



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN CONSTRUCCIÓN CIVIL SUSTENTABLES

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN CONSTRUCCIÓN CIVIL SUSTENTABLES

TEMA

MÉTODO CONSTRUCTIVO DE VÍAS EN ÁREAS PROTEGIDAS EN LA REGIÓN

COSTA

Autor:

Edgar Daniel Orellana Gutiérrez

Tutor:

Msc. Kléber Alberto Moscoso Riera

GUAYAQUIL-ECUADOR

2022

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Método constructivo de vías en áreas protegidas en la región costa.	
AUTOR: Edgar Daniel Orellana Gutiérrez	TUTOR: Msc. Kléber Alberto Moscoso Riera
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Magister en Ingeniería Civil Mención Construcción Civil Sustentable.
POSGRADO IMAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022	N. DE PAGS: 105
ÁREAS TEMÁTICAS: ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION	
PALABRAS CLAVE: Diseño, áreas protegidas, reserva ecológica, construcción, MTOP, sustentable.	
RESUMEN: El diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras se realizan enfocándose en el impacto al medio ambiente, pero las áreas protegidas poseen características propias que las difieren entre sí. En este trabajo de titulación se hizo el diseño de una vía en un área protegida de la región costa ya que estas áreas tienen grandes similitudes entre sí por estar dentro de la zona tropical y propensa a inundaciones, para lo cual se siguió la metodología vigente, pero tomando en cuenta las necesidades de los visitantes. Mediante una encuesta se comprobó que no se cuenta con la infraestructura vial necesaria y que para que las personas visiten estas áreas y vuelvan a hacerlo era la implementación de una red vial eficiente y segura. Durante el proceso de diseño, se estableció técnicamente que la capa de rodadura no estaba en condiciones de soportar el tráfico de diseño, tampoco	

contaba con señalización adecuada. En cuanto al drenaje no había un sistema superficial, únicamente existían alcantarillas para el cruce de los cuerpos de agua del sector las cuales si cumplían con los estándares de diseño vigentes. Se procedió entonces a diseñar la estructura del pavimento, con la señalización y del drenaje superficial, además se estimó readecuar algunas alcantarillas que se encontraban en mal estado. Luego se realizó el presupuesto, un estimado para mantenimiento anual y por último un análisis económico hasta el final del periodo de diseño, obteniendo como conclusión principal que la vía era sustentable y por lo tanto la metodología constructiva vigente si puede aplicarse en vías dentro de las áreas protegidas del a región costa en el país.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> O
CONTACTO CON AUTOR/ES: Orellana Gutiérrez Edgar Daniel	Teléfono: 0988379366	E-mail: eorellana@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Eva Guerrero López, Directora Departamento Posgrado Teléfono: 042596500 Ext. 170 E-mail: eguerrerol@ulvr.edu.ec Mg. Kléber Aberto Moscoso Riera, Coordinador de Maestría Teléfono: 042596500 Ext. 170 kmoscoso@ulvr.edu.ec	

INFORME TURNITIN

Tesis Orellana

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uta.edu.ec	6%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.ulvr.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.ug.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.uees.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
5	bde.fin.ec	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 1%
Excluir bibliografía Apagado



Firma Tutor:
Ing. Kléber Alberto Moscoso Riera. MGs.
CI: 0908960628

DEDICATORIA

A Dios, sin el que nada es posible. A Él dedico este esfuerzo, por darme el entendimiento y perseverancia necesarios para poder culminarlo, por haber convertido en profesional a este pedazo de barro, a Paty y a Ricky; mi universo, la fuente de mis esfuerzos, de mi lucha, también a mis padres; aunque no están ya conmigo, su amor, sus valores y su ejemplo siguen impregnados en mi alma.

A mis hermanos; cuyo valor y lucha en esta vida aún son mi inspiración. A mi familia, la sanguínea y la política; por su apoyo, su aliento, su confianza, a todos ellos, por su amparo, por su dedicación, por su lucha. Por sumarse y seguir siendo seres imprescindibles en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi querida alma mater, mi cuna profesional a la cual he regresado cual hijo pródigo, veintidós años después en búsqueda de su luz y de sus enseñanzas. Laica, has hecho que mi deuda contigo se haya vuelto mucho más impagable... gracias.

A mis maestros, por sus solidas enseñanzas, su esfuerzo y sobre todo por su ejemplo profesional.

A mi tutor Klever Moscoso por su invaluable guía sin tiempo ni horarios, cualidades más bien de un amigo.

Al nunca olvidado Fausto Cabrera Montes, mi maestro, mi tutor de pregrado, mi amigo, mi ejemplo. El gestor principal de esta maestría y a quien guardo en un rincón muy importante de mi alma y de mi corazón.

A mis compañeros, un puñado de sobresalientes profesionales que compartieron conmigo este sueño. A mis lobas esteparias, mi grupo de estudio, por su apoyo incondicional, por discurrir las nubes de mi mente cuando mi entendimiento flaqueaba.

Para todos ellos expreso mi gratitud por haberme ayudado a que este esfuerzo sea sustentable.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **EDGAR DANIEL ORELLANA GUTIÉRREZ**, declaro bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, **MÉTODO CONSTRUCTIVO DE VÍAS EN ÁREAS PROTEGIDAS EN LA REGIÓN** corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a **La Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil**, según lo establece la normativa vigente.

Guayaquil 14 de enero del 2022



ING. CIV. EDGAR DANIEL ORELLANA GUTIÉRREZ
C.C. 0915008056

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Certifico que el trabajo titulado **“MÉTODO CONSTRUCTIVO DE VÍAS EN ÁREAS PROTEGIDAS EN LA REGIÓN COSTA”** ha sido elaborado por **EDGAR DANIEL ORELLANA GUTIÉRREZ** bajo mi tutoría, y que el mismo reúne los requisitos para ser defendido ante el tribunal examinador que se designe al efecto.

Guayaquil 14 de enero del 2022



MG. ING. CIV. KLÉBER ALBERTO MOSCOSO RIERA
C.C. 0908960628

RESUMEN

En este trabajo de investigación se relacionó la satisfacción entre los usuarios de las vías en las áreas protegidas de la región costa y los criterios y normas predominantes de diseño y construcción en el país. Se buscó establecer si las normas de diseño y procedimientos constructivos vigentes en el común de las vías en el Ecuador se pueden aplicar a las vías de las áreas protegidas en la costa ecuatoriana garantizando la sustentabilidad y satisfacción de los visitantes. La metodología aplicada tiene un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo, método deductivo, técnica de la observación y bibliográfico documental. Para la resolución del problema se estableció la normativa vigente basada en las normas del MTOP, para lo cual se analizó como área de estudio la vía de acceso a la Reserva Ecológica Manglares Chuture, ubicada en la costa ecuatoriana, en la provincia del Guayas. Se determinó parámetros diseño como el horizontal, vertical, pavimento, hidráulico y señalización, realizando los cálculos necesarios para un período de diseño de tráfico 20 años. En cuanto al diseño hidráulico, se pudo comprobar que las estructuras de drenaje de la vía cumplen con la normativa vigente, brindando seguridad a la vía ya que en ninguna parte de la misma el nivel de agua sobrepasó su rasante, únicamente fue necesario el diseño de drenaje superficial. Por último, se realizó su presupuesto de obra y un costo estimado para manteniendo anual y se estableció la sustentabilidad económica de la vía, comprobando su rentabilidad hacia el final del período de diseño.

Palabras claves: Diseño, áreas protegidas, reserva ecológica, construcción, MTOP, sustentable.

ABSTRACT

In this research work, satisfaction among road users in protected areas of the coastal region was related to the prevailing design and construction criteria and standards in the country. The aim was to establish whether the design standards and construction procedures in force in common roads in Ecuador can be applied to roads in protected areas on the Ecuadorian coast, guaranteeing sustainability and visitor satisfaction. The applied methodology has a quantitative approach with a descriptive scope, deductive method, observation technique and documentary bibliography. To solve the problem, the current regulations based on the MTOP regulations were established, for which the access road to the Manglares Chuturo Ecological Reserve, located on the Ecuadorian coast, in the province of Guayas, was analyzed as a study area. Design parameters such as horizontal, vertical, pavement, hydraulic and signage will be changed, making the necessary calculations for a traffic design period of 20 years. Regarding the hydraulic design, it was possible to verify that the drainage structures of the road comply with current regulations, providing safety to the road since in no part of it the water level exceeded its level, it was only necessary the design of Surface drainage. Finally, its work budget and an estimated annual maintenance cost were made and the economic sustainability of the road was established, verifying its profitability towards the end of the design period.

Keywords: Design, protected areas, ecological reserve, construction, MTOP, sustainable.

ÍNDICE GENERAL

INFORME TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	vii
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
CAPÍTULO I	1
MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN.....	1
Tema	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del Problema.....	1
Delimitación del Problema de investigación	1
Delimitación geográfica	2
Delimitación temporal.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Justificación de la Investigación	2
Hipótesis de la investigación.	3
Variable dependiente.....	4
Variables independientes.....	4
CAPÍTULO II	5

MARCO TEÓRICO.....	5
Sustentabilidad en carreteras	6
Definición.....	6
Efecto de las carreteras en los procesos hidrológicos.....	7
El mantenimiento vial en la sustentabilidad	8
Diseño geométrico de carreteras	9
Alcance	9
La Seguridad Vial	11
Componentes del diseño geométrico	11
El Sistema Nacional de Áreas Protegidas	12
Impactos de la accesibilidad	12
Soluciones al impacto en las áreas protegidas.....	15
MARCO CONCEPTUAL	15
Cuenca hidrográfica.	15
Área protegida.....	16
Estación meteorológica.	16
Estudio hidrológico para vías de comunicación.....	16
Escorrentía.....	16
Erosión hídrica.	16
Precipitación.....	16
Tormenta de diseño.	16
Marco Legal.....	17
Leyes Constitucionales.....	17

Ley de Gestión Ambiental.....	18
Normas técnicas constructivas	18
CAPÍTULO III.....	20
METODOLOGÍA / ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Enfoque	20
Tipo de Investigación	20
Técnicas e Instrumentos	20
Población y Muestra	20
Población	20
Variable dependiente.....	22
Plan de recolección de información	23
Técnicas:.....	23
Instrumentos	23
Plan de procesamiento de la información	23
Análisis de los resultados.....	24
Análisis encuestas realizadas	24
Pregunta 1: ¿Cuenta el sector con la infraestructura vial necesaria?.....	24
Pregunta 2: ¿Tiene dificultad al transitar por la zona protegida?	25
Pregunta 3: ¿Las vías están en un nivel adecuado?	26
Pregunta 4: ¿Si se mejoran las vías ud vendría más veces?	27
Pregunta 5: ¿La mejor vía ayudara al desarrollo de proyectos turísticos en el sector?.....	28
INTERPRETACIÓN DE DATOS	29

Interpretación encuestas realizadas.....	29
Pregunta 1	29
Pregunta 2	29
Pregunta 3	29
Pregunta 4	29
Pregunta 5	29
CAPÍTULO IV	30
PROPUESTA DE DISEÑO	30
Titulo	30
Objetivos.....	30
Objetivo general.....	30
Objetivos específicos	30
Justificación	30
Diseño de Drenajes	31
METODOLOGÍA.....	31
Diseño de Tráfico	31
Trafico Promedio Diario Anual de Diseño (TPDA).....	31
Condiciones del Tráfico.....	32
Velocidad de Diseño.....	34
Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	34
a. Radio mínimo de Curvatura.....	34
Alineación Vertical.....	36
- Gradientes mínimas.....	36
- Gradientes máximas	36
Clasificación de la vía.....	36

Estudio topográfico.....	36
Ensayos de suelo.....	37
Clasificación del suelo.....	37
Análisis de resultados	37
Selección CBR para el diseño.....	37
Diseño de pavimento flexible AASHTO 93	38
Tránsito en ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño seleccionado	39
Nivel de confiabilidad (R)	40
Desviación estándar (Z_r).....	40
Desviación estándar global (S_o)	41
Índice de servicialidad (PSI).....	42
- PSI inicial	42
- PSI final.....	42
Módulo de residencia (M_r)	43
Determinación del espesor por capa	43
Determinación del espesor por capa	45
Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1).....	45
Coefficiente estructural de la base (a_2)	47
Coefficiente estructural de la sub-base (a_3).....	48
Coefficiente de drenaje	50
Cálculo de la Estructura de Pavimento Flexible	51
Cálculo del Número Estructural (SN).....	51
Capa de rodadura	56
Sistema de drenaje	57

Diseño de cunetas	57
Caudal de diseño de Manning.....	57
- Ecuación de Manning.....	58
- Ecuación de la Continuidad.....	58
- Radio hidráulico	58
- Área mojada.	58
- Perímetro mojado.	59
- Radio hidráulico.	59
- Determinación del coeficiente de escurrimiento.	61
Diámetros mínimos para alcantarillas	64
Diagnóstico de drenaje existente	64
Señalización vial.....	65
Señalización horizontal.....	66
Señalización vertical.....	66
Señales reglamentarias.....	66
Señales preventivas.....	66
Señales de información.....	67
Señales de trabajo en la vía.....	67
Volúmenes de obra	68
Obras Preliminares	68
Limpieza y desbroce	68
Demolición de estructuras de HA. Existentes, incluye desalojo	68
Movimiento de Tierras	69
Transporte de material de excavación	69
Material de préstamo importado.....	69

Transporte de Material de Préstamo Importado	69
Material de Préstamo Importado	69
Transporte de Material de Préstamo importado	69
Rubros Viales	69
Sub-Base Clase 1 (e=0.15m) (inc. transporte).....	69
Clase 1 (e=0.15m) (inc. transporte).....	70
Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta e=0.15m (2")	
.....	70
(inc. transporte).....	70
Imprimación Asfáltica	70
Obras de Drenaje Pluvial en la Vía (Alcantarillas y Canaletas).....	70
Excavacion y Relleno para Estructura.....	70
Relleno Permeable para Estructuras	70
Transporte de Material de Excavación	70
Acero de Refuerzo en Barras ($f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$).....	70
Hormigon estructural clase "B" ($f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) (inc. inhibidor de corrosion y	
encofrado)+-	71
Hormigon estructural clase "D" ($f'c=140 \text{ kg/cm}^2$) para replantillos.....	71
Hormigon estructural clase "D" ($f'c=140 \text{ kg/cm}^2$) para canaletas	71
Tuberia h.a. 1200mm.....	71
Señalización Horizontal.....	71
Señalizacion horizontal segmentada(pintada de vía 15 cm amarilla o	71
blanca/microesferas).....	71
Señalización Vertical.....	72
Señales al lado de la carretera (450x600) (Informativas).....	72

Plan de Manejo Ambiental	73
Agua para control de polvo	73
ADMINISTRACIÓN	75
Recursos económicos.....	75
Recursos técnicos.....	75
Recursos administrativos	75
PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	75
PRESUPUESTO.....	76
PRESUPUESTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO	78
BENEFICIOS NETOS Y CÁLCULO DE LA TASA DE RENTABILIDAD INMEDIATA	79
RECOMENDACIONES	82
Referencias Bibliográficas	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de isoyetas anuales para 1997	6
Figura 2 Pregunta 1	24
Figura 3 Pregunta 2	25
Figura 4. Pregunta 3	26
Figura 5 Pregunta 4	27
Figura 6 Pregunta 5	28
Figura 7 Estructura del pavimento flexible.....	44
Figura 8 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_1	45
Figura 9 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_2	47
Figura 10 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_3	49
Figura 11. Programa AASHTO 93	51
Figura 12. Espesores para el diseño	54
Figura 13. Cuneta tipo diseñada para el proyecto	58

Figura 14. Estación meteorológica cercana al proyecto.....	62
Figura 15. Señales Reglamentarias	66
Figura 16. Señales Preventivas	67
Figura 17. Señales de información.....	67
Figura 18. Señales de trabajos en las vías	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Línea de Investigación	4
Tabla 2. Limitaciones y coordenadas de la Reserva Ecológica Manglares Churute	17
Tabla 3 Operacionalización de variables	22
Tabla 4 Preguntas para la investigación.....	23
Tabla 5 Pregunta 1	24
Tabla 6 Pregunta 2	25
Tabla 7 Pregunta 3	26
Tabla 8 Pregunta 4	27
Tabla 9 Pregunta 5	28
Tabla 10 Tráfico en hora pico	32
Tabla 11 Tasa de crecimiento de tráfico	33
Tabla 12 Radios mínimos de curva en función del peralte	35
Tabla 13 Clasificación según tráfico proyectado	36
Tabla 14 Clasificación del suelo según el CBR	37

Tabla 15 Límites para selección de resistencia	37
Tabla 16 CBR de diseño	38
Tabla 17 Período de diseño en función al tipo de carretera	39
Tabla 18 Factor de distribución por carril.....	40
Tabla 19 Nivel de confiabilidad.....	40
Tabla 20 Valores de desviación estándar Z_r	41
Tabla 21 Espesores mínimos de asfalto y base según el W18	44
Tabla 22 Valores del coeficiente estructural a_1	46
Tabla 23 Valores del coeficiente estructural a_2	48
Tabla 24 Valores del coeficiente estructural a_2	49
Tabla 25 Calidad de drenaje en la estructura del pavimento.....	50
Tabla 26 Índice de drenaje.....	50
Tabla 27. Diseño de refuerzo método AASHTO 93	52
Tabla 28. Granulometría para los Límites granulométricos para sub-base clase 3	54
Tabla 29. Límites granulométricos para la Sub-base	55
Tabla 30. Límites granulométricos para la Base Límites granulométricos clase 3	55
Tabla 31. Límites granulométricos para la Sub-base	56
Tabla 32. Límites granulométricos para la Sub-base	57
Tabla 33. Coeficientes de rugosidad de Manning.....	57
Tabla 34. Caudales admisibles para diferentes pendientes	60
Tabla 35. Valores de coeficientes de escorrentía	61
Tabla 36. Análisis hidráulico de alcantarillas existentes.	65
Tabla 37. Presupuesto	76
Tabla 38. Presupuesto de mantenimiento	78
Tabla 39. Beneficios y rentabilidad	79

CAPÍTULO I

MARCO GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Tema

Método constructivo de vías en áreas protegidas en la región costa.

Planteamiento del problema

Las carreteras constituyen un factor predominante para la alteración de un ecosistema, las áreas protegidas son muy vulnerables a estos cambios, ya que son creadas para salvaguardar la vida silvestre que se encuentra en peligro por lo que resultan notablemente afectadas ante cualquier alteración. Las vías de comunicación concentran las escorrentías producidas por las lluvias hacia los lugares más bajos de las cuencas hidrográficas, acumulándolas y evacuándolas mediante estructuras hidráulicas que aumentan su velocidad provocando erosión y distorsionando el recorrido natural de los cuerpos de agua.

Sin embargo, para su manejo y conservación son muy necesarias las carreteras en las áreas protegidas en todo el mundo, así como también para el transporte de las poblaciones ubicadas en sus alrededores. En el Ecuador una de las zonas más afectadas durante la temporada invernal es la costa, debido a la predominancia de terrenos bajos y lluvias intensas que la hacen extremadamente vulnerable a inundaciones.

Por esto el cuidado de las áreas protegidas en estos sectores se vuelve crítico, las infraestructuras físicas en esas áreas cada vez son más exigidas a cumplir con la creciente población que las visita en búsqueda de esparcimiento y aprendizaje de nuestras riquezas naturales. Por lo tanto, un sistema de drenaje sustentable es primordial al momento de construir y mantener una carretera. Debido a que de ellas depende el acceso y desarrollo de toda actividad sin afectar el ecosistema de la reserva donde está ubicada.

Formulación del Problema

¿Son sustentables los métodos tradicionales de construcción de las vías dentro de las áreas protegidas de la región costa?

Delimitación del Problema de investigación

Campo: Educación Superior de Postgrado.

Área: Ingeniería Civil.

Aspecto: Descriptiva.

Tema: Método Constructivo de Vías en Áreas Protegidas en la Región Costa.

Delimitación geográfica: Cantón Naranjal, provincia del Guayas.

Delimitación temporal: 6 meses.

Objetivo General

Analizar la sustentabilidad de la construcción de caminos en las áreas protegidas de la región costa, mediante el diseño de una vía con la metodología vigente y comprobando su sustentabilidad al final del período de diseño.

Objetivos Específicos

- Determinar los factores de vulnerabilidad hidrológica de las áreas protegidas de la Reserva Ecológica Manglares Churute en la región costa mediante el análisis del sistema de drenaje existente de la vía de acceso.
- Evaluar la metodología con la cual se diseñan y construyen los drenajes de las carreteras dentro de las áreas protegidas de la región costa.
- Definir alternativas sostenibles para el mejoramiento en el desempeño hidrológico de las vías en las áreas protegidas de la región costa.
- Proponer un diseño sostenible hidráulico para el mejoramiento del drenaje de las áreas protegidas de la región costa.

Justificación de la Investigación

Los impactos ambientales de las carreteras son un problema muy grave en todo el mundo. Cuando se construye una carretera dentro de un área protegida se estudia el impacto que tiene la misma sobre el medio ambiente. El diseño, construcción y mantenimiento se realizan siguiendo normas preestablecidas para las vías en general buscan principalmente la operatividad de la carretera, dejando en los requerimientos ambientales únicamente desde el punto de vista del impacto a este.

El problema se agrava cuando una carretera se encuentra en una zona con alta vulnerabilidad debido a su situación geográfica y por las características de las áreas protegidas a las que sirven. Estas vías se construyen con grava, no poseen infraestructuras de drenaje adecuadas y las instituciones que las operan no poseen recursos propios ni el personal para dar

un adecuado mantenimiento. Para ello es necesario contrastar la información proveniente de los caminos que actualmente están en servicio dentro de las áreas protegidas con las necesidades de drenaje que deberían cumplir dentro de la reserva ecológica.

Esta investigación es muy necesaria e importante debido a que con ella se obtendrá información sobre el estado actual de los caminos dentro de la reserva y se establecerán además mejores prácticas de diseño y construcción que optimicen las condiciones de uso de las vías. Además, está dotada de un gran valor teórico, ya que para identificar los problemas y posibles soluciones es necesario establecer parámetros de diseño, construcción y mantenimiento como el CBR, tráfico de diseño, la escorrentía, el factor de infiltración y el cálculo de las intensidades de lluvias.

Desde el punto de vista económico, es necesario una vía en buenas condiciones para los usuarios mediante la construcción y mantenimiento a niveles aceptables de seguridad y necesidades ambientales. La construcción y mantenimiento de caminos de grava requieren menos equipos y menor costo de materiales que una carretera asfaltada, sin embargo, el asfalto con un adecuado drenaje requiere periodos de mantenimiento menos frecuentes. En una sociedad en donde el turismo ambiental está en auge, es necesaria la implementación de infraestructuras adecuadas dentro de las áreas protegidas que permitan tanto la conservación como las facilidades al turista que las visita.

El aporte de esta investigación al egreso de la maestría es muy amplio debido a que es necesaria la utilización de conocimientos que están contemplados en el programa de la misma, reforzando de esta manera su aprendizaje. Por lo expuesto, este estudio proporcionará información sobre nuevas metodologías, técnicas y procedimientos adecuados de diseño, construcción y mantenimiento de caminos en las áreas protegidas de la región costa desde el punto de vista de uno de los factores que más influye en su deterioro, como lo es el hidrológico. Esto hará que se beneficie el cien por ciento del turismo en las áreas protegidas y también de las personas que habitan el sector.

Hipótesis de la investigación.

Las carreteras en las áreas protegidas de la región costa no son sustentables desde el punto de vista hidrológico. La metodología con la cual se diseñan, construyen y mantienen no son las adecuadas para garantizar su sostenibilidad, además sus estructuras viales y de drenaje

impiden el desarrollo de las actividades turísticas. Es posible implementar mejoras que logren la sostenibilidad de las carreteras en las áreas protegidas de la región costa.

Variable dependiente

La sustentabilidad hidrológica de las carreteras en las áreas protegidas de la región costa desde el punto de vista de su construcción.

Variables independientes

La magnitud de lluvia extraordinaria a las que se son sometidas las carreteras de las áreas protegidas de la región costa durante las temporadas de lluvia, principalmente durante los eventos del fenómeno del niño.

La influencia del escurrimiento superficial producido por un evento de lluvia extraordinario sobre la carretera y las estructuras de drenaje.

El establecimiento de nuevas técnicas de diseño y construcción para reducir la erosión de las cuencas hidrográficas aguas arriba y aguas abajo, producto de la concentración de aguas lluvias provocadas por las estructuras de drenaje de las carreteras en las áreas protegidas.

El volumen y tipo de tráfico real existente, el cual por sus características es diferente en las áreas protegidas respecto al común de las carreteras. Este factor es importante ya que con ello se obtiene las características y el orden de la vía, y por lo tanto sus dimensiones y requerimientos geométricos con los que se diseña el sistema de drenaje.

Tabla 1. Línea de Investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN			
ULVR		FIIIC	Sub-línea
Urbanismo	y	Materiales de Construcción	Materiales
ordenamiento			innovadores en la
territorial	aplicando		construcción.
tecnología de construcción			
eco-amigable, industria y			
desarrollo de energías			
renovables.			

Fuente: ULVR (2020)

Elaborado por Orellana(2022)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Los procesos de diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras se realizan enfocados en el impacto al medio ambiente, sin embargo, las áreas protegidas poseen necesidades propias de cada una debido a sus características que difieren entre sí. Una de las soluciones a esta problemática es la implementación de la sustentabilidad en estos procesos, por lo que es necesario comprender algunos conceptos claves en este tema de estudio. Entre los cuales se encuentran la sustentabilidad en carreteras, el diseño de carreteras y áreas protegidas.

Trenouth, Gharabaghi, & Farghaly indica que el drenaje superficial de las aguas lluvias en las carreteras ubicadas en las áreas ecológicamente vulnerables es uno de los factores preponderantes para el deterioro de las cuencas hidrográficas en el mundo. (Trenouth, Gharabaghi, & Farghaly, 2017).

Evidentemente este factor se ve ahondado cuando existe un evento de lluvia extraordinario como el fenómeno climático del Niño, el cual aporta gran cantidad de agua poniendo a prueba el sistema hidrográfico y las estructuras de drenaje.

Durante el último evento de el Niño soportado por el Ecuador en el período 1997-1998, el sector más afectado fue la costa. Según datos del INHAMI, las provincias con mayor cantidad de lluvia acumulada fueron las de Los Ríos y Guayas, tal como lo muestra la figura 1 (INAMHI, 2001).

Las curvas demuestran que durante este fenómeno hubo una acumulación de lluvias por encima de los 6000 mm en los sectores norte y centro de la provincia de Los Ríos, sin embargo, en este sector no existen áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Después de los Ríos, el sector más afectado fue la parte meridional de la provincia del Guayas con precipitaciones acumuladas sobre los 4000 mm. En este sector se encuentra la Reserva Ecológica Manglares Churute, el mismo que cuenta con una red vial que sirve tanto al manejo de la vida silvestre como a las poblaciones ubicadas dentro de la reserva.

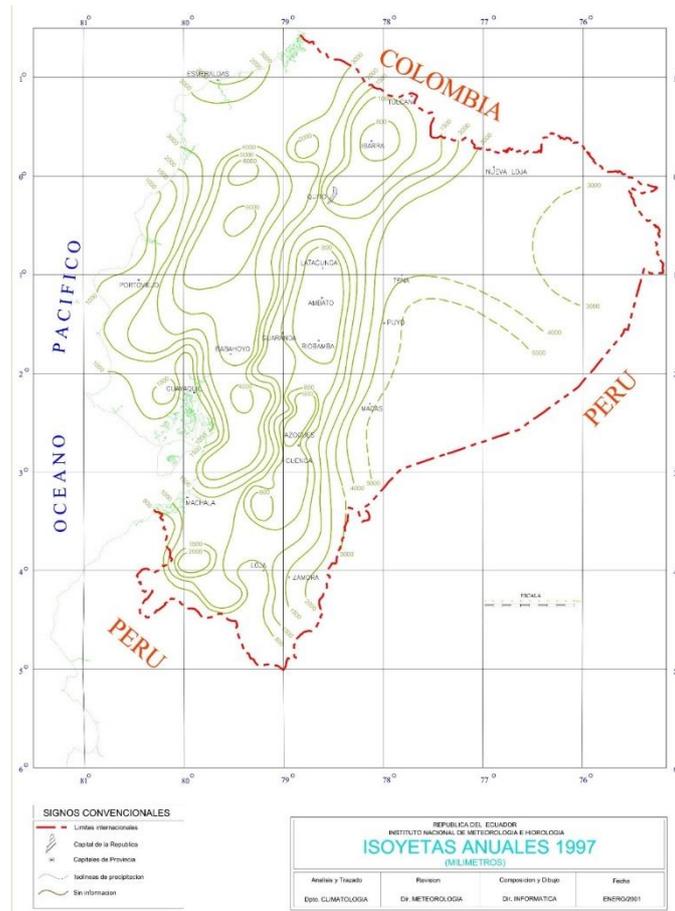


Figura 1 Mapa de isoyetas anuales para 1997
Fuente: (INAMHI, 2001)

Sustentabilidad en carreteras

Definición

Szeto (Szeto, Jiang, Wang, & Sumalee, 2015), expresa que la sustentabilidad se logra mediante la relación íntima de tres aspectos fundamentales: social, económico y ambiental. Pese a esto, los estudios de diseño de redes viales únicamente se enfocan en una o máximo dos aspectos, lo cual impide que los promotores y personas involucradas realicen disposiciones que involucren a los seres humanos beneficiarios de estos proyectos, en todos los aspectos de manera simultánea. Esta descripción nos acerca desde un principio a una problemática muy común que se presenta al momento de realizar un proyecto de carreteras.

También en términos viales, Tarimo (Tarimo, Wondimua, Odecka, Lohne, & Lædrea, 1917) indica que la sustentabilidad de una carretera dentro de un área protegida significa garantizar la suficiente cantidad de material de grava de calidad, el cual es el material fundamental de construcción de vías, procurando un acarreo económico y sin arruinar o trastornar considerablemente la ecología y naturaleza del entorno protegido.

Es decir que se enfoca principalmente en la naturaleza del material con el que se construye las carreteras como solución a los problemas de sustentabilidad, aunque esto puede interpretarse que está dirigido para las fases de construcción y mantenimiento; pero para la etapa de diseño también es fundamental, ya que la construcción y mantenimiento está íntimamente relacionada con el diseño. Es en esta etapa en la cual es fundamental la identificación de estas fuentes de materiales, su distancia de acarreo, disponibilidad, explotación, almacenamiento, calidad del material, etc.

Otra perspectiva al problema de la sustentabilidad es el planteado por Ioannidou (Ioannidou, Meylan, Sonnemann, & Habert, 2017), al establecer que las fuentes de agregados naturales se las considera como un vasto recurso natural en todo el mundo; sin embargo, la realidad es que en algunas zonas ya se experimentan limitaciones en cuanto a la disponibilidad de materiales adecuados y de calidad para la construcción de carreteras, debido a su sobreexplotación.

En todo caso, el enfoque que se da a nivel mundial sobre el tema de la sustentabilidad se refiere a la conjugación armoniosa de estos tres factores: el social, el económico y el ambiental; no se puede establecer la sustentabilidad enfocados en solo una parte de estos factores tal como se lo realiza en el universo de las carreteras en el Ecuador mediante las normas y metodología aplicadas para el diseño y construcción de vías, sobre todo en las que sirven dentro de las reservas ecológicas.

Efecto de las carreteras en los procesos hidrológicos

Según Liu, las vías de comunicación modifican los ciclos hidrológicos, provocando más *erosión* que la natural debido a la alteración de las pendientes tanto longitudinales como transversales a las carreteras (Liu, y otros, 2015). Las carreteras interrumpen los cauces naturales de drenaje de las cuencas hidrográficas, modifican sus condiciones de flujo y los concentran muchas veces en lugares diferentes y que no están preparados para su descarga.

El reciclaje de materiales es una tendencia cada vez más usada al momento de buscar opciones de sustentabilidad en cualquier proyecto de construcción. Una opción que se sugiere para esto es la que menciona Mallick, quien expresa que para la eventual escasez de fuentes de materiales es el reciclaje del material de capa de rodadura asfáltica recuperada para nuevas carreteras, esto para carreteras existentes de ese tipo y a las que se les vaya a efectuar el mantenimiento o rehabilitación (Mallick, Radzicki, Zaumanis, & Frank, 2014).

En el caso de la *estructura de la vía*, es decir, del *diseño, construcción y mantenimiento del pedraplén*, Martínez sugiere considerar el reciclaje de los desechos de construcción como reemplazo parcial de los áridos naturales. De esta manera se puede obtener ahorro debido a los costos de material, extracción y acarreo, así como también la disminución del impacto ambiental relacionado a estas actividades. También se reduciría dicho impacto debido a la disminución de las cantidades de estos desechos en los vertederos o lugares destinados como escombreras. Esta sustitución puede realizarse principalmente en diseños estructurales de las vías en las que se necesitan granulometrías uniformes, es decir con tamaño de partículas poco o nada bien gradadas (Herrador Martínez, 2015).

Para reforzar estas afirmaciones, se puede considerar la afirmación de Mallick (Mallick et al., 2014), quien indica además que, al reciclar un material, se puede demorar la extinción de los recursos naturales. Para ello ya existen varios procedimientos mediante el cual el asfalto de las vías existentes es recuperado, fundido y vuelto a colocar en mezcla con asfalto y agregados nuevos. Además, vuelve a reforzar la idea de que esta alternativa de reciclar asfalto mezclado con agregados de fuentes locales se debe considerar desde las etapas de planificación y diseño de las carreteras, debido a que hay muchas circunstancias que influyen como el tipo y calidad de material disponible en las fuentes de materiales, su distancia de acarreo, disponibilidad de almacenamiento, etc.

El mantenimiento vial en la sustentabilidad

Tarino (Tarino et al., 1917) indica que la sustentabilidad también se logra con carreteras más durables mediante la aplicación de hábitos de mantenimiento mínimo que prevenga el deterioro profundo de las vías, evitando de esta manera medidas profundas y devastadoras para el entorno. Es decir, que la sustentabilidad no siempre se logra minimizando los costos durante su construcción y mantenimiento; muchas veces invirtiendo en una

estructura vial más fuerte y completa minimiza su deterioro y alarga la vía útil de las carreteras, por lo tanto, disminuyen los costos de mantenimiento y su reemplazo.

Estas prácticas de mantenimiento resultan fundamentales, debido a que las vías que no reciben una atención periódica adecuada, con el tiempo terminan muy deterioradas o colapsadas; lo que provoca mayor impacto al entorno debido a que las obras de rehabilitación requieren mayores cantidades de recursos técnicos, materiales y económicos. En nuestro medio las áreas protegidas son administradas por el estado, en muy pocos casos sus recursos provienen de fondos propios, la mayoría dependen de la fluidez con la que son atendidos sus requerimientos por parte del gobierno central. Esto se traduce en vías e infraestructuras deterioradas, con períodos de mantenimiento inadecuados y sensación de abandono en algunos casos.

Moreno Álvarez (Moreno Álvarez, 2018) aclara que la sustentabilidad de cualquier actividad a toda escala es un desafío y a la vez un compromiso a la que se han sometido muchas sociedades internacionales y de varios gobiernos del mundo, quienes, de manera asociada, aúnan esfuerzos con objetivo el producir leyes y políticas colectivas que ayuden a encontrar la estabilidad entre la protección del medio ambiente sin poner en peligro el crecimiento económico y social de los habitantes.

Diseño geométrico de carreteras

Alcance

En cualquier proyecto de ingeniería se debe buscar la satisfacción de tres campos básicos: seguridad, comodidad y economía. Además, explica que la seguridad es el factor más importante que debe considerarse al momento de hacer un diseño geométrico, por lo tanto, se debe valorar en las diferentes etapas del diseño con las técnicas más empleadas en el medio (Posada Henao et. al, 2014).

Según Čičković (Čičković, 2016), la principal misión del diseño geométrico de carreteras es considerar estos dos principios contradictorios: estimular una conducta de conducción adecuada y reducir la actitud temeraria en los usuarios de las vías, debido a que en la práctica no existe una actitud de conducción uniforme. Es decir, cuando un conductor se siente cómodo en una carretera, tiende a descuidar factores que inciden en su seguridad tales como el aumento de velocidad, invasión de carriles de rebasamiento y espaldones, falta de

atención a las señales de tránsito, etc. Es por lo que cuando se proyecta geoméricamente una vía se debe buscar el equilibrio entre estos dos principios.

Siguiendo con el tema de la seguridad, García Ramírez, Zárate, Segarra, & González indican que la manera de establecer la seguridad que brinda una carretera en el sector rural, es a través de los estudios de consistencia de diseño (García Ramírez, Zárate, Segarra, & González, 2017). Es decir, como indica Posada Henao et al. (Posada Henao et al., 2014), que se busca la relación y conformidad entre el diseño geométrico de una carretera y su operabilidad, y el sentido de satisfacción del conductor cuando hace uso de ella. El desempeño de los usuarios de las vías, particularmente su velocidad, se desarrolla de acuerdo al grado de satisfacción y comodidad que disfrutan de la carretera y su entorno, por lo que se puede decir que el diseño geométrico es la parte fundamental del proyecto de una carretera.

Este último enfoque puede ser reforzado con lo que explica (Jiménez, 2016), quien va más allá al señalar que para un entorno sustentable es fundamental estimular un medio ambiente que brinde confianza, es por eso que la seguridad en las carreteras se la entiende como la evaluación de las amenazas, peligros, secuelas y conveniencia al momento de planificar un proyecto. En este caso se establece una relación más clara, al establecer un vínculo entre la seguridad que debe brindar un diseño geométrico y la sustentabilidad de la carretera.

Por otra parte; Davey, Dunstall, & Halgamuge (Davey, Dunstall, & Halgamuge, 2017) incluye al personal de vigilancia, la señalización de la vía y las tachas como los factores del diseño geométrico de la carretera que deben comprender este campo de tensión. Es fundamental considerar debidamente las afectaciones a la ecología que puede producir un diseño geométrico de carreteras. Sin embargo, pese a que los estudios ecológicos pueden explicar gran parte de los efectos negativos del diseño de las carreteras, en la práctica solo dedican al estudio de las vías existentes o al enfoque de políticas generales para vías futuras.

Para ellos (Davey et al., 2017), el comportamiento de los animales, así como el número de individuos pueden resultar muy susceptibles a una ruta o alineamiento con el cual se diseña y construye una carretera, por lo que es imperativo que los estudios y modelos ecológicos se tomen como referencia en el proceso de cálculo y diseño del nuevo trazado de una carretera. Es decir que, con estas consideraciones ecológicas, los diseñadores viales podrán plasmar en su diseño una alineación óptima lo cual a su vez producirá como resultado la sustentabilidad ecológica por largos períodos de tiempo en las nuevas carreteras.

La Seguridad Vial

Según Jiménez, genera transformaciones en los ciudadanos, en los tipos de infraestructuras existentes, en los programas de desarrollo, en el tipo y cantidad de transporte y de manera general en el comportamiento de los ciudadanos. Con ella no solo se estimula nuevos estilos de transportación, pudiendo ser mediante bicicletas o en transporte público o privado, sino que la seguridad que brindan las carreteras se ven reflejadas en la velocidad con la que los ciudadanos transitan a través de ellas, lo que se traduce en un mayor o menor impacto al medio ambiente y a la contaminación atmosférica en sus diversas maneras. La seguridad vial es otro idioma en el cual se comunican las carreteras con el entorno en el cual se desarrolla su trazado, por esa razón es que la seguridad y la sustentabilidad están íntimamente relacionadas entre sí (Jiménez, 2016).

Componentes del diseño geométrico

Para este trabajo de investigación se realizará una propuesta de proceso sustentable desde el punto de vista del diseño geométrico, debido a que es desde su concepción en el espacio donde se definirá mayormente la sustentabilidad de cualquier carretera.

Para Davey et al., el diseño ideal de una carretera respecto a su trazado por un terreno tridimensional está compuesto de dos elementos fundamentales: el alineamiento horizontal, la cual consiste en el recorrido visto en planta, es decir desde arriba; y el alineamiento vertical, que se plasma en el perfil longitudinal de la carretera. El propósito principal al momento de diseñar una carretera es prever un diseño que produzca el menor costo esperado en la construcción de la misma, así como también establecer costos operativos mínimos saltándose tiempos considerablemente altos mediante la adopción de algunas limitaciones o restricciones a la circulación (Davey et al., 2017).

Estos criterios son ampliamente conocidos por los diseñadores viales, sin embargo, pocos son los diseños geométricos que se enfocan en la sustentabilidad. Al momento de diseñar una carretera, tal como lo explica Lopez Lambas & Ricci, el tráfico se considera un parámetro fundamental de diseño, tal es así que su análisis debe ejecutarse previo a cualquier decisión dentro del diseño vial y de las consideraciones a implementar durante su implementación. Los procesos empleados comúnmente que para el desarrollo de este análisis toman en cuenta lo siguiente: el reconocimiento del sector donde se realizará el estudio utilizando planos cartográficos precisos en donde se encuentran inmersas las áreas protegidas; la identificación

de los sectores donde se encuentran emplazadas las actividades sociales y económicas de los beneficiarios del proyecto; el análisis de la morfología característica y funcional del sistema de transporte de la zona, la identificación de la zona del estudio según su uso del suelo, los requerimientos de transporte y su proyección en el marco del período de diseño seleccionado, etc (Lopez Lambas & Ricci, 2014).

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Según Onofa Guayasamín, el estado ecuatoriano ha instituido el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) para conseguir que la población satisfaga ejerza sus derechos de accesibilidad a la naturaleza en un entorno de sustentabilidad del medio ambiente, dentro del ámbito territorial y global. El SNAP, incorpora aproximadamente al 20% del territorio nacional. No obstante, hay muchos factores como el crecimiento poblacional, el desenvolvimiento de labores extractivas, el cambio climático, etc., que consisten en la causa fundamental de las tensiones que ponen en peligro la biodiversidad y por tanto a las Áreas Protegidas a corto, medio y largo plazo (Onofa Guayasamín, 2017).

Como caso de estudio, se realizará la propuesta de investigación en el sistema vial del Área Nacional de Recreación Parque Lago, el cual está administrado por el SNAP. El ingreso al área se encuentra en el km 26 de la carretera Guayaquil – Salinas, posee también varios caminos de segundo orden que son de difícil acceso en época lluviosa, como la vía Casas Viejas (km 22), la Ciénega – Aguas Negras y la vía que une La Frutilla y La Teresita (km 30 de la carretera Guayaquil – Salinas). (Sistema Nacional de Áreas Protegidas, s.f.).

Impactos de la accesibilidad

Una de las de las maneras de medir este impacto es el que propone Mallick et al., cuando indican que la tasa de construcción, de manera especial el de las carreteras, es un indicador del crecimiento económico de un país. Cuando este crecimiento se encuentra en su etapa inicial, la red vial es insipiente, con muy pocas carreteras y por lo tanto hay una cantidad muy baja de kilómetros que habrá que darles mantenimiento. Posteriormente, conforme se va desarrollado el sistema vial, habrá menor cantidad de carreteras nuevas en construcción, pero más carreteras a las que se deberán dar mantenimiento y rehabilitación periódica ya que estarán en el final de sus períodos de diseño.

Esto hace que el requerimiento de fuentes de materiales se mantenga constante, sin embargo, el tipo de uso de esos materiales ira cambiando con el tiempo. Al inicio del desarrollo de una región, las fuentes de materiales cercanos pueden ser fáciles de escoger. La disponibilidad de tales fuentes con el tiempo llega su punto crítico en el momento en que la cantidad los agregados locales disminuyen o se agotan. Para contrarrestar la ausencia de agregados locales, será necesaria la utilización de fuentes de agregados no locales. Esto se traduce en mayor distancia de acarreo debido a que las volquetas deberán viajar más lejos para el transporte del material necesarios para la construcción de los proyectos viales, lo que a su vez producirá un aumento de las emisiones y gastos en combustibles (Mallick et al., 2014).

En nuestro país en los últimos años se ha experimentado un auge del turismo ecológico, por lo cual Tverijonaite, Ólafsdóttir, & Thorsteinsson, explica que cuando un país experimenta aumento del turismo centrado en la naturaleza, la utilización de las áreas protegidas como lugares de esparcimiento genera requerimientos de nuevas y mayores infraestructuras y sistemas de acceso adecuados, lo que hace probable que dicho incremento afecte al entorno natural lo que a su vez produce un efecto de rebote ya que también se altera la sensación de satisfacción del visitante haciendo que cambie el tipo de turismo que se desarrolla en estas áreas. (Tverijonaite, Ólafsdóttir, & Thorsteinsson, 2018).

Lopez Lambas & Ricci, al respecto manifiestan que el transporte a través de un área protegida debe atender los requerimientos del entorno que encierra, los cuales se pueden manifestarse principalmente de las siguientes maneras: el turismo, que se manifiesta según la extensión del tiempo de las visitas principalmente en los períodos vacacionales o fines de semana y feriados; actividades de excursión, alpinismo de montaña, ecoturismo, picnics, acampamiento, etc; y por último la movilización regular de los habitantes de los sectores aledaños y que tienen que transitar a través de una determinada área protegida para llegar a sus viviendas o lugares de trabajo.

Esta movilidad se manifiesta variablemente de acuerdo con la estación del año, incluso también dependiendo del recorrido que debe hacer el visitante entre su lugar de origen y donde se encuentra ubicada el área protegida y sus atractivos. El este tipo de visitas dependen de los objetivos de los visitantes, que varían entre los grupos organizados en vehículos acondicionados para tal efecto, grupos familiares, excursionistas blandos que solo se movilizan por las vías primarias hacia las áreas aledañas hasta llegar a los excursionistas duros que se

salen de los caminos principales y se adentran a lugares apartados (Lopez Lambas & Ricci, 2014).

Tverijonaite et al, refuerzan estas teorías al explicar que el desarrollo de la infraestructura después de una mejor accesibilidad cambia posteriormente el atractivo de los destinos de la naturaleza y reduce el rango de oportunidades recreativas para los visitantes (Tverijonaite et al., 2018). El mismo autor expone que cuando se atiende al requerimiento del aumento de cantidad y calidad en la infraestructura y accesibilidad en las áreas protegidas, el interés de los visitantes por estos destinos naturales cambia o disminuye ya que se ven reducidas su calidad recreativa debido a la percepción de aglomeración que experimentan (Tverijonaite et al, 2018).

Según experiencias estudiadas en campo, Vandanjon, y otros dan a entender que los datos tomados mediante mediciones de tráfico reales indican que en vías con un trazado optimizado se reduce en un 6% el consumo total de energía primaria y en un 8% el potencial de calentamiento global (GWP) (Vandanjon, y otros, 2019).

Como ejemplo, Barber, Cochrane, Souza Jr., & Laurance, exponen que en la región amazónica, las redes viales de carreteras no oficiales o ilegales, que se ubican en las cercanías de la selva se concluyen que son uno de los factores más importantes que estimulan la deforestación en este sector del planeta; y que además las áreas protegidas constituyen un elemento atenuante de esta afectación al ecosistema (Barber, Cochrane, Souza Jr., & Laurance, 2014). Es decir que, si las carreteras constituyen en un factor importante del impacto ambiental, las redes viales no oficiales que se construyen sin una metodología adecuada para las áreas protegidas lo son mucho más.

En base a lo expuesto está claro que, si no se atiende el principio de sustentabilidad, es decir sino se conjugan sus principios básicos que son: social, económico y ambiental; la implementación y ampliación de nuevas infraestructuras de accesibilidad producirán un impacto dramático a la naturaleza, contraponiéndose de esta manera al propósito principal para el que fueron creadas las áreas protegidas en el Ecuador.

Al respecto, Barber et al., indican que es cierto que las áreas protegidas son útiles al momento de evaluar los resultados de su efecto mitigador en la deforestación de los bosques, sin embargo, tampoco constituyen una solución definitiva a dicho efecto. Para un mejor resultado es necesario una adecuada planificación y evaluación de las amenazas previa la implementación de toda nueva construcción de carreteras dentro de las áreas protegidas. La

restricción del acceso a los bosques es en definitiva el principal elemento desalentador para el desbroce de la tierra, pero además el control, el seguimiento de vigilancia y la aplicación de las restricciones y normas del uso de la tierra con de relevancia fundamental para reducir al mínimo las labores de deforestación (Barber et al., 2014).

Soluciones al impacto en las áreas protegidas

Una solución para correlacionar el diseño de una carretera con las necesidades de una determinada área protegida es la que propone Puodziukas, Svarpliene, & Braga, quienes indican que se puede realizar los estudios de factibilidad y de impacto ambiental, tomando siempre presente que la implementación de una red vial sustentable debe obedecer a los 3 fundamentos principales de la sustentabilidad según ellos: disminuir el impacto sobre el cambio climático, en la salud humana y la diversidad biológica (Puodziukas, Svarpliene, & Braga, 2016).

Desde el punto de vista del impacto ambiental, Vandanjon, y otros estiman que para lograr una perspectiva más clara y se fundamenta primordialmente en modelos estadísticos sintetizados (Vandanjon, y otros, 2019).

Para canteiro, Córdova-Tapia, & Brazeiro, al momento de valorar, observar y prevenir las afectaciones que el turismo provoca en las áreas naturales protegidas; la Evaluación de Impacto del Turismo es un instrumento práctico para lograr una administración turística sostenible (Canteiro, Córdova-Tapia, & Brazeiro, 2018).

En definitiva, existen varias maneras de mitigar el impacto en las áreas protegidas, las cuales serán útiles al momento de evaluar y tomar decisiones para lograr un nuevo diseño del proceso para la construcción de carreteras en áreas protegidas.

MARCO CONCEPTUAL

Cuenca hidrográfica.

Es una extensión de tierra cuyo drenaje se realiza mediante un único efluente, el mismo que puede ser un río, estero, canal, subdren, etc. Está delimitado por una línea o parte aguas, que define el sentido del escurrimiento entre la cuenca estudiada y las vecinas.

Área protegida.

Son lugares con geografía definida, admitida y operada utilizando la legislación vigente y otros instrumentos eficientes para conseguir la preservación de los ecosistemas, servicios de recreación y educación, así como también su validez cultural asociada a su ubicación.

Estación meteorológica.

Es el sitio donde se encuentran instalados instrumentos con el fin de medir y observar parámetros que definen el comportamiento de la atmósfera.

Estudio hidrológico para vías de comunicación.

Es el análisis y registro que describen el comportamiento de los recursos hídricos de una cuenca y las consecuencias que puede ocasionar a una construcción.

Escorrentía.

En hidrología es la capa restante de agua que se desplaza por encima del terreno de una cuenca, después de haberse producido la evapotranspiración y la infiltración por entre las partículas de suelo. Por lo general se lo mide mediante un coeficiente adimensional o también mediante un porcentaje.

Erosión hídrica.

Es la producida por efecto del agua mediante el arrastre de los suelos suspendidos, aplanando o desgastando la superficie del terreno. En casos extremos puede llegar a producir el colapso de grandes estructuras.

Precipitación.

Es la cantidad de agua que cae sobre un área y que se origina en la humedad de la atmósfera, manifestándose en forma líquida (lluvia), o en forma sólida (escarcha, nieve, granizo).

Tormenta de diseño.

Es una proyección de precipitación que sirve para emplearse en el diseño hidrológico – hidráulico de una carretera. Frecuentemente se utilizan como datos de entrada en el estudio de patrones de lluvia–escorrentía en la elaboración de hidrogramas en las avenidas de las cuencas.

Marco Legal.

En Ecuador las áreas protegidas se ciñen a varios instrumentos legales que las delimitan en cuanto a sus funciones, objetivos y el grado de protección que deben cumplir. En este campo, existen varios tipos de áreas protegidas dentro de las cuales se encuentran las reservas ecológicas como la Manglares Churute.

Leyes Constitucionales

En la sección segunda, artículo 397, numeral 4 de la constitución política ecuatoriana vigente establece que el estado se compromete a garantizar la invariabilidad de las áreas naturales protegidas, manteniendo la biodiversidad y los ecosistemas. En la sección tercera, artículo 405 de la misma constitución fija responsabilidades y funciones al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, haciéndola responsable de asegurar la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. Prohíbe además la propiedad privada o concesiones, para personas jurídicas y naturales, en las áreas protegidas. Mientras que el artículo 407 de la misma sección se establece la prohibición de cualquier labor de explotación de recursos no renovables dentro de las áreas protegidas, con algunas excepciones.

La *Reserva Ecológica Manglares Churute* fue creada mediante decreto No. A-322 del 26 de julio de 1979 y promulgado en el art. 8° del registro oficial N° 69 del 20 de noviembre de 1979 por el presidente de la república abogado Jaime Roldós Aguilera, quedando sus límites entre las siguientes coordenadas:

Tabla 2. Limitaciones y coordenadas de la Reserva Ecológica Manglares Churute

Longitudes				Latitudes			
79 °	35 '	11 "	W	2 °	23 '	43.5 "	S
79 °	37 '	46 "	W	2 °	24 '	4 "	S
79 °	33 '	41 "	W	2 °	22 '	33.5 "	S
79 °	43 '	8 "	W	2 °	24 '	15 "	S
79 °	41 '	40 "	W	2 °	24 '	56 "	S
79 °	42 '	7.5 "	W	2 °	26 '	18 "	S
79 °	44 '	10.5 "	W	2 °	25 '	42 "	S
79 °	47 '	46 "	W	2 °	23 '	6 "	S
79 °	48 '	20 "	W	2 °	19 '	40 "	S
79 °	49 '	24 "	W	2 °	20 '	17 "	S
79 °	46 '	9 "	W	2 °	32 '	52 "	S
79 °	42 '	27 "	W	2 °	36 '	44 "	S
79 °	41 '	22 "	W	2 °	34 '	39 "	S
79 °	39 '	3 "	W	2 °	33 '	33 "	S
79 °	38 '	45 "	W	2 °	29 '	57 "	S
79 °	29 '	36 "	W	2 °	28 '	42 "	S
79 °	44 '	30 "	W	2 °	28 '	4.5 "	S

79 °	40 '	34 "	W	2 °	25 '	0 "	S
79 °	38 '	10 "	W	2 °	25 '	30.5 "	S
79 °	37 '	24 "	W	2 °	26 '	5 "	S
79 °	8 '	0 "	W	2 °	27 '	27 "	S
79 °	34 '	11.5 "	W	2 °	27 '	56 "	S
79 °	34 '	11.5 "	W	2 °	27 '	56 "	S
79 °	35 '	11 "	W	2 °	23 '	43.5 "	S

Fuente: (Constitución de la república del Ecuador, 2008). Elaborado por: Orellana (2022)

Ley de Gestión Ambiental

Promulgada mediante suplemento del registro oficial 418 del 10 de septiembre de 2004, es la que establece las directrices de política ambiental dentro del territorio ecuatoriano, imponiendo obligaciones y responsabilidades tanto al sector público como al privado. En el capítulo I del Desarrollo Sustentable indica los lineamientos en los que se enmarca las políticas generales de desarrollo sustentable que buscan la conservación del patrimonio natural del estado.

En el capítulo III de los Mecanismos de Participación Social, se establecen los derechos de las personas, ya sean naturales o jurídicas, de asociarse para ser informada sobre cualquier actividad de las Instituciones del Estado que puedan producir impactos ambientales. En el capítulo V de los Instrumentos de Aplicación de Normas Ambientales, se establecen las aplicaciones que deben para establecer los parámetros de calidad, normas de efluentes y emisiones, de calidad de productos, permisos y licencias, evaluaciones de impacto ambiental, etc.

Normas técnicas constructivas

Las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas más empleadas son las MOP-001-F y MOP-001-E generadas en 1974 con un intento de actualización en 2012 mediante las llamadas *Normas Nevi*. Ha habido otros intentos para actualizarlas, pero incluso en esferas gubernamentales, estas son las que siguen empleándose en la actualidad. Todas estas normas se basan a su vez en normas extranjeras, principalmente en cuando se refiere al suelo y estructura del pavimento y puentes.

Las normas Nevi del MTOP constan de 6 volúmenes enfocados a cada proceso de implementación de proyectos viales: Procedimiento de desarrollo vial, normas de diseño, especificaciones técnicas para la construcción, estudios ambientales, procedimientos de operación y seguridad vial, y por ultimo el mantenimiento de carreteras. Cada una de ellas

constan a su vez de normativas para la preservación del patrimonio ecológico, buscando principalmente la mitigación del impacto ambiental en las labores de sus respectivas áreas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA / ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Enfoque

El enfoque de la investigación será cuantitativo porque el tipo de diseño vial usa medidas como: La topografía es cuantitativo porque se usan medidas en planimetría, altimetría y diferencias de nivel. El periodo de diseño es cuantitativo por que se utilizan medidas al analizar los datos de los códigos de construcción para poder apreciar el periodo en el cual la vía funcione en buenas condiciones.

Tipo de Investigación

La investigación es mixta ya que será tanto cuantitativa como cualitativa, ya que se necesita s buscar las mejores opciones para diseñar una vía. Además, es de tipo descriptiva, ya que se aborda todo lo relacionado con los habitantes de la comunidad que se encuentra en estudio. Es también explicativa, ya que se expone acerca de la necesidad y los problemas que tiene la comunidad por no contar con una vía de acceso.

Técnicas e Instrumentos

Población y Muestra

Población

“La población o universo como conjunto de unidades de investigación se refiere a personas, instituciones, documentos, hechos, etc., a los cuales hace referencia la investigación y para las que serán válidas las conclusiones que se obtengan”. Muñoz (1983, pág.184). Se desea determinar un método constructivo para zonas protegidas en la zona de la costa, para ello se determinará una muestra para someterla luego a interrogantes y entrevistas, bajo las siguientes condiciones:

N = Universo

p = Varianza de la población (0.25)

N = Corrección o margen de error

Z = Nivel de confianza (95% = 1.96)

E = Error muestral (4%)

n = Muestra

Muestra

Las zonas protegidas en las zonas de la Costa tienen una visita de aproximadamente 289 visitantes de promedio.

Al momento de hacer el conteo de tráfico en el área de estudio, durante la hora pico se pudo comprobar que entraron 289 personas que se movilizaban en vehículos particulares, buses, pesados y motos. En este sentido el tamaño de muestra se puede calcular en base a los siguientes conceptos y fórmulas:

Población (N)

nivel de confianza 95%

$z = 1.96$

probabilidad (p) = 0.10

q = 0.90 error 5%

Muestra = 114

Por lo que, la muestra obtenida es de 114, con un nivel de confianza de 1.96 y un margen de error del 5%. Se aplicará por tanto 114 instrumentos recolección de información que representa una muestra significativa para conocer la realidad del problema sujeta de investigación.

Operacionalización de variables

Variable dependiente La infraestructura vial a continuación se muestra la tabla de la variable independiente.

Tabla 3 Operacionalización de variables

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas
La infraestructura vial constituye la vía y todos sus soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos.	Diseño Geométrico	Alineamiento Horizontal	¿Cuál es el diseño geométrico?	Mediciones-diseño
		Alineamiento Vertical		Estación Total GPS Normas Civil 3D
	Diseño de Pavimento	Subbase	¿Cuál es el diseño de la capa de rodadura?	Toma de muestras-análisis
		Base		Laboratorio de suelos Proctor Standard
		Capa de Rodadura		Observación Encuestas Normas
		Cunetas		Curvas IDF Cuencas de aportacion de aportacion Metodo Racional, Hidrograma Unitacio
	Diseño sistemas de drenajes	Alcantarillas	¿Cuál es el diseño de las cunetas?	Formulas de Manning, Hazen Williams, Darcy

Elaborado por: Orellana (2022)

Variable dependiente

La infraestructura vial de las vías de las zonas protegidas de la costa.

Plan de recolección de información

En el presente proyecto de investigación se utilizará la recolección de información mediante las técnicas e instrumentos.

Técnicas: Encuestas

Instrumentos: Cuestionarios

Tabla 4 Preguntas para la investigación

Preguntas básicas	Explicación
1.- ¿Para qué se investiga?	Se recolectará la información con la finalidad de alcanzar los objetivos de la investigación descritos en el capítulo I Objetivo General Analizar la infraestructura vial del acceso principal del Área Protegida Manglares Churute.
2.- ¿De qué personas u objetos?	Los visitantes a las zonas protegidas de la Costa. - Déficit vial. - Nivel económico. - Nivel cultural. - Área de la zona en estudio.
3.- ¿Sobre qué aspectos?	-Topografía -Alineamiento horizontal y vertical -Vehicular -Peatonal -Sub- base -Base asfalto -Distribución -Costo de operación.
4.- ¿Quién investiga?	El investigador : Edgar Orellana

Elaborado por Orellana (2022)

Plan de procesamiento de la información

• Revisión crítica de la información recogida para tener un adecuado concepto de todas las problemáticas.

• Tabulación de cuadros según variables de cada hipótesis: Cuadro de una variable

• Graficar, representar los resultados mediante gráficos estadísticos

- Analizar e interpretar los resultados seleccionándolas con los diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos de la hipótesis.

Análisis de los resultados

Análisis encuestas realizadas

Se realizaron encuestas a moradores de visitantes a las zonas protegidas de la Costal, obteniendo los siguientes resultados:

Pregunta 1: ¿Cuenta el sector con la infraestructura vial necesaria?

Tabla 5 Pregunta 1

	No. de personas	Porcentaje
SI	45	39.47%
NO	69	60.53%
Total	114	100.00%

Elaborado por Orellana (2022)



Figura 2. Pregunta 1

Elaborado Orellana (2022)

Pregunta 2: ¿Tiene dificultad al transitar por la zona protegida?

Tabla 6. Pregunta 2

Respuesta	No. de personas	Porcentaje
SI	85	74.56%
NO	29	25.44%
Total	114	100.00%

Elaborado por: Orellana (2022)



Figura 3 Pregunta 2

Elaborado por Orellana (2022)

Pregunta 3: ¿Las vías están en un nivel adecuado?

Tabla 7 Pregunta 3

Respuesta	No. de personas	Porcentaje
SI	100	100.00%
NO	0	0.00%
Total	100	100.00%

Elaborado por Orellana (2022)

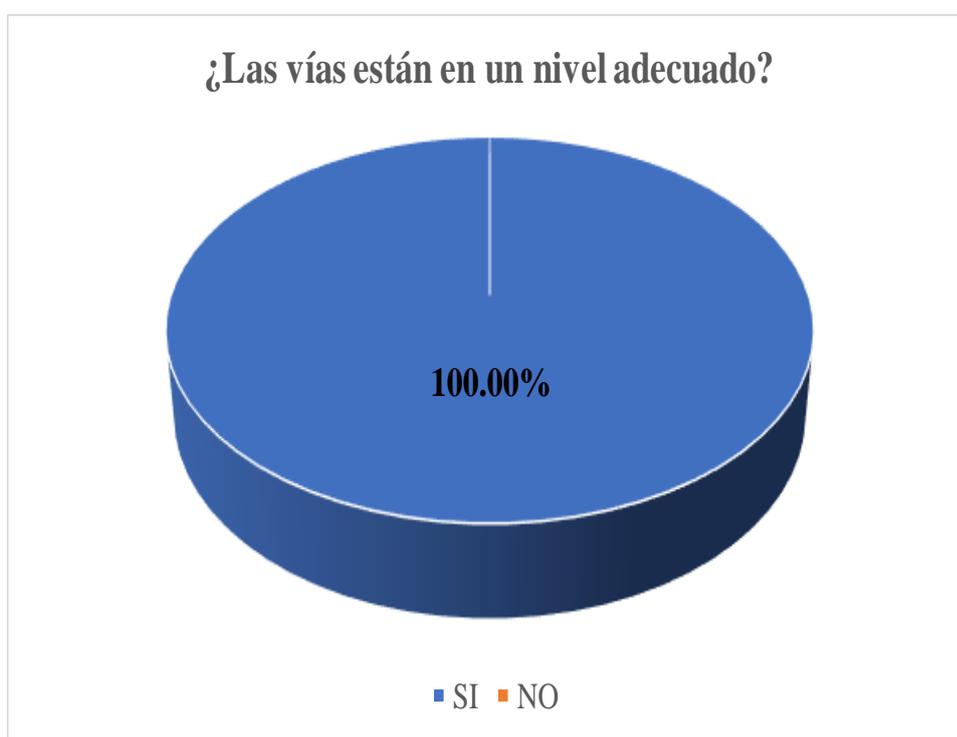


Figura 4. Pregunta 3

Elaborado por Orellana (2022)

Pregunta 4: ¿Si se mejoran las vías ud vendría más veces?

Tabla 8 Pregunta 4

Respuesta	No. de personas	Porcentaje
SI	100	100.00%
NO	0	0.00%
Total	100	100.00%

Elaborado por Orellana (2022)

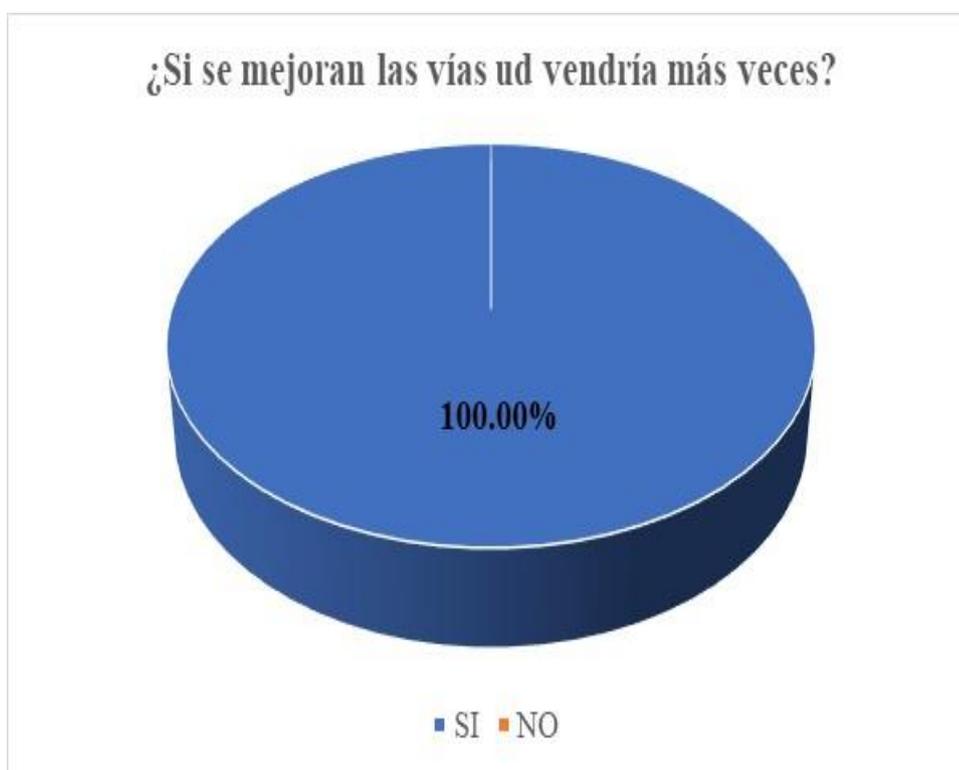


Figura 5 Pregunta 4

Elaborado Orellana (2022)

Pregunta 5: ¿La mejor vía ayudara al desarrollo de proyectos turísticos en el sector?

Tabla 9 Pregunta 5

Respuesta	No. de personas	Porcentaje
SI	82	71.93%
NO	32	28.07%
Total	114	100.00%

Elaborado Orellana (2022)



Figura 6 Pregunta 5

Elaborado Orellana (2022)

INTERPRETACIÓN DE DATOS

Interpretación encuestas realizadas

Pregunta 1

Según las encuestas realizadas el 39.47% de los encuestados afirma que el sector si cuenta con la infraestructura vial necesaria, pero el 60.53% cree que no poseen la infraestructura vial necesaria.

Pregunta 2

El 74.56% de los encuestados tienen dificultad al transitar por la zona protegida, mientras tanto el 25.44% expresa que se traslada sin dificultades.

Pregunta 3

De los encuestados el 100% cree que las vías están en un nivel adecuado.

Pregunta 4

Según las encuestas realizadas el 100% de los encuestados confirma que si irían más veces si se mejoran las vías en el área protegida.

Pregunta 5

El 71.93% de los encuestados consideran que una mejor vía ayudaría en el desarrollo de proyectos turísticos del sector, mientras que el 28.07% no lo considera así.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE DISEÑO

Título

Método Constructivo de Vías en Áreas Protegidas en La Región Costa

Objetivos

Objetivo general

Realizar un método constructivo para las vías en áreas protegidas de la Región Costa.

Objetivos específicos

- Realizar el diseño geométrico de la vía.
- Diseñar el pavimento.
- Diseñar un sistema de drenaje.

Justificación

Con el estudio pertinente se considera realizar un mejoramiento de las condiciones viales existentes, tanto de drenaje como de la capa de rodadura siguiendo las normas sugeridas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

El diseño vial será beneficioso para mejorar las condiciones de movilidad dentro de las zonas protegidas de la región costa. Mejorando las condiciones en las cuales los visitantes se movilizan, mejorando la accesibilidad de los servicios básicos de primera necesidad visitantes

El grado de pertinencia de la investigación es alto, puesto que; generó una guía para

que las zonas protegidas puedan diseñar sus vías. Se realizó el análisis entorno y las condiciones hidrológicas, topográficas de las zonas.

Exposición de los Hechos

Para el diseño de pavimento se tomará en cuenta las consideraciones que se exponen por el AASHTO para pavimentos flexibles analizándose parámetros como el tipo de carretera, de base y sub-base, ofreciendo una óptima capa de rodadura para el buen desempeño de circulación durante la vida de duración de la misma.

Diseño de Drenajes

Es necesario poseer en una vía óptimo sistema de drenaje el cual permita la recolección, conducción y la evacuación de las aguas lluvias, debiendo implementar cunetas, canales, alcantarillas elementos que evitaren en un futuro el deterioro de la vía.

Señalando los sectores en donde se necesite la implementación de pasos de agua así evitando daños perjudiciales para el proyecto vial.

METODOLOGÍA

Se va a realizar el diseño de la propuesta para un sistema constructivo de vías para para zonas protegidas en la Región Costa

Diseño de Tráfico

Trafico Promedio Diario Anual de Diseño (TPDA)

Para el diseño de los elementos de la vía dependeremos del volumen de tráfico que se

genere en la misma, en la variación que tenga en un periodo determinado y de la tasa de crecimiento que genere con el tiempo.

Para esto se procedió a realizar estudios de tráfico en un punto determinado de la vía obteniendo la información de circulación vehicular de la misma.

Condiciones del Tráfico

Para este estudio se procedió a hacer un conteo vehicular donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 10 Tráfico en hora pico

Hora	Vehículos livianos	Buses	Vehículos pesados				Total
			2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes o más	
12:00 a 12:15	3	1	-	-	-	-	4
12:15 a 12:30	4	-	2	-	-	-	6
12:30 a 12:45	3	1	-	-	-	-	4
12:45 a 13:00	4	1	2	-	-	-	7
Total	14	3	4	0	0	0	21

Elaborado por Orellana (2022)

TPDA actual

Utilizaremos un factor de hora pico para el cálculo del TPDA actual del 15% que es considerado para zona rural.

TPDA vehículos livianos

$$TPDA = \#vehículos\ livianos / 0.15$$

$$TPDA = 14 / 0.15$$

$$TPDA = 94\ Vehículos$$

TPDA buses

$$TPDA = \#buses / 0.15$$

$$TPDA = 3 / 0.15$$

$TPDA = 20 \text{ buses}$

Pesados

$TPDA = \#vehículos \text{ pesados}$

$/ 0.15$

$TPDA = 4 /$

0.15

$TPDA = 27$

vehículos pesados

TPDA futuro

El cálculo del tráfico futuro permitirá conocer la demanda que poseerá la vía en un tiempo de diseño determinado, para proyecto se escogió un tiempo de 20 años.

Tabla 11 Tasa de crecimiento de tráfico

Período	Vehículos		
	Livianos	Buses	Pesados
2015-2020	4.47	2.22	2.18
2020-2025	3.97	1.97	1.94
2025-2030	3.57	1.78	1.74
2035-2040	3.25	1.62	1.58

Elaborado por: Orellana (2022)

Cálculo del TPDA para un año

$$TPDA_{\text{futuro}} = TPDA_{\text{actual}} (1 + i)^n$$

Donde:

TPDA: Tráfico promedio diario anual.

i: Índice de crecimiento vehicular

n: Número de años proyectados del diseño vial.

Aplicaremos la fórmula para un periodo de diseño de 2 años (2022).

- Vehículos livianos

$$TPDA_{\text{futuro}} = TPDA_{\text{actual}} (1 + i)^2$$

$$TPDA_{\text{futuro}} = 94 (1 + 3.97\%)^2$$

$$TPDA_{\text{futuro}} = 102 \text{ vehículos livianos}$$

- TPDA buses

$$TPDA_{\text{futuro}} = 20(1 + 1.97\%)^2$$

$$TPDA_{\text{futuro}} = 21 \text{ Buses}$$

Diseño geométrico de Vías

Se procederá con la realización del estudio geométrico de vías en base a los lineamientos expuestos por el manual de Diseño Geométrico del Ministerio Transporte Obras Publicas 2003.

Diseño Horizontal

Velocidad de Diseño

Las condiciones topográficas y físicas del terreno, los volúmenes de tránsito permiten elegir la velocidad de diseño, siendo para el presente estudio un terreno ondulado y en función con nuestros datos del TPDA obtenemos vía de IV orden obteniendo valores de: velocidad recomendada: 50 Km/h y velocidad absoluta: 25 Km/h. Tomamos para este estudio una velocidad de diseño de: 25 Km/h.

Distancia de visibilidad de rebasamiento

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$DVR = 9,54 \times vd - 218$$

Donde:

DVR: Distancia de visibilidad de rebasamiento.

vd: V de Diseño

$$DVR = 9,54 \times 25 - 218$$

$$DVR = 20.5 \text{ m}$$

El MTOP recomienda que para terrenos montañosos de IV Orden la distancia de visibilidad de rebasamiento sea de 110 m, adoptando el valor para los diseños.

a. Radio mínimo de Curvatura

Se utiliza la siguiente formula:

$$min = \frac{vd^2}{127 * (e + f)}$$

Donde:

Rmin: Radio mínimo de curvatura.

vd: Velocidad de Diseño.

e: Peralte.

f: Coeficiente de fricción lateral.

Para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h el peralte será de 10%, mientras que para velocidades de diseño menores a 50 Km/h el peralte tendrá un valor del 8%

Al poseer una velocidad de diseño de 25 Km/h optamos por un peralte de 8% para nuestro diseño.

$$Rmin = \frac{25^2}{127 * (0,08 + 0,315)}$$

$$Rmin = 12,46 \text{ m}$$

Tabla 12 Radios mínimos de curva en función del peralte

Velocidad de diseño Km/h	"f" Máximo	Radio mín. recomendado			
		e=0,10	e=0,08	e=0,06	e=0,04
20	0,350	15	18	20	20
25	0,315	15	20	25	25
30	0,284	20	25	30	30
35	0,255	30	30	35	36
40	0,221	40	42	45	50
45	0,206	55	58	60	66
50	0,190	70	75	80	90
60	0,165	110	120	130	140
70	0,150	160	170	185	205
80	0,140	210	230	255	280
90	0,134	275	300	330	370
100	0,130	350	375	415	465
110	0,124	430	470	520	585
120	0,120	520	570	630	710

Fuente: MTOP 2003

Consideramos para el diseño un radio mínimo de 20 m.

Alineación Vertical

a. Gradientes

- Gradientes mínimas

El Ministerio de Transporte y Obras Publicas en sus normas recomienda una gradiente mínima de 0.5 %.

- Gradientes máximas

Las normas del MTOP recomiendan una gradiente máxima de 12% para terrenos con Topografía montañosa.

Clasificación de la vía

De acuerdo al volumen de tránsito vehicular sobre la vía el MTOP, presenta una clasificación de vía, correspondiendo al proyecto según el estudio de TPDA una clasificación de Carretera TIPO IV.

Tabla 13 Clasificación según tráfico proyectado

Clase de carretera	Tráfico proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: (Rojas Carvajal, 2015)

Estudio topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico en el sector tomando en cuenta y ubicando todos los elementos necesarios que posee la vía para proceder a la representación gráfica de la misma, para el levantamiento, se llegó a un acuerdo con los moradores del sector, permitiéndonos entrar en sus propiedades para la toma de puntos y estaciones necesarias, se definió un ancho de faja de 30 metros aproximadamente a cada lado.

Ensayos de suelo

Clasificación del suelo

Se recogieron un total de 6 muestras del suelo en el lugar del proyecto, realizando calicatas de 1,50 de profundidad en cada punto de extracción del suelo, siendo estas muestras las que proporcionarían los resultados de los ensayos que realicemos.

Análisis de resultados

Del resultado de los ensayos de suelo se pudo determinar que el tipo predominante del suelo es SM (Arena Limosa), obteniendo un CBR de diseño es de 14.2% dándonos a entender que es de una sub rasante Regular-Buena.

Tabla 14 Clasificación del suelo según el CBR

C.B.R	Clasificación
0-5	Muy mala
5-10	Mala
11-20	Regular-Buena
21-30	Muy buena
31-50	Sub Base – Buena
51-80	Base –Buena

Fuente: (Rojas Carvajal, 2015)

Selección CBR para el diseño

Para poder establecer un valor de diseño se nos recomienda tomar un valor percentil en relación al nivel de tránsito que se espera que circule en un futuro por la vía.

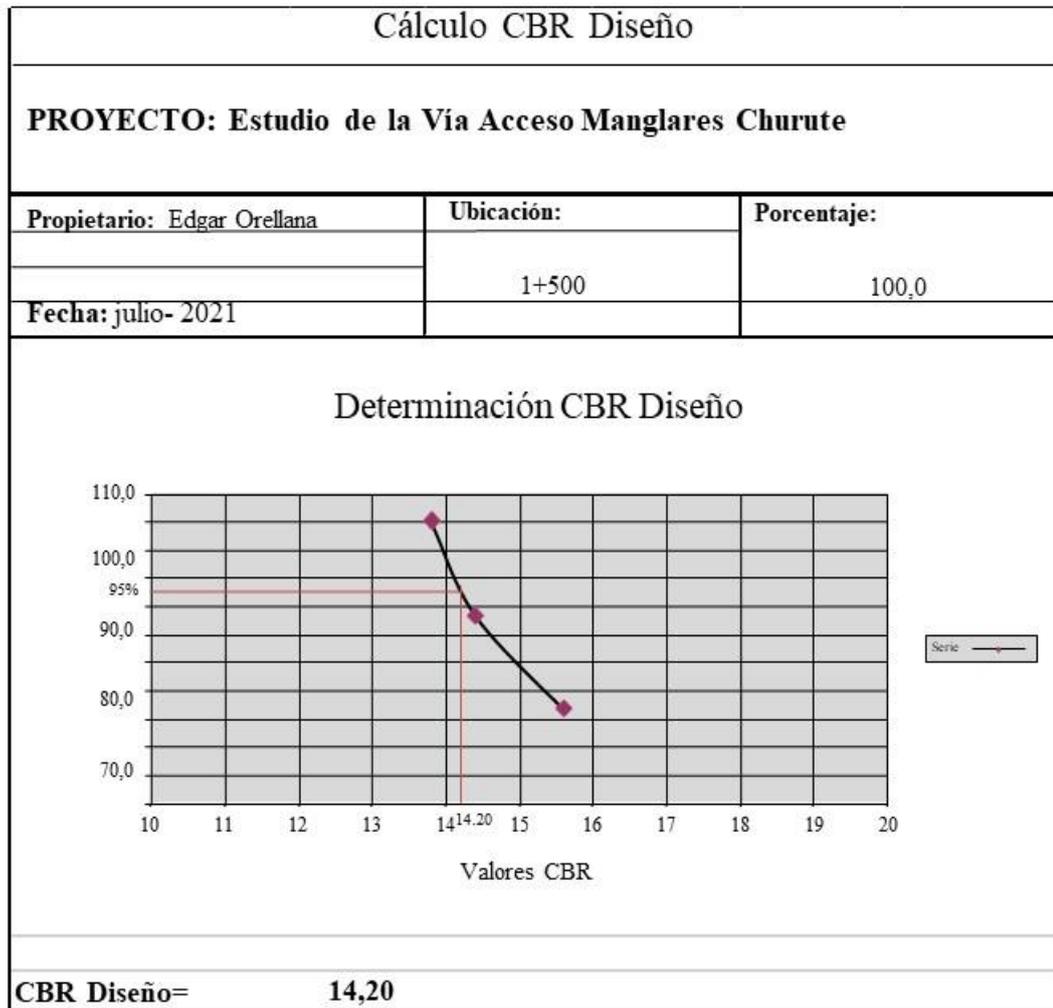
Tabla 15 Límites para selección de resistencia

Número de ejes 8,2 toneladas en el carril de diseño	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia del suelo
< 10 ⁴	60%
10 ⁴ - 10 ⁶	75%
>10 ⁶	87,50%

Fuente: (Rojas Carvajal, 2015)

Para el presente estudio se obtuvo que el número de ejes equivalentes en el carril de diseño proyectado es de 260995 encontrándose en el rango del percentil de confiabilidad de suelo en el 75% dato que utilizaremos en nuestro proyecto para identificar el CBR de diseño.

Tabla 16 CBR de diseño



Elaborado por: Orellana (2022)

Diseño de pavimento flexible AASHTO 93

El diseño se basa en identificar un “Número Estructural SN” para pavimentos flexibles que soporte el nivel de carga solicitada.

Para la determinación del número estructural requerido este método proporciona la siguiente ecuación general en la que involucra los siguientes parámetros:

$$\log_{10}(W18) = Z_{RX}S_o + \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-4,5}\right)}{(SN+1)^{5,19}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07$$

Donde:

W18: Ejes equivalentes.

ZR: Desviación estándar normal.

So: Desviación estándar global. SN: Número estructural.

ΔPSI: Cambio en la serviciabilidad.

MR: Módulo de resiliencia.

Tránsito en ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño seleccionado

Para su cálculo analizamos los ejes equivalentes de 18000 lb (8,2 ton) que circularán durante el periodo de diseño.

Tabla 17 Período de diseño en función al tipo de carretera

Tipo de carretera	Período de diseño
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
Pavimentada de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

Fuente: (Padilla Martínez, 2019)

Nuestro periodo de diseño es de 20 años, establecido anteriormente. Establecemos el porcentaje de tránsito que desarrollará el carril de diseño, para el proyecto que posee un carril por sentido, el porcentaje W18 que circulará por la vía será de 100%.

Tabla 18 Factor de distribución por carril

Número de carriles en una sola dirección	Porcentaje de W18 en el carril de diseño
1	100
2	100-80
3	60-80
4	50-75

Fuente: (Palacios Carvajal, 2017)

Nivel de confiabilidad (R)

Desempeña un factor importante, debido a que se encuentra relacionado con el desempeño que tendrá el pavimento con las solicitudes exteriores. Se puede definir la confiabilidad como la probabilidad que el pavimento que se diseñó se comporte de una manera satisfactoria durante su vida de diseño.

Tabla 19 Nivel de confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99,9	85-99,9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: (C Manterola, 2018)

Se decidió elegir un valor intermedio de 70% debido a que la vía se encuentra en unazona rural agrícola y no presenta grandes cantidades de tráfico.

Desviación estándar (Zr)

Corresponden a los valores de confiabilidad R.

Tabla 20 Valores de desviación estándar Zr

Confiabilidad R, en porcentaje	Desviación estándar normal Zr
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-0,037
90	-0,282
91	-0,340
92	-0,405
93	-0,476
94	-0,555
95	-0,645
96	-0,751
97	-0,881
99	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: (Castro-Vásquez, 2020)

Para este caso al tener un valor de confiabilidad de 70%, el valor de desviación estándar será de -0,524.

Desviación estándar global (So)

Este valor está ligado directamente con la confiabilidad R, en este deberá seleccionarse un valor So, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. AASHTO nos sugiere un rango de desviación de ciertos valores:

- Pavimentos flexibles: $0,40 < So < 0,50$
- Pavimentos rígidos: $0,30 < So < 0,40$

Al ser un pavimento flexible se sitúa en el rango de $0,40 < S_o < 0,50$, donde utilizaremos un valor recomendado de desviación estándar de 0,45.

Índice de servicialidad (PSI)

Es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento. Así el índice de servicialidad inicial PSI se encuentra en función del diseño que tenga el pavimento y el grado de calidad que alcance durante la construcción, mientras que el índice de servicialidad final PSI se le considera como el valor más bajo tolerado por los usuarios en las vías, antes que sea necesario realizar una rehabilitación, repavimentación o reconstrucción de la misma.

- PSI inicial

- Pavimentos flexibles: 4,5

- Pavimentos rígidos: 4,2

- PSI final

- Para caminos principales: 2,5 o 3

- Para caminos de tránsito menor: 2

Siendo los valores que utilizaremos para un PSI inicial de 4,2 porque el diseño es de pavimento flexible y para un PSI final de 2,0 al ser una vía de menor tránsito.

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

$$\Delta PSI = 4,2$$

$$- 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

Módulo de residencia (Mr)

Se puede determinar cómo Subrasante a la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

La AASHTO reconoce a muchos países en el cual se encuentra Ecuador como territorio donde no poseen equipos necesarios para la determinación del Mr y por esta cuestión propone el uso de la conocida correlación con el CBR.

- Mr (psi) = 1500 x CBR para CBR < 10% (sugerida por AASHTO)
- Mr (psi) = 3000 x CBR^{0,65} para CBR de 7,2% a 20% (desarrollada en Sudáfrica)
- Mr (psi) = 4326 x lnCBR + 241 (usada para suelos granulares por la propia guía)

Nuestro CBR de diseño obtenido es de 14,2% por lo que utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 \times \text{CBR}^{0,65}$$

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 \times 14,2^{0,65}$$

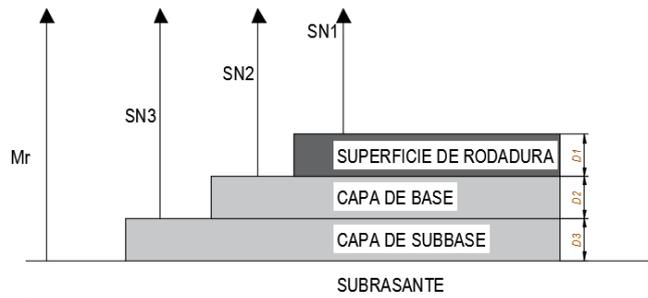
$$Mr \text{ (psi)} = 16830,95 \text{ psi} \quad \text{donde } 1\text{Ksi} = 1000 \text{ psi}$$

$$Mr = 16,83 \text{ Ksi}$$

Determinación del espesor por capa

Al obtener el valor de Número estructural (SN) mediante los parámetros obtenidos anteriormente será necesario establecer un espesor de varias capas donde brinden capacidad de soporte equivalente al (SN) calculado, para lo cual utilizaremos la siguiente fórmula para la obtención de los espesores de cada capa.

Figura 7 Estructura del pavimento flexible



Fuente: (Umaña-Barrios, 2015)

$$mSN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Donde:

a₁, a₂, a₃: Coeficientes estructurales de la carpeta, base y subbase.

D₁, D₂, D₃: Espesor de la carpeta base y subbase.

m₂, m₃: Coeficientes de drenaje para base y subbase.

Para el cálculo de los espesores D1 y D2 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados.

Tabla 21 Espesores mínimos de asfalto y base según el W18

Tráfico W18	Concreto asfáltico, D1	Capa base, D2
< 50000	1,0 (o tratamiento superficial)	4,0
50000 a 150000	2,0	4,0
150001 a 500000	2,5	4,0
500001 a 2000000	3,0	6,0
2000001 a 7000000	3,5	6,0
> 7000001	4,0	6,0

Fuente: (Padilla Martínez, 2019)

Nuestro W18 de carril de diseño es de 260995, por lo que según la tabla nuestros espesores mínimos serían 2,5 plg para el asfalto y 4,0 plg para la base.

Determinación del espesor por capa

Son coeficientes de la carpeta, que permiten determinar la calidad y capacidad estructural que poseen los materiales.

Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1)

Se puede determinar el coeficiente de la carpeta asfáltica a_1 para tráfico pesado, conociendo la Estabilidad de Marshall mínima 1800 lbs.

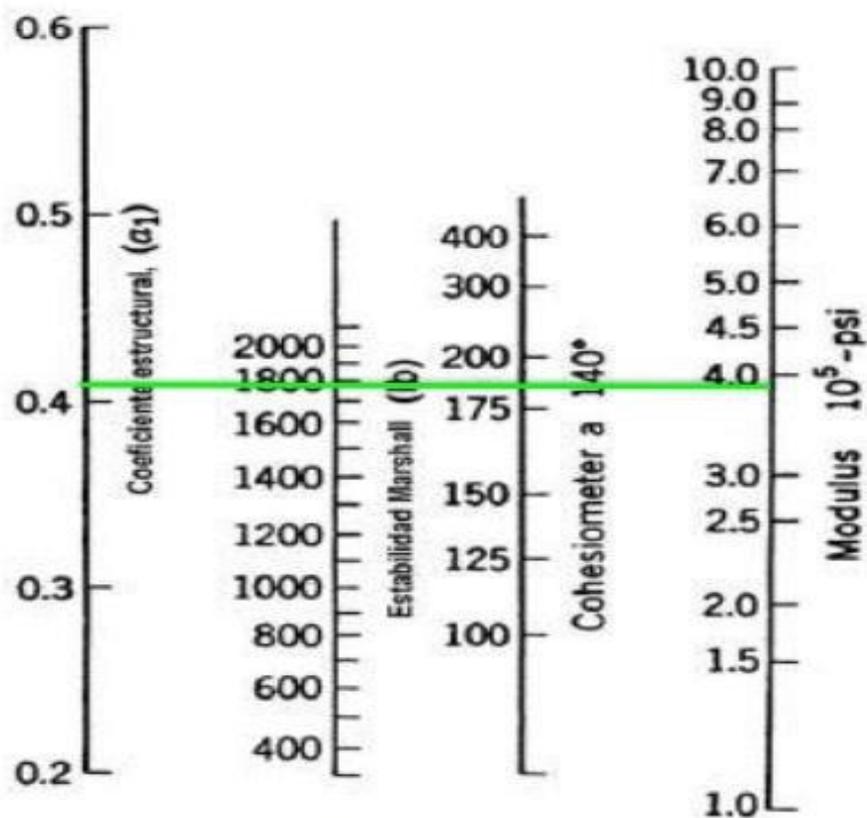


Figura 8 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_1

Fuente: (Palacios Carvajal, 2017)

De la visualización respectiva podemos dar lectura a los siguientes resultados:

- Módulo elástico de la carpeta asfáltica: $3,96 \times 10^5$ psi = 396 Ksi
- Coeficiente estructural a_1 : 0,42

Debemos considerar que existe un error al momento de observar una lectura en el nomograma, por lo que se procede a utilizar una tabla guía del AASHTO, aplicando la interpolación para generar un valor preciso.

Tabla 22 Valores del coeficiente estructural a_1

Módulo Elástico		Valores de a_1
Psi	Mpa	
125,000	875,000	0,220
150,000	1,050	0,250
175,000	1,225	0,280
200,000	1,400	0,295
225,000	1,575	0,320
250,000	1,750	0,330
275,000	1,925	0,350
300,000	2,100	0,360
325,000	2,275	0,375
350,000	2,450	0,385
375,000	2,625	0,405
400,000	2,800	0,420
425,000	2,975	0,435
450,000	3,150	0,440

Fuente: (Castro-Vásquez, 2020)

Interpolación:

<i>Modulos elásticos</i>	<i>Valores</i>
<i>de a_1</i>	
400000	0,420
-375000	-0,420
<hr/>	
25000	0,015
4000	$x = 0,0024$
$a_1 = 0,420 - 0,0024$	

$$a_1 = 0,418$$

Coefficiente estructural de la base (a_2)

En la Norma el MTOP nos dice que los agregados encargados de formar parte de la base deben tener un valor de soporte CBR igual o mayor a 80%, su límite líquido deberá ser menor a 25 y su índice de plasticidad deberá ser menor de 6.

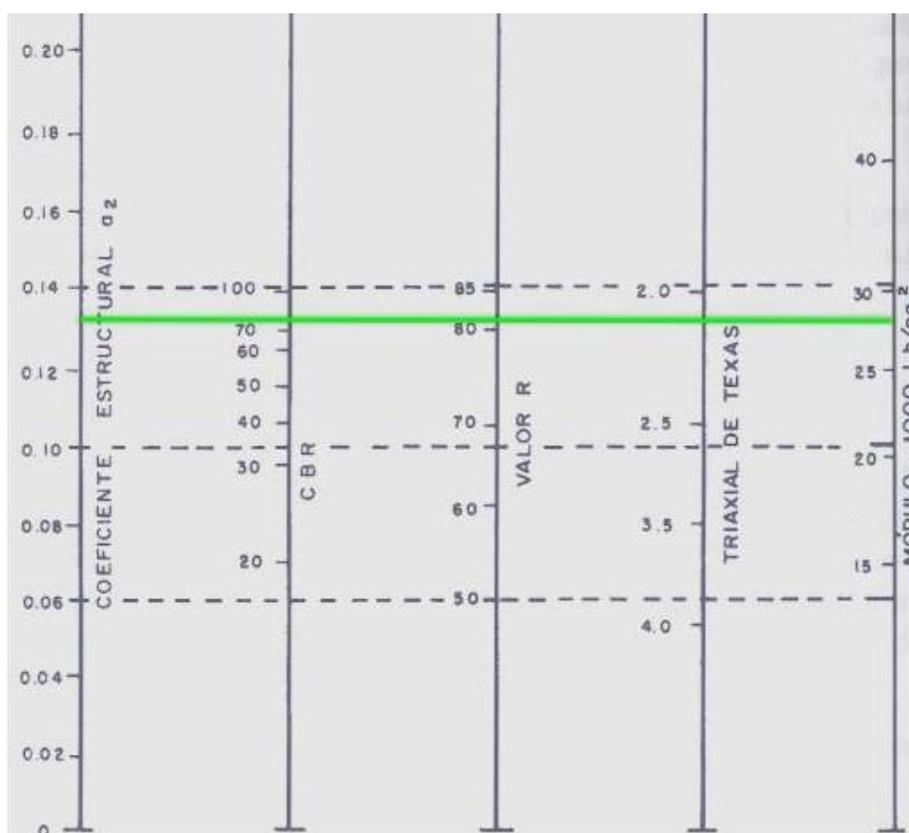


Figura 9 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_2
Fuente: (Palacios Carvajal, 2017)

De la visualización respectiva podemos dar lectura a los siguientes resultados:

- Coeficiente estructural a_2 : 0,135

- Módulo elástico de base: 28500 psi = 28,50 Ksi

Tabla 23 Valores del coeficiente estructural a₂

Base de Agregados	
C.B.R	a₂
20	0,070
25	0,085
30	0,095
35	0,100
40	0,105
45	0,112
50	0,115
55	0,120
60	0,125
70	0,130
80	0,133
90	0,137
100	0,140

Fuente: (Mendieta Quito, 2016)

Se obtiene un coeficiente estructural a₂ de 0,133 que será utilizado para el en relación a un CBR de 80%.

Coficiente estructural de la sub-base (a₃)

En la Norma el MTOP nos manifiesta que sub-base debe tener un valor de soporte CBR igual o mayor a 30%, su límite líquido deberá ser menor a 25 y su índice de plasticidad deberá ser menor de 6.

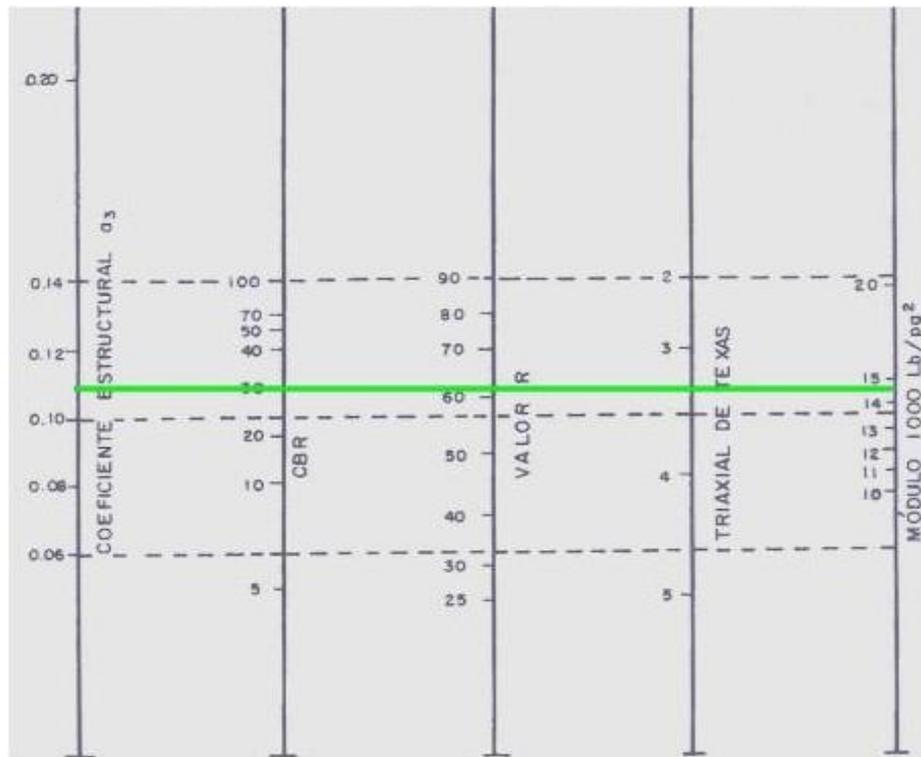


Figura 10 Nomograma Variación del Coeficiente Estructural a_3

Fuente: (Arias Bracho, 2016)

De la visualización respectiva, dar lectura a los siguientes resultados:

- Coeficiente estructural a_3 : 0,110
- Módulo de la sub-base: 14600 psi = 14,60 Ksi

Tabla 24 Valores del coeficiente estructural a_2

Sub-base Granular	
CBR %	a_3
10	0,080
15	0,090
20	0,093
25	0,102
30	0,108
35	0,115

Fuente: (Salamanca-Niño, 2014)

Se obtiene un coeficiente estructural a_3 para sub-base de 0,108 que será utilizado para el en relación a un CBR de 30%.

Coefficiente de drenaje

AASHTO 93, proporciona para el diseño de pavimento flexible proporciona un sistema para ajustar los coeficientes estructurales, tomando en cuenta la calidad de drenaje en función al tiempo que tarda el agua en ser eliminada de las capas granulares.

Tabla 25 Calidad de drenaje en la estructura del pavimento

Calidad de drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	agua no drenada

Fuente: (Guerra Chayña, 2020)

Tabla 26 Índice de drenaje

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en la que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,4 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Buena	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
Deficiente	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Fuente: (Guerra Chayña, 2020)

Para los valores de m_2 y m_3 que son 1,00, determinado que la calidad de drenaje que posee el suelo en el sector es buena y sus capas granulares se encuentran expuestas a un nivel de humedad mayor al 25%.

Cálculo de la Estructura de Pavimento Flexible

Cálculo del Número Estructural (SN)

Determinados los parámetros anteriormente a calcular el Número estructural SN que soporte el W18 que se proyectó para el diseño, en la cual emplearemos la ecuación general de diseño.

Tipo de pavimento: Flexible Confiabilidad R: 70% $Z_r = -0,524$

Desviación estándar global S_o : 0,45 PSI inicial: 4,2

PSI final: 2,0

Módulo de resiliencia de la subrasante M_r : 16830,95 psi

Ejes equivalentes W18: 260995 para 20 años

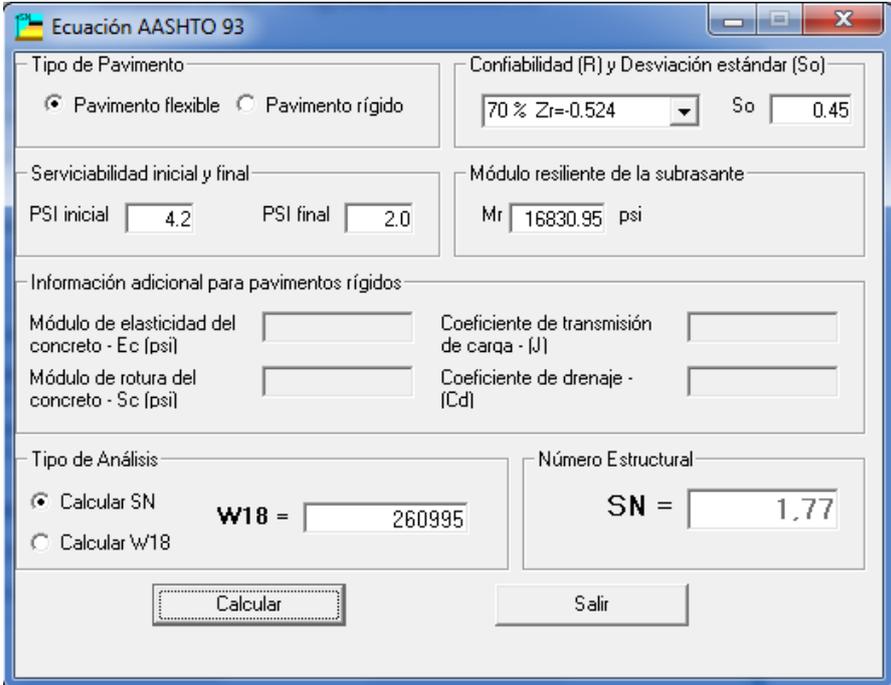


Figura 11. Programa AASHTO 93
Elaborado por: Orellana (2022)

Obtenemos un Valor SN de 1,77

Procedemos a igualar valores en la siguiente ecuación:

$$5.42 = 5.42$$

Mediante la igualdad de los resultados verificado la veracidad de los resultados.

Conocidos los valores para el diseño de espesores de cada capa, a ingresar en la hoja de cálculo utilizando el método AASHTO 93, el mismo que nos ayudara a determinar los espesores necesarios para la capa de rodadura, base y sub- base.

Tabla 27. Diseño de refuerzo método AASHTO 93

DISEÑO DEL PAVIMENTO	
METODO AASHTO 1993	
PROYECTO : Acceso a Manglares	TRAMO : 0+000 - 3+000
Churute	FECHA : Agosto 2021
SECCION : km 0+000 - km 3+000	
DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :	
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES	
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	DATOS 396.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	28.50
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	14.60
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	2.61E +05
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	70%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.524
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	16.83
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.00
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.00
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20.00
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO	
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.418
Base granular (a2)	0.133
Subbase (a3)	0.108

B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
	Base granular (m2)			1.00
	Subbase (m3)			1.00
DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :				
	NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})			1.77
	NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})			1.43
	NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})			0.45
	NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})			-0.10
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA				
		TEORI	PROPUE	S
		CO	STO	N (cal)
	ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	8.70	5.00	0.82
	ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.50	15.00	0.79
	ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-2.40	20.00	0.85
	ESPESOR TOTAL (cm)		40	2.46
RESPONSABLE : Edgar Orellana				

Fuente: Orellana (2022)

Calculado mediante el uso del método AASHTO 93 se obtuvo los siguientes valores para el diseño de espesores de cada capa.

- Carpeta asfáltica: 5 cm.
- Base 3: 15 cm.
- Sub-base 3: 20 cm.

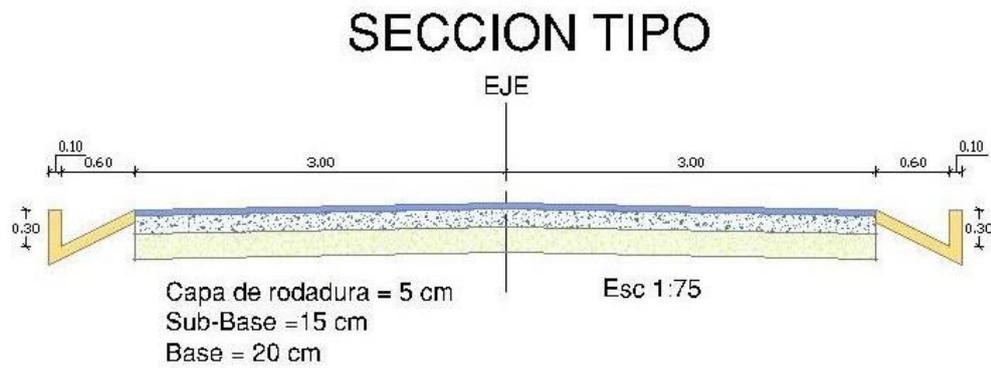


Figura 12. Espesores para el diseño

Elaborado por: Orellana (2022)

Parámetros que se deben considerar dentro de la estructura del pavimento.

Tabla 28. Granulometría para los Límites granulométricos para sub-base clase 3

		Límite Líquido	Índice Plástico	% de desgaste por abrasión	CBR
Sub-Base de agregados	Clase 1				
	Clase 2	≤ 25	< 6	< 50%	≥ 30%
	Clase 3				
Base de agregados	Clase 1				
	Clase 2				
	Clase 3	≤ 25	< 6	< 40%	≥ 80%
	Clase 4				

Fuente: (Pazmiño Lovato, 2019)

Tabla 29. Límites granulométricos para la Sub-base

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76.2 mm)	-	-	100
2" (50.4 mm)	-	100	-
1 1/2" (38.1 mm)	100	70-100	-
No. 4 (76.2 mm)	30-70	30-70	30-70
No. 40 (0.425 mm)	Oct-35	15-40	-
No. 200 (0.075 mm)	0-15	0-20	0-20

Fuente: (MTOPI, 2003)

Se ha determinado utilizar una sub-base clase 3, debido a que la mina más cercana al lugar del proyecto dispone de las características de este material, siendo una sub-base constituida de agregados naturales y procesados, cumpliendo los requisitos necesarios de graduación, abrasión, límite líquido e índice de plasticidad especificados por el MTOPI.

Tabla 30. Límites granulométricos para la Base Límites granulométricos clase 3

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada					
	Tipo a	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
		Tipo b				
2" (50.8 mm)	100	-	-	-	-	100
1 1/2" (38.1 mm)	10-100	100	-	-	-	-
1" (25.4 mm)	55-85	70-100	100	-	-	60-90
3/4" (19.0 mm)	50-80	60-90	70-100	100	-	-
3/8" (9.5 mm)	35-60	45-75	50-80	-	-	-
No. 4 (76.2 mm)	25-50	30-60	35-65	45-80	-	20-50
No. 10 (2.00 mm)	20-40	20-50	25-50	30-60	-	-
No. 40 (0.425 mm)	10-25	10-25	15-30	20-35	-	-
No. 200 (0.075 mm)	2-12	2-12	3-15	3-15	-	0-15

Fuente: (MTOPI, 2003)

Se utilizó una base clase 3, ya que el yacimiento más próximo a la zona de proyecto presenta una granulometría correspondiente a este tipo de base.

Capa de rodadura

La capa de rodadura empleada será de hormigón asfáltico, el cual se forma de la mezcla de cemento asfáltico y agregados, estos últimos tendrán la siguiente granulometría.

Tabla 31. Límites granulométricos para la Sub-base

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa a través de los			
	3/4 "	1/2"	3/8"	No. 4
1" (25.4 mm)	100	-	-	-
3/4" (19.0 mm)	90-100	100	-	-
1/2" (12.7 mm)	-	90-100	100	-
3/8" (9.5 mm)	56-80	-	90-100	100
No. 4 (76.2 mm)	35-65	44-74	55-85	80-100
No. 8 (2.36 mm)	23-49	28-58	32-67	65-100
No. 16 (1.18 mm)	-	-	-	40-80
No. 30 (0.60 mm)	-	-	-	26-65
No. 50 (0.30 mm)	5-19	5-21	7-23	7-40
No. 100 (0.15 mm)	-	-	-	3-20
No. 200 (0.075 mm)	2-8	2-10	2-10	2-10

Elaborado por: (MTOP, 2003)

Además de los requisitos granulométricos que se indicaron anteriormente, los agregados deben cumplir con las siguientes exigencias:

Ensayo	Especificaciones
Resistencia al desgaste	=< 40 %
Resistencia a la acción de los sulfatos	< 12 %
Recubrimiento y peladura	Adherencia 95%
	Peladura 5%
Índice plástico (pasa #40)	< 4
Hinchamiento	1.50 %

El cemento asfáltico que se emplea en el país es el AP-3 que es un cemento asfáltico medio, cuyo grado de penetración es de 80 a 120 (80-120) décimas de

milímetros.

Tabla 32. Límites granulométricos para la Sub-base

TIPO DE TRÁFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
CRITERIOS MARSHALL								
No. De golpes	35		50		75		75	
Estabilidad (libras)	2200	-	1800	-	1200	-	750	-
Flujo (Pulgadas/100)	8	14	8	14	8	16	8	18
Porcentajes de vacíos	3	5	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	65	75	65	75	65	78	70	80
Relación de filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2	-	-	-	-

Elaborado por: (MTO, 2003)

Sistema de drenaje

Diseño de cunetas

Las cunetas son estructuras indispensables para la vía, encargada de recolectar las aguas lluvias y de drenaje conduciéndolas hacia un cauce natural u obra cercana al lugar del proyecto, evitando que ocasione daño a la capa de rodadura.

Caudal de diseño de Manning

Aplicaremos la fórmula de Manning y la ecuación de la continuidad que nos permitirá calcular el caudal que circula por la cuneta.

Tabla 33. Coeficientes de rugosidad de Manning

Tipos de recubrimiento	Coefficiente (n)
Tierra lisa	0,02
Césped con más de 15 cm de profundidad de agua	0,04
Césped con menos de 15 cm de profundidad de agua	0,06
Revestimiento rugoso de piedra	0,04
Cunetas revestidas de hormigón	0,013

Elaborado por: (Libro de Manning, 2018)

- Ecuación de Manning

$$V = \frac{1.49}{n} R R_3 x j^{1/2}$$

- Ecuación de la Continuidad

$$Q = V \times A$$

- Radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

j: Pendiente hidráulica (%). Q: Caudal de diseño (m³/s). A: Área de la sección (m²). P: Perímetro mojado (m).

R: Radio hidráulico.

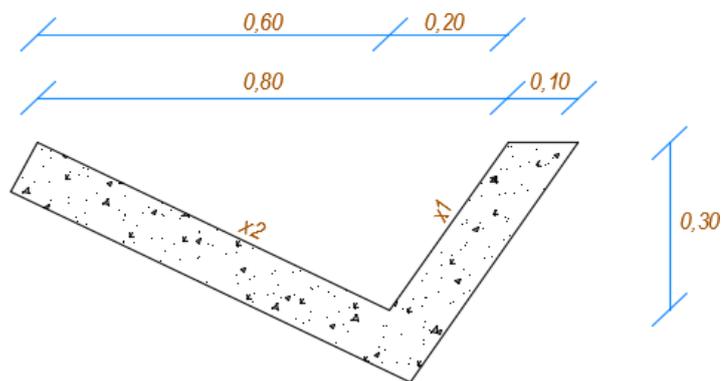


Figura 13. Cuneta tipo diseñada para el proyecto
Elaborado por: Orellana (2022)

Con los datos de la gráfica procedemos a calcular las incógnitas:

- Área mojada.

$$Am = \frac{b \times h}{2}$$

$$Am = \frac{0.80 \times 0.30}{2}$$

$$Am = 0,12 \text{ m}^2$$

- Perímetro mojado.

$$Pm = X1^2 + X2^2$$

$$X1 = \sqrt{0.30^2 + 0.20^2}$$

$$X1 = 0.36$$

$$X2 = \sqrt{0.30^2 + 0.20^2} \times 2$$

$$X2 = 0.67$$

$$Pm = 0,36 + 0,67$$

$$Pm = 1,03 \text{ m}$$

- Radio hidráulico.

$$R = A/p$$

$$R = 0.12/1.03$$

$$R = 0,1165\text{m}$$

Velocidad. -

$$V = \frac{1}{n} \times R^2 \times j^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.013} \times 0.1165^2 \times j^{1/2}$$

$$V = 18,349 \times j^{1/2}$$

Remplazamos en la ecuación de la continuidad y tenemos:

Procedemos a utilizar la fórmula del método racional para hallar el caudal que circulará por la cuneta.

$$Q = V \times A$$

$$Q = 18,349xj^{1/2} \times 0,12$$

$$Q = 2,202xj^{1/2}$$

El MTOP nos realiza algunas sugerencias para el uso de diferentes pendientes:

Tabla 34. Caudales admisibles para diferentes pendientes

J (%)	J	V (m/s)	Q (m3/s)
0.5	0.01	1.051	0.126
1	0.01	1.486	0.178
1.5	0.02	1.82	0.218
2	0.02	2.102	0.252
2.5	0.03	2.35	0.282
3	0.03	2.574	0.309
3.5	0.04	2.78	0.334
4	0.04	2.972	0.357
5	0.05	3.323	0.399
6	0.06	3.64	0.437
7	0.07	3.932	0.427
8	0.08	4.203	0.504
9	0.09	4.458	0.535
10	0.1	4.699	0.564
11	0.11	4.929	0.591
12	0.12	5.148	0.618
13	0.13	5.391	0.647
14	0.14	5.594	0.671

Fuente (Mecánica de Fluidos de SCHAUM, 2016)

Elaborado por: Orellana (2022)

$$Q_{max} = \frac{c \times i \times A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo esperado.

C: Coeficiente de escurrimiento.

I: Intensidad de precipitación pluvial (mm/h).

A: Número de hectáreas tributarias.

P: Perímetro mojado (m).

R: Radio hidráulico.

- Determinación del coeficiente de escurrimiento.

$$C = 1 - \sum C'$$

Donde:

C': Valores de escurrimiento debido a diferentes factores que influyen directamente en la escorrentía.

Tabla 35. Valores de coeficientes de escorrentía

Zona Rural	C'
Topografía	
Plano pendiente 0,2 - 0,16 m/Km	0,3
Moderada, pendiente 3,2 - 4,0 m/Km	0,2
Colina, pendiente 30 - 50 m/Km	0,1
Suelo	
Arcilla compacta impermeable	0,1
Combinación limo - arcilla	0,2
Suelo limo arenoso no muy compactado	0,4
Cubierta vegetal	
Terreno cultivado	0,1
Bosques	0,2

Fuente: (MTO, 2003)

$$C = 1 - \sum C'$$

$$C = 1 - (0,10 + 0,20 + 0,10)$$

$$C = 0,40$$

Para determinar la intensidad de lluvia se tomó los datos de la estación más cercana M0380 Huambaló, donde los datos del INAMHI nos presentan la máxima precipitación registrada de 32,00 mm

$$C = 1 - \sum C'$$
$$C = 1 - (0,10 + 0,20 + 0,10)$$
$$C = 0,40$$

Para determinar la intensidad de lluvia se tomó los datos de la estación más cercana MA2V AEROPUERTO de Guayaquil, ubicado a aproximadamente 32 km del proyecto.

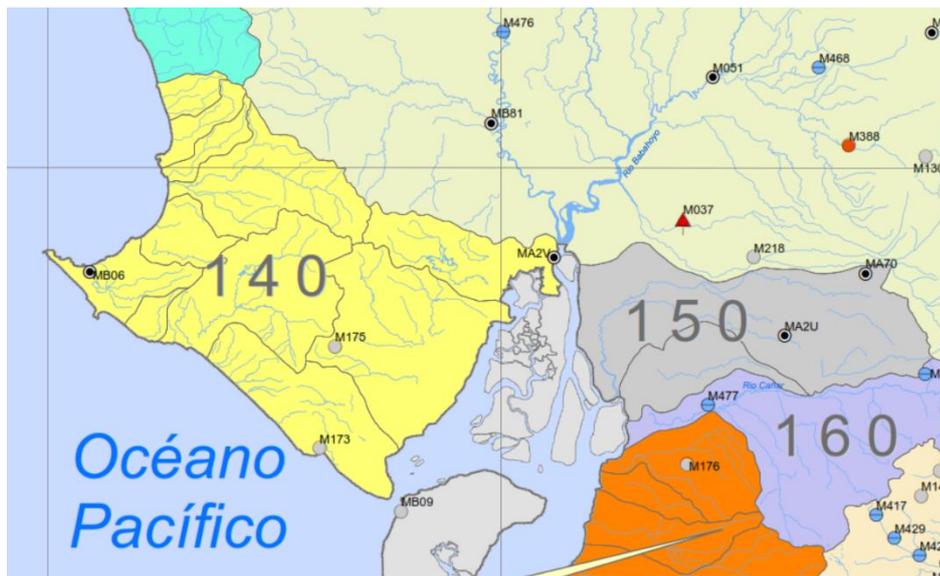


Figura 14. Estación meteorológica cercana al proyecto

Fuente: (INHAMI, 2018)

$$I = \frac{4.14 \times T^{0.18} \times Pmax}{t^{0.58}}$$

T: Periodo de retorno en años (10 años).

C: Tiempo de precipitación de intensidad.

Pmáx: Precipitación máxima en 24 horas.

Encontramos el tiempo en relación a la siguiente ecuación

$$tc = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

tc: Tiempo de concentración en min.

L: Longitud del área de drenaje.

H: Desnivel entre el inicio de la cuneta y el punto de descarga.

Calculamos el tiempo de concentración.

$$H = Lxi$$

$$H = 500 \times 0,14$$

$$H = 70 \text{ m}$$

- Área de drenaje de la cuneta para un carril.

$$A = (\text{Ancho de calzada} + \text{cuneta}) \times L$$

$$A = (3 + 0,60) \times 500$$

$$A = 1800 \text{ m}^2$$

Se reemplaza en la formula:

$$Q_{max} = \frac{c \times i \times A}{360}$$

$$Q_{max} = 0.014 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{adm} > Q_{max}$$

$$0.671 > 0.014$$

La cuneta que se propone cumple con las dimensiones necesarias para la recolección del agua lluvia.

Diámetros mínimos para alcantarillas

De acuerdo con el MTOP recomienda un diámetro mínimo para alcantarillas de 220 mm a 660mm, el cual será adoptado para el estudio que se realiza. Mientras que el paso de agua utilizara un diámetro de 1200mm.

Diagnóstico de drenaje existente

La vía no tiene cunetas, el agua lluvia cae directamente sobre la capa de rodadura y esta, al ser de tierra se filtra y cuando se satura cae hacia los terrenos adyacentes y se acumula en algunos casos. Por lo que cualquier mejora que se haga al respecto será en beneficio del drenaje de la vía.

En cuanto a las alcantarillas, se analizó las existentes siguiendo los parámetros descritos anteriormente.

Tabla 36. Análisis hidráulico de alcantarillas existentes.

N.	Abscisa	Caudal Tr = 25 años m ³ /s	Elevaciones		Nivel de Rasante (msnm)	SOBRE BORDO	
			HW (Tr 25 a) (msnm)	HW (Tr 50 a) (msnm)		Tr = 25 a m	Tr = 50 a m
1	0+020	0.78	7.73	7.79	9.73	2.00	1.94
2	0+164.6	0.95	8.27	8.3	10.44	2.17	2.14
3	0+776.4	0.42	7.79	7.83	9.82	2.03	1.99
4	0+945.6	0.25	7.42	7.45	9.45	2.03	2.00
5	1+225	0.90	7.84	7.92	9.06	1.22	1.14
6	1+337	0.21	7.38	7.41	9.4	2.02	1.99
7	1+493.8	0.20	7.98	8.01	9.86	1.88	1.85
8	1+724.9	0.50	6.89	6.93	9.35	2.46	2.42
9	1+895.1	0.50	6.42	6.46	8.81	2.39	2.35
11	2+437.7	0.48	5.73	5.77	8.63	2.90	2.86
12	2+760	0.42	5.29	5.38	8.44	3.15	3.06
13	2+966	0.55	5.94	5.98	7.82	1.88	1.84

Fuente: (MTOP, 2013)

El sobre bordo confirma que el nivel del agua está por debajo del nivel de la vía, es decir que las alcantarillas existentes están funcionando correctamente, por lo que solo será necesario hacer un mantenimiento y en algunos casos su ampliación en cuanto a longitud, diámetro y muros de ala.

Señalización vial

La señalización vial es utilizada para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos, estas contienen instrucciones que deben ser obedecidas por los usuarios de las vías, deben ser:

- Visibles.
- Legibles.
- Creíbles.

Señalización horizontal

Son Marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, leyendas, palabras, números u otras indicaciones, pueden ser de color blanco o amarillo, tienen como objetivo:

- Prevenir, guiar y orientar a los usuarios en las vías.
- Delimitar carriles y zonas prohibidas de circulación.
- Completar y reforzar el significado de las señales verticales.

Señalización vertical

Señales reglamentarias

Tienen como objetivo informar a los usuarios sobre las prioridades de la vía, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, su incumplimiento constituiría en una infracción de tránsito.



Figura 15. Señales Reglamentarias

Fuente: (MTO, 2013)

Señales preventivas

Se emplean para alertar a los conductores de potenciales peligros que se encuentran más adelante, su mayoría posee forma de rombo con un símbolo o leyenda de color negro sobre un fondo amarillo.



Figura 16. Señales Preventivas

Fuente: (MTOP, 2013)

Señales de información

Tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios viales, proporcionándole la información necesaria para que pueda llegar a sus destinos trazados de la forma más simple, segura y directa.



Figura 17. Señales de información

Fuente: MTOP (2013)

Señales de trabajo en la vía

Advierten, informan y guían a los usuarios de las vías que deben transitar con seguridad ya que se encuentran sitios de trabajo en las vías.



Figura 18. Señales de trabajos en las vías
Fuente: MTOP (2013)

Volúmenes de obra

Obras Preliminares

Limpieza y desbroce

Se hará la limpieza en donde será necesario, principalmente en los taludes donde se ha acumulado maleza.

-Unidad de medida: m²

- Ancho de faja considerado para limpieza: 6 m.

- Longitud del proyecto: 3,000.00 m.

$$\text{Área} = 6 \times 3,000.00$$

$$\text{Área} = 18,000.00 \text{ m}^2$$

Demolición de estructuras de HA. Existentes, incluye desalojo

Corresponden a las estructuras hidráulicas que serán reemplazadas o a dar

mantenimiento

- Unidad de medida: m³

- Volumen = 30.24 m³

Movimiento de Tierras

Excavación sin Clasificación

Unidad de medida: m³

- Volumen de corte en el diseño: 8,142.02 m³.

Transporte de material de excavación

- Unidad de medida: m³ - km

- Cantidad: 28,715.900 m³ - km

Material de préstamo importado

- Unidad de medida: m³

- Cantidad: 5,270.43 m³

Transporte de Material de Préstamo Importado

- Unidad de medida: m³ - km

- Cantidad: 15,811.29 m³ - km

Material de Préstamo Importado

- Unidad de medida: m³

- Cantidad: 12,824.29 m³.

Transporte de Material de Préstamo importado

- Unidad de medida: m³ - km

- Cantidad: 165,433.34 m³ - km.

Rubros Viales

Sub-Base Clase 1 (e=0.15m) (inc. transporte)

- Unidad de medida: m³

- Cantidad: 6,957.63 m³.

Clase 1 (e=0.15m) (inc. transporte)

- Unidad de medida: m³
- Cantidad: 5,387.39 m³.

**Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta e=0.15m (2")
(inc. transporte)**

- Unidad de medida: m²
- Cantidad 34,416.51 m².

Imprimación Asfáltica

- Unidad de medida: m²
- Cantidad 34,416.51 m².

**Obras de Drenaje Pluvial en la Vía (Alcantarillas y Canaletas)
Excavacion y Relleno para Estructura**

- Unidad de medida: m³
- Cantidad: 159.00 m³.

Relleno Permeable para Estructuras

- Unidad de medida: m³
- Cantidad: 18.00 m³.

Transporte de Material de Excavación

- Unidad de medida: m³ - km
- Cantidad: 52.50 m³.

Acero de Refuerzo en Barras (f'y=4200 kg/cm2)

- Unidad de medida: kg

- Cantidad: 2,242.49 m.

Hormigon estructural clase "B" ($f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) (inc. inhibidor de corrosion y encofrado)+-

- Unidad de medida: m^3

- Cantidad: 23.84 m.

Hormigon estructural clase "D" ($f'c=140 \text{ kg/cm}^2$) para replantillos

- Unidad de medida: m^3

- Cantidad: 2.86 m^3 .

Hormigon estructural clase "D" ($f'c=140 \text{ kg/cm}^2$) para canaletas

- Unidad de medida: m^3

- Cantidad: 350.10 m^3 .

Tuberia h.a. 1200mm

- Unidad de medida: m

- Cantidad: 30.00 m.

Señalización Horizontal

Señalización horizontal segmentada (pintada de vía 15 cm amarilla o blanca/microesferas)

- Unidad de medida: m

- Cantidad: 2,365.00 m.

Señalización horizontal continua (pintada de vía 15 cm amarilla o blanca/microesferas)

- Unidad de medida: m

- Cantidad: 9,343.00 m.

Marcadores de pavimento retroreflejantes (tachas) (bidireccionales)

- Unidad de medida: u

- Cantidad: 872.50 u.

Marcas de pavimento (Pintura+Microesferas) "pasos cebra, flechas, leyendas"

- Unidad de medida: m²

- Cantidad: 300.00 m².

Señalización Vertical

Señales al lado de la carretera (450x600) (Informativas)

- Unidad de medida: u

- Cantidad: 13 u.

Señales al lado de la carretera (600x750) (Reglamentarias)

- Unidad de medida: u

- Cantidad: 42 u.

Señales al lado de la carretera (750x750) (Reglamentarias)

- Unidad de medida: u

- Cantidad: 29 u.

Señales al lado de la carretera (1200X900)

- Unidad de medida: u

- Cantidad: 1 u.

Señales al lado de la carretera (750X750 + 300X750)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 7 u.

Señales al lado de la carretera (600X600)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 10 u.

Guarda camino tipo viga metalica (doble

- Unidad de medida: m
- Cantidad: 257.00 m.

Señales al lado de la carretera (1500X650)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 3 u.

Señales al lado de la carretera (2000X1000)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 2 m.

Señales al lado de la carretera (750 x 750 mm) (Preventivas)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 9 u.

Plan de Manejo Ambiental

Agua para control de polvo

- Unidad de medida: m³
- Cantidad: 2500 m³.

Bateria sanitaria portatil (unidad x mes

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 6 u.

Tanque de 55 galones (para basura)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 4 u.

Escombreras (disposición final y tratamiento paisajistico de zonas de deposito)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 4 u.

Reunión informativa con la comunidad

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 1 u.

Monitoreo de ruido

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 5 u.

Material particulado (estación de medición de polvo)

- Unidad de medida: u
- Cantidad: 4 u.

ADMINISTRACIÓN

Recursos económicos

El Ministerio del Ambiente, a través de su Sistema Nacional de Áreas Protegidas, serán las encargadas de asignar los recursos necesarios para la eventual ejecución del proyecto de la vía en el sector Manglares Churute.

Recursos técnicos

Es necesaria la presencia de personal técnico designado por la entidad encargada, que se desenvuelva con sus conocimientos referentes en el diseño y ejecución de la vía.

Los designados al proyecto deberán tener la capacidad de fiscalizar en la ejecución del proyecto, alcanzando un resultado óptimo de calidad y rendimiento.

Recursos administrativos

Para la óptima administración del estudio se deberá contar con la presencia de personal administrativo que se encargue de la logística de personal y los equipos necesarios para la ejecución del proyecto, optimizando tiempo y dinero.

PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

El proceso constructivo deberá avanzar en relación a un cronograma de actividades pre establecido, para determinar cada uno de los rubros, volúmenes, ensayos de tolerancia, unidades de medida, presupuestos, deberá guiarse en la norma vigente que rige el MTOP.

PRESUPUESTO

Tabla 37. Presupuesto

"ACCESO A RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE"					
DETALL ES					MEDIDA
LONGITUD DE LA VIA					3+000.
ESPEJOR MEJORAMIENTO					20.00cm
ESPEJOR SUB-BASE					15.00cm
ESPEJOR BASE					20.00
ESPEJOR DE CAPA DE RODADURA DE LA VIA					5.00cm
NOVIEMBRE 2021					
RUBRO No	DESCRIPCION	UNID AD	CANTID AD	PRECIO UNITAR IO	PRECIO TOTAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	m2	18,000.00	0.02	360.00
2	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE H.A. EXISTENTES (incluye desalojo)	m3	30.24	149.22	4,511.67
SUBTOTAL(A):					4,871.67
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
3	EXCAVACION SIN CLASIFICACION	m3	8,142.02	1.73	14,085.69
4	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3-km	28,715.90	0.45	12,922.16
5	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO (relleno)	m3	5,270.43	5.48	28,881.96
6	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3-km	15,811.29	0.48	7,589.42
7	MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3	12,824.29	5.48	70,277.11
8	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3- km	165,433.3 4	0.44	72,790.67
SUBTOTAL (B):					206,547.00
RUBROS VIALES					
9	SUB-BASE CLASE 1 (e=0.15m) (inc. transporte)	m3	6,957.63	44.44	309,197.23
10	BASE CLASE 1 (e=0.15 m) (inc. Transporte)	m3	5,387.39	53.45	287,956.17
11	CAPA DE RODADURA DE HORM. ASF. MEZCLADO EN PLANTA E=5 cm (2") (Inc. transporte)	m2	34,416.51	7.70	265,007.15
12	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	34,416.51	0.99	34,072.35
SUBTOTAL (C):					896,232.90
OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL EN LA VIA					
ALCANTARILLAS 1200mm y CANALETAS					
13	EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS	m3	159.00	9.36	1,488.24
14	RELLENO PERMEABLE PARA ESTRUCTURAS	m3	18.00	42.80	770.40
15	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION	m3-km	52.50	0.45	23.63
16	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS (f'y=4200 kg/cm2)	Kg	2,242.49	2.38	5,337.13
17	HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE "B" (f'c=245 kg/cm2) (INC. INHIBIDOR DE CORROSION Y ENCOFRADO)	m3	23.84	339.95	8,104.41
18	HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE "D" (f'c=140 kg/cm2) PARA REPLANTILLOS	m3	2.86	152.46	436.04

19	HORMIGON ESTRUCTURAL CLASE "D" (f'c=140 kg/cm2) PARA CANALETAS	m3	350.10	152.46	53,376.25
19	TUBERIA H.A. 1200mm	m	30.00	1,213.80	36,414.00
SUBTOTAL(D):					105,950.09
SEÑALIZACION HORIZONTAL					
20	SEÑALIZACION HORIZONTAL SEGMENTADA(PINTADA DE VIA 15 CM AMARILLA O BLANCA/microesferas)	m	2,365.00	1.24	2,932.60
21	SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA (PINTADA DE VIA 15 CM AMARILLA O BLANCA/microesferas)	M	9,343.00	1.76	16,443.68
22	MARCADORES DE PAVIMENTO RETROREFLEJANTES (TACHAS) (bidireccionales)	U	872.50	8.70	7,590.75
23	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura+Microesferas) "PASOS CEBRA, FLECHAS, LEYENDAS"	m2	300.00	7.05	2,115.00
SUBTOTAL(E):					29,082.03
SEÑALIZACION VERTICAL					
24	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (450X600) (INFORMATIVAS)	u	13.00	171.49	2,229.37
25	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (600X750) (REGLAMENTARIAS)	u	42.00	207.75	8,725.50
26	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (750X750) (REGLAMENTARIAS)	u	29.00	222.70	6,458.30
27	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (1200X900)	u	1.00	329.65	329.65
28	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (750X750 + 300X750)	u	7.00	316.48	2,215.36
29	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (600X600)	u	10.00	183.24	1,832.40
30	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (750X600) (REGLAMENTARIA)	u	5.00	207.75	1,038.75
31	GUARDA CAMINO TIPO VIGA METALICA (DOBLE)	m	257.00	72.18	18,550.26
32	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (1500X650)	u	3.00	420.90	1,262.70
33	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (2000X1000)	u	2.00	567.71	1,135.42
34	SEÑALES A LADO DE LA CARRETERA (750 x 750 mm) (PREVENTIVAS)	u	9.00	222.70	2,004.30
SUBTOTAL(F):					45,782.01
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL					
35	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m3	2,500.00	2.06	5,150.00
36	BATERIA SANITARIA PORTATIL (unidad x mes)	u	6.00	563.01	3,378.06
37	TANQUE DE 55 GALONES (PARA BASURA)	u	4.00	28.00	112.00
38	ESCOBRERAS (DISPOSICIÓN FINAL Y TRATAMIENTO PAISAJISTICO DE ZONAS DE DEPOSITO)	m3	3,427.88	0.45	1,542.55
39	REUNION INFORMATIVA CON LA COMUNIDAD	u	1.00	198.10	198.10
40	MONITOREO DE RUIDO	u	5.00	57.68	288.40
41	MATERIAL PARTICULADO (ESTACION DE MEDICION DE POLVO)	u	4.00	216.30	865.20
SUBTOTAL(G):					11,534.31
TOTAL (A+B+C+D+E+F+G)					1,300,000.00

Elaborado por: Orellana (2022)

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE MANTENIMIENTO

Tabla 38. Presupuesto de mantenimiento

"ACCESO A RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE"	
DETALLES	MEDIDA
LONGITUD DE LA VIA	3+000.
ESPEJOR MEJORAMIENTO	20.00cm
ESPEJOR SUB-BASE	15.00cm
ESPEJOR BASE	20.00
ESPEJOR DE CAPA DE RODADURA DE LA VIA	5.00cm

November-21

RUBRO No	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MANTENIMIENTO VIAL (1años)					
1	DESBROCE, DESBOSQUE Y LIMPIEZA	m2	1,500.00	0.02	30.00
DRENAJE Y ALCANTARILLAS					
2	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS A MANO Y DESALOJO EN VOLQUETA	m3	2.64	29.90	78.86
3	TRANSPORTE DE MATERIAL DE EXCAVACION, LONGITUD DE ACARREO DE 8-10 KM	m3-km	20.00	0.45	9.00
PAVIMENTO					
4	SELLADO DE FISURAS	m	250.00	1.69	422.50
5	BACHEO ASFALTICO	m3	9.00	164.53	1480.77
SEÑALIZACION HORIZONTAL					
6	SEÑALIZACION HORIZONTAL SEGMENTADA(PINTADA DE VIA 15 CM AMARILLA O BLANCA/microesferas)	m	70.00	1.24	86.80
7	SEÑALIZACION HORIZONTAL CONTINUA (PINTADA DE VIA 15 CM AMARILLA O BLANCA/microesferas)	m	290.00	1.76	510.40
8	MARCADORES DE PAVIMENTO RETROREFLEJANTES (TACHAS) (bidireccionales)	u	40.00	8.70	348.00
9	MARCAS DE PAVIMENTO (Pintura+Microesferas) "PASOS CEBRA, FLECHAS, LEYENDAS"	m2	30.00	7.05	211.50
SEÑALIZACION VERTICAL					
10	Señales al lado de la carretera (450x600) (Informativas)	u	1.00	171.49	171.49
11	Señales al lado de la carretera (600x750) (REGLEMENTARIAS)	u	1.00	207.75	207.75
12	Señales al lado de la carretera (750x750) (REGLEMENTARIAS)	u	1.00	222.70	222.70
13	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (1200X900)	u	1.00	329.65	329.65
14	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (750X750 + 300X750)	u	1.00	316.48	316.48
15	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (600X600)	u	1.00	183.24	183.24

16	Señales al lado de la carretera (750x600) (REGLAMENTARIA)	u	1.00	207.75	207.75
17	GUARDA CAMINO TIPO VIGA METALICA (doble)	m	10.00	72.18	721.80
18	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (1500X650)	u	1.00	420.90	420.90
19	SEÑALES AL LADO DE LA CARRETERA (2000X1000)	u	1.00	567.71	567.71
20	SEÑALES A LADO DE LA CARRETERA (750 x 750 mm) (PREVENTIVAS)	u	1.00	222.70	222.70
				TOTAL:	6,750.00

Elaborado por: Orellana (2022)

BENEFICIOS NETOS Y CÁLCULO DE LA TASA DE RENTABILIDAD INMEDIATA

Tabla 39. Beneficios y rentabilidad

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6
AÑOS	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
BENEFICIOS		100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
COSTOS		6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
INVERSIONES	1,350,000.00						
FLUJO NETO	1,350,000.00	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750

PERIODO	7	8	9	10	11	12
AÑOS	2028	2029	2030	2031	2032	2033
BENEFICIOS	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
COSTOS	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
INVERSIONES						
FLUJO NETO	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750

PERIODO	13	14	15	16	17	18
AÑOS	2034	2035	2036	2037	2038	2039
BENEFICIOS	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
COSTOS	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
INVERSIONES						
FLUJO NETO	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750

PERIODO	19	20	21	22	23	24	25
AÑOS	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046
BENEFICIOS	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
COSTOS	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
INVERSIONES							
FLUJO NETO	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750	106,750

TASA SOCIAL DE DESCUENTO LOCAL	12%
VANS	\$ 2,187,255.10
TIRS	100.00%

Elaborado por: Orellana (2022)

CONCLUSIONES

- Se determina que las vías que se encuentran en la zona protegida de la Región Costa, debido a que, con la presencia de lluvias en el sector y la falta de mantenimiento, impidiendo que los turistas transiten libremente a través de los sitios de interés.
- Mediante el estudio topográfico realizado en el sector se pudo conocer que el estudio vial se realizó en una zona ondulada, además de presentar pendientes pronunciadas.
- Se recolectó un total de tres muestras de suelo, para proceder a realizar los ensayos de los mismos, determinando que el suelo del sector se compone de arena limosa (SM) y además los CBR de cada muestra varían entre 13% y 16% clasificándolos con una sub-rasante buena.
- Se consideró que para nuestro estudio de tráfico sea un periodo de diseño de 20 años, hasta el año 2041, donde se espera una circulación de 251 vehículos por día, clasificándole a la vía como una carretera clase IV al encontrarse en el rango de 100 a 300 que nos propone la normativa del MTOP.
- Determinado que se tiene un flujo vehicular bajo, se considera colocar un pavimento flexible con un ancho de vía de 6,00 m.
- Se califica con juicio de valor verdadero la hipótesis de investigación: Mediante un método constructivo adecuado de las vías de las zonas protegidas de la Región Costa se desarrollará el turismo y se convertirán en zonas sustentable.

RECOMENDACIONES

-Se deberá cumplir todas las especificaciones que se conceptuaron en el estudio realizado, para garantizar que desarrolle al máximo la eficiencia vial, especificaciones que se realizaron en base a las normas que nos sugieren el MTOP.

-Se recomienda que durante su construcción se cause el menor daño posible en los límites entre vía y casas aledañas.

-Verificar la calidad de todos los materiales a emplearse en el proyecto, ya sean granulometría, densidades, índices tanto líquidos como plásticos.

Al presentarse el presente proyecto vial en una zona que posee variada biodiversidad, se deberá tomar en cuenta todos los lineamientos ambientales, para mitigar si es posible en su totalidad el impacto ambiental que se genere.

Se recomienda colocar óptimamente la señalización vertical y horizontal, precautelando a los usuarios de la vía.

Referencias Bibliográficas

- Barber, C. P., Cochrane, M. A., Souza Jr., C. M., & Laurance, W. F. (2014). Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation*, 203-209.
- Canteiro, M., Córdova-Tapia, F., & Brazeiro, A. (2018). Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas. *Tourism Management Perspectives*, 220-227.
- Čičković, M. (2016). Influence of Human Behaviour on Geometric Road Design. *6th Transport Research Arena*, 4364-4373. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146516303647>
- Davey, N., Dunstall, S., & Halgamuge, S. (2017, abril). *Optimal road design through ecologically sensitive areas considering animal migration dynamics*. Obtenido de sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17300566>
- García Ramírez, Y., Zárate, B., Segarra, S., & González, J. (2017, octubre). *Variación Diaria y Horaria de la Velocidad de Operación en Carreteras Rurales de Dos Carriles en el Cantón Loja*. Obtenido de scielo: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v40n1/2477-8990-rpolit-40-01-00045.pdf>
- Herrador Martínez, R. (2015, febrero 5). *Análisis del comportamiento, en condiciones de uso de tráfico real, de firmes construidos con capas de material procedente de residuos de construcción y demolición*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Granada: <http://digibug.ugr.es/handle/10481/39893>
- INAMHI. (2001). *Anuario Meteorológico 1997*. Quito.
- Ioannidou, D., Meylan, G., Sonnemann, G., & Habert, G. (2017). Is gravel becoming scarce? Evaluating the local criticality of construction. *Resources, Conservation & Recycling*, 25–33.
- Jiménez, P. d. (2016, abril). *Significancia de la seguridad vial en un desarrollo sostenible. Análisis del escenario multirriesgo*. Obtenido de Repositorio institucional de la Universidad Católica de Murcia: <http://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/2159/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Liu, Y. J., Hu, J. M., Wang, T. W., Cai, C. F., Li, Z. X., & Zhang, Y. (2015). Effects of vegetation cover and road-concentrated flow on fillslope. *Catena*.
- Lopez Lambas, M. E., & Ricci, S. (2014, diciembre 19). *Planning and Management of Mobility in Natural Protected Areas*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814063149>
- Mallick, R., Radzicki, M., Zaumanis, M., & Frank, R. (2014). Use of system dynamics for proper conservation and recycling of aggregates for sustainable road construction. *Resources, Conservation and Recycling*, 61-73.
- Moreno Álvarez, J. P. (2018, enero). *Estudio comparativo de sostenibilidad en carreteras mexicanas*. Obtenido de UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la Universidad Politecnica de Cataluña: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118139/TFM_JavierPe%CC%81rez.pdf
- Onofa Guayasamín, S. Á. (2017). *Propuesta metodológica para la gestión de áreas protegidas en el Ecuador*. Obtenido de Repositorio institucional Universidad de Extremadura: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/6472/TDUEX_2017_Onofa_Guayasamin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Posada Henao, J. J., Cadavid Agudelo, S., & Castro Gómez, L. (2014). Consistencia en el diseño: predicción de la velocidad de operación en carreteras. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 39-47.
- Puodziukas, V., Svarpliene, A., & Braga, A. (2016). Measures for sustainable development of road network. *6th. de Transport Research Arena*, 965 – 972.
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (s.f.). *Area Nacioal de Recreación Parque Lago*. Obtenido de Áreas Protegidas: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/%C3%A1rea-nacional-de-recreaci%C3%B3n-parque-lago>
- Szeto, W. Y., Jiang, Y., Wang, D. W., & Sumalee, A. (2015). A Sustainable Road Network Design Problem with Land Use Transportation Interaction over Time. *Networks and Spatial Economics*, 791–822.
- Tarimo, M., Wondimua, P., Odecka, J., Lohnea, J., & Lædrea, O. (1917, noviembre). *Sustainable roads in Serengeti National Park: - gravel roads construction and maintenance*. Obtenido de ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917322366>

- Trenouth, W. R., Gharabaghi, B., & Farghaly, H. (2017). Enhanced roadside drainage system for environmentally sensitive areas. *Science of the Total Environment*, 613-622.
- Tverijonaite, E., Ólafsdóttir, R., & Thorsteinsson, T. (2018). Accessibility of protected areas and visitor behaviour: A case study from. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 1–10.
- Vandanjon, P.-O., Vinot, E., Cerezo, V., Coiret, A., Dauvergne, M., & Bouteldja, M. (2019). *Longitudinal profile optimization for roads within an eco-design framework*. Obtenido de science direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920918306655>
- Xie, Y. (2019). *Protected Area*. Obtenido de Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012409548910586X>