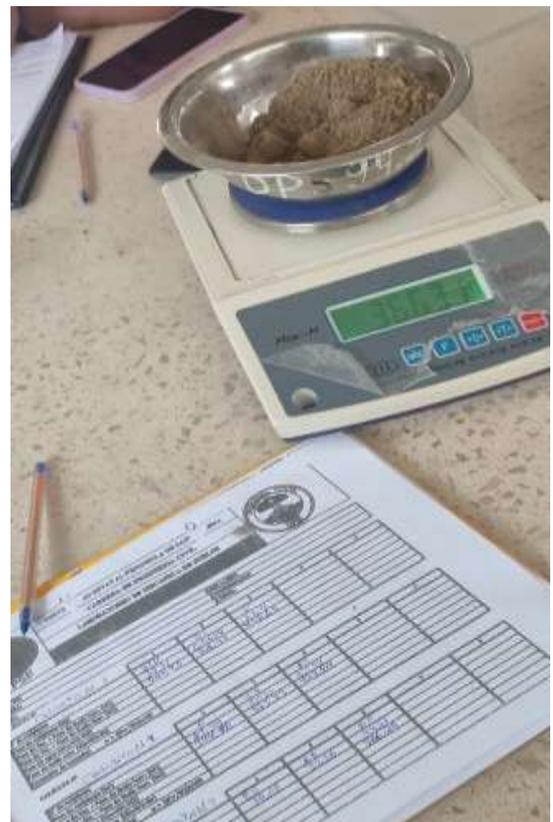
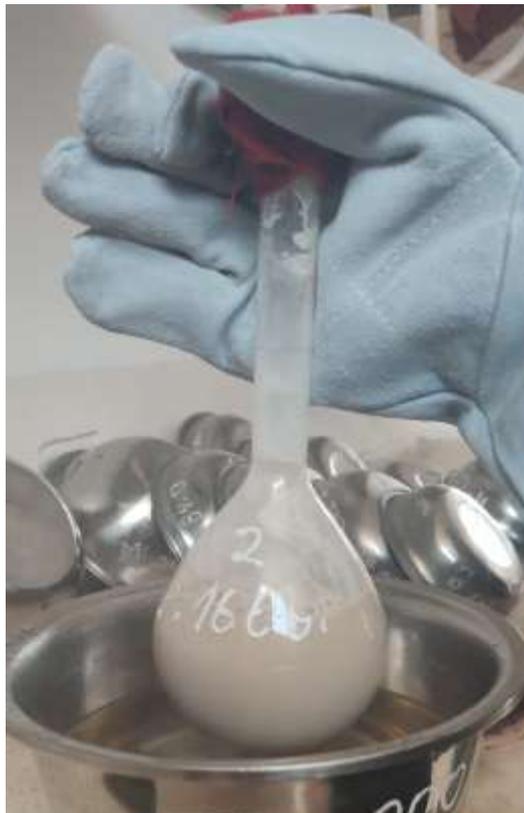


Figura 37 Registro de los datos del estudio de suelos

MUESTRO		MUESTRO CONTINUANTE		MUESTRO	
SUCESOS		OBSERVACIONES		MEDICIONES	
1	2	1	2	3	4
a) Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente	
o Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente	
moedid		Humedad		Humedad	
apilante		Recipiente		Recipiente	
Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4
Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30
Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40
Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200
o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado
b) Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente	
o Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente	
moedid		Humedad		Humedad	
apilante		Recipiente		Recipiente	
Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4
Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30
Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40
Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200
o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado
c) Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente		Peso Húmedo+Recipiente	
o Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente		Peso Seco +Recipiente	
moedid		Humedad		Humedad	
apilante		Recipiente		Recipiente	
Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4	Retenido Tamiz Nº 4
Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30	Retenido Tamiz Nº 30
Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40	Retenido Tamiz Nº 40
Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200	Retenido Tamiz Nº 200
o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado	o Seco Después lavado	Peso Seco Después lavado

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

UPSE

PROYECTO: LA 22/0078 FECHA: 12/12/2022 UBICACION: COORDEINADAS

MUESTRA: Calicata 11 CUESTIONARIO: 11

Nº de recipientes	1	2	3	4	5
Peso de recipientes (NR)	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51
Peso de Seco + Peso de Suelo Seco (WS)	340.75	340.75	340.75	340.75	340.75
Peso de Seco + Peso de Suelo Húmedo (WH)	348.51	348.51	348.51	348.51	348.51
Peso de agua (W=WH-WS)					
Peso de suelo seco (S=WS-NR)					
Contenido de humedad	= $\frac{W}{S} \times 100$ (%)				

CALICATA Nº Calicata 11

Nº de recipientes	1	2	3	4	5
Peso de recipientes (NR)	54.09	54.09	54.09	54.09	54.09
Peso de Seco + Peso de Suelo Seco (WS)	300.75	300.75	300.75	300.75	300.75
Peso de Seco + Peso de Suelo Húmedo (WH)	306.69	306.69	306.69	306.69	306.69
Peso de agua (W=WH-WS)					
Peso de suelo seco (S=WS-NR)					
Contenido de humedad	= $\frac{W}{S} \times 100$ (%)				

CALICATA Nº Calicata 11

Nº de recipientes	1	2	3	4	5
Peso de recipientes (NR)	81.51	81.51	81.51	81.51	81.51
Peso de Seco + Peso de Suelo Seco (WS)	340.75	340.75	340.75	340.75	340.75
Peso de Seco + Peso de Suelo Húmedo (WH)	348.51	348.51	348.51	348.51	348.51
Peso de agua (W=WH-WS)					
Peso de suelo seco (S=WS-NR)					
Contenido de humedad	= $\frac{W}{S} \times 100$ (%)				

ANEXO VI
REGSITRO FOTOGRÁFICO DEL
ESTUDIO DE SUELOS EFECTUADO A
LA SUBRASANTE D ELA VIA

Figura 39 Registro de cálculos Granulométricos

SERIE GRUESA				
TAMIZ ASTM ABERTURA/N°		MASA RETENIDA		%PASANT.
		PARCIAL	ACUMULADA	ACUMUL.
600, mm	24 "			
300, mm	12 "			
150, mm	3 1/2 "			
75, mm	3 "			
63, mm	2 1/2"			
50, mm	2 "		0	100,00
38,1 mm	1 1/2 "	44,5	40,68	86
25, mm	1"	59,87	95,40	67
19, mm	3/4 "	18,48	112,29	61
12,5 mm	1/2 "		0,00	100,00
9,5 mm	3/8 "	35,4	144,65	49,9
4,75 mm	N°4	27,43	169,72	41,26
Pasa N° 4		130,4	119,19	

SERIE FINA					
TAMIZ ASTM ABERTURA/ N°		MASA RETENIDA		% PASANTE	% PASANTE
		PARCIAL	ACUMULADA	ACUMULADO	CORREG-
2,36 mm	N° 8				
2, mm	N° 10	58,35	58,35	78,72	32,48
1,18 mm	N° 16				
0,85 mm	N° 20				
0,60 mm	N° 30				
0,425	N° 40	73,54	131,89	51,90	21,41
0,3 mm	N° 50				
0,15 mm	N° 100				
0,075	N° 200	102,53	234,42	14,51	5,99
PASA N° 200					
MASA INICIAL DEL MATERIAL PARA EL LAVADO=					300
MASA FINA CORREGIDA POR HUMEDAD DE LOS FINOS=					274,21
MASA SECA TOTAL DEL MATERIAL UTILIZADO PARA EL ENSAYO=					288,91

TAMIZ	PASANTE
600	
300	
150	
75	
63	
50	100,00
38,1	85,92
25	66,98
19	61,13
9,5	49,93
4,75	41,26
2	32,48
0,425	21,41
0,075	5,99



DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS (%)			
PEDRÓN RODADO (>12")			0
CANTO RODADO (12"-3")			0
GRAVA (3"-N°4)	GRUESA (3"-3/4")	38,87	58,74
	FINA (3/4"-N°4)	19,88	
ARENA (N°4-N°200)	GRUESA (N°4-N°10)	8,78	35,27
	MEDIA (N°10-N°40)	11,06	
	FINA (N°40-N°200)	15,43	
FINOS (>N°200)			5,99

CLASIFICACIÓN AASHTO		ÍNDICE DE GRUPO (IG)
A-1	Fragmentos de roca, grava y arena	0

LL	24
LP	21
IP	3