CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

INFORME

ESTUDIO DE RUTAS



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

PROYECTO:

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."

INFORME DE ESTUDIO DE RUTAS

ABRIL-2024

Cliente:	**PREFECTURA DEL GUAYAS**
Proyecto:	“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”
Documento:	KAW-PG-INF-002-01
Título:	INFORME ESTUDIO DE RUTAS

Preparó:	KAWSUS CIA LTDA.	
Preparó:	Ing. Mario Azanza C. ESPECIALISTA VIAL	Firmado electrónicamente por: MARIO VICENTE AZANZA CARDENAS
Revisó:	Ing. Danilo Bustos DIRECTOR DE PROYECTO	Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA
Aprobó:	Ing. Gabriel Moreira Chocho ADMINISTRADOR DE CONTRATO	Firmado electrónicamente por: GABRIEL SIMON MOREIRA CHOCHO

CONTROL DE CAMBIOS	
Rev. 01	Inclusión de evaluación económica ruta seleccionada
Rev. 00	

CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 1

1.1 ANTECEDENTES 1

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO 2

1.3 CONTENIDO DEL INFORME 2

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO 2

2. SELECCIÓN DE RUTAS 3

2.1. ESTUDIO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS Y EXPLORACIÓN TERRESTRE 3

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS 4

2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA 1 4

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA 2 5

2.3. GEOLOGÍA DE LAS RUTAS PROPUESTAS 5

2.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL DE LAS RUTAS 1 Y 2 5

2.3.2 LITOESTRATIGRAFÍA 6

2.3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 7

2.4. DISEÑO Y DIBUJO DEL ANTEPROYECTO – TRAZADO DE RUTAS 7

2.4.1. TOPOGRAFÍA Y RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA 7

2.4.2. CLASE DE VÍA 8

2.4.3. VELOCIDAD DE DISEÑO 8

2.4.4. DISEÑO Y DIBUJO DEL ANTEPROYECTO 9

2.5. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO PRE-PRELIMINAR 10

2.5.1. REVISIÓN DE NORMAS EXISTENTES DE DISEÑO 10

2.5.2. PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO 10

2.5.3. DIBUJO Y DISEÑO GEOMÉTRICO PRE-PRELIMINAR 11

2.5.3.1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL 11

2.6. RESUMEN DE LONGITUDES POR TRAMOS Y ALTERNATIVAS 12

2.7. RESUMEN DE LONGITUDES POR PUENTES 12

3. CRITERIO DE PONDERACIÓN Y CALIFICACIÓN DE RUTAS 13

3.1. ESTABILIDAD GEOLÓGICA 15

3.2. TRAZADO GEOMÉTRICO 15

3.3. INVERSIÓN INICIAL 16

3.4. VIDA ÚTIL 16

3.5. AFECTACIONES A INFRAESTRUCTURA PRIVADA 17
3.6. AFECTACIONES A CULTIVOS Y ÁRBOLES 17
3.7. ANÁLISIS DE RIESGOS 18
3.8. ACEPTACIÓN SOCIAL 18
3.9. IMPACTO EN EL DESARROLLO ECONÓMICO LOCAL 19
4. RESUMEN DE ANÁLISIS DE RUTAS 20
5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVA 1 NORTE 22
5.1. COSTOS DE INDEMNIZACIONES, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO 23
5.1.1. COSTOS DE INDEMNIZACIONES DE TIERRAS 23
COSTOS DE CONSTRUCCIÓN 24
COSTOS DE MANTENIMIENTO POR AÑO 25
5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA 27
5.2.1. BENEFICIOS DEL PROYECTO 27
5.2.2. COSTOS PRELIMINARES DE ALTERNATIVA NORTE 27
5.2.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN 27
5.3. INDICADORES DE EVALUACIÓN 27
5.4. CONCLUSIÓN 31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de carreteras 8
Tabla 2. TPDA proyectado 9
Tabla 3. Velocidad de diseño (km/h) 9
Tabla 4. Parámetros de diseño para una vía Clase III 10
Tabla 5. Parámetros de diseño recomendados para el estudio 11
Tabla 6. Resumen de longitudes para distintas alternativas 12
Tabla 7. Resumen de longitudes de puentes 12
Tabla 8. Criterios de ponderación para evaluar alternativas 14
Tabla 9. Costos totales para cada alternativa 16
Tabla 10. Matriz de ponderación para selección de ruta 21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación en el ámbito provincial, parroquial y cantonal 2
Figura 2. Rutas estudiadas sobre imagen satelital 4
Figura 3. Columna estratigráfica zona Costa (Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019) 6
Figura 4. Mapa geológico del Ecuador escala 1: 1000 000 (Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019) 7
Figura 5. Sección típica de vía Clase III 13
Figura 6. Implantación de Ruta 2 Sur entre río Villao y río Quisquisale 19
Figura 7. Caminos existentes y Ruta 1 Norte conectados 20

INFORME DE ESTUDIO DE RUTAS

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

En cumplimiento de las funciones, competencias del gobierno autónomo descentralizado provincial y en alineación con objetivos de desarrollo sostenible, con el Plan Nacional de desarrollo y con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, la Prefectura del Guayas, requiere realizar los "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS" con el objetivo de facilitar la conectividad entre los recintos, mejorar el transporte de las cosechas y asegurar la movilidad de los pobladores especialmente estudiantes.

Con Oficio OF. N° 149- ASOPAVET-2023, de fecha 02 de agosto de 2023, suscrito por representantes de la Asociación de Producción Agropecuaria Las Vegas Tecnológico (ASOPAVET), solicitan "construcción, él Mejoramiento y el mantenimiento del eje veranero desde paraíso de Villao (RIO) Hasta el Límite de Guayas Con Manabí (Recinto La Saiba, Recinto Culebrita), junto con los socios inspeccionando esta carretera veranera".

Con Memorando No. 2411-SG-GPG-2023, de fecha 08 de agosto de 2023, suscrito por el Ab. José Gálvez Valderrama, secretario general, remite al Coordinador General de Infraestructura, Ing. José Tenelema Chenche, la solicitud de informe técnico de la carretera Pedro Carbo – Manabí – Santa Elena.

Con Memorando No. 0031-DPEF-MAA-2023, de fecha 21 de Agosto del 2023, suscrito por la Ing. Melanie Álvarez Alvarado, Analista senior Hidráulico – Hidrólogo, en el cual informa al Ing. Marco Chimborazo Angulo, Subdirector de Planificación de Estudios y Proyectos (E), Informe técnico sobre el estado actual de la carretera Pedro Carbo – Manabí (Fátima – Villao – Limite Provincial).

Con estas premisas la prefectura del Guayas, mediante concurso público a través del proceso CPC-PG-2023-002 subido al portal de compras públicas adjudica a KAWSUS CÍA. LTDA mediante contrato No. S-CON-16-2024-X-0 la ejecución de consultoría que se compone de los siguiente entregables:

- Informe Ejecutivo
- Estudio Topográfico
- Diseño Geométrico
- Estudio de Tráfico y Proyecciones
- Estudio Geotécnico
- Informe de Estudios y Suelo
- Diseño Estructural
- Estudio de Hidrología e Hidráulica
- Componente Ambiental
- Estudio de Seguridad y Señalización Vial
- Estudio socio económico
- Informe de expropiaciones
- Informe de mantenimiento vial, preventivo y rutinario
- Informe eléctrico
- Presupuesto de Obra

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de los servicios de Consultoría es el de elaborar toda la documentación técnica, informes, planos, especificaciones generales y especiales, cantidades de obra, precios unitarios, presupuesto referencial de los ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.

1.3 CONTENIDO DEL INFORME

El informe de estudio de rutas ha incluido el siguiente tema:

- Diseño geométrico pre-preliminar.
- Evaluación de alternativas para Selección de Rutas.
- Evaluación económica de alternativa seleccionada.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se encuentra geográficamente ubicada en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo tiene una longitud aproximada de 22km iniciando desde el poblado cercano Fátima hasta el poblado de Las Vegas.

En la *Figura 1* se indica la ubicación del proyecto, en el ámbito provincial, cantonal y parroquial.

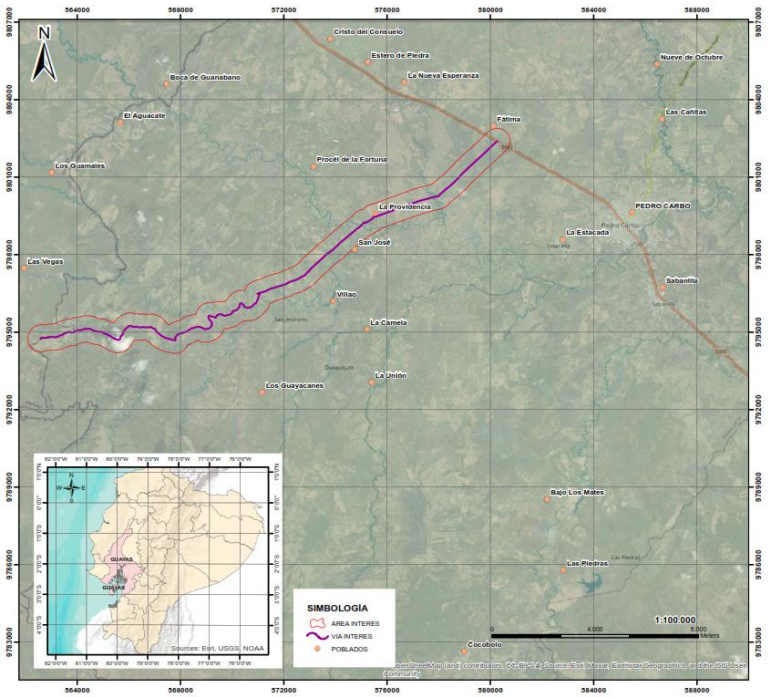


Figura 1. Ubicación en el ámbito provincial, parroquial y cantonal

2. SELECCIÓN DE RUTAS

2.1. ESTUDIO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS Y EXPLORACIÓN TERRESTRE

Ante la necesidad planteada de buscar la mejor opción para lograr el mejor trazado del proyecto, se analizó las siguientes alternativas a través de las cartas geográficas y Levantamientos topográficos mediante fotogrametría, Instituto Geográfico Militar (IGM), y de recorridos de campo:

- Ruta 0: Utilización de la actual vía existente que se inicia en la intersección de la vía estatal E482 la actual vía desde Fátima hacia el sector de las Vegas, de coordenadas iniciales 580262.735E, 9802394.289N. Esta ruta contemplaría la ampliación de la vía existente y cruces sucesivos de ríos mediante puentes, discurriendo en sentido Norte-Sur, actualmente compartiendo las márgenes de ríos en época de verano, su orografía es ondulada - plana. Aproximadamente en el km 5+700, sector llamado Providencia de Villao, se plantea dos alternativas de variantes, las mismas que se denominan dentro del presente informe como Ruta 1 Norte V1 y Ruta 2 Sur V1. Luego de pasar por la primera variante se toma un tramo común que va desde la abscisa 6+790 hasta 11+400 comunidad El Paraíso, desde aquí de igual manera se plantea dos variantes denominadas Ruta 1 Norte V2 y Ruta 2 Sur V2, para luego tomar nuevamente el tramo común hasta el final del proyecto desde 14+500 hasta la 21+005, con coordenadas 562559.098E y 9794717.069N.

- Ruta 1 Norte: Dada la topografía plana de la zona y sinuosidad del río Villao en el sector de Paraíso, propenso a erosión e inundación, se propone la ruta 1 por la parte Norte del trazado existente. Se encuentra compuesta por dos variantes. La primera variante consistiría de un trazado nuevo con una longitud de 1.09 Km, que partiría aproximadamente del km 5+700 de la vía Fátima – Las Vegas, en el sector Providencia de Villao, inicia en las coordenadas 575536.255E, 9799462.526N y termina en la abscisa 6+790 con coordenadas 574697.977E, 9798884.413N. Esta primera variante se complementa con la construcción del Puente 2-N, con longitud de 70m aproximadamente. Desde la abscisa 6+790 se tendría un tramo común hasta la abscisa 11+400, aquí inicia la segunda variante, consistiría de un trazado nuevo por la parte alta, sentido Norte del proyecto, con una longitud de 3.4 Km, inicia en las coordenadas 570869.320E, 9796410.161N, incorporándose al tramo final en la abscisa 14+500 con coordenadas 568310.590E, 9795093.075N, complementándose con la construcción de un Puente de aproximadamente 60m denominado Puente 4.

- Ruta 2 Sur: Dada la topografía plana de la zona y sinuosidad del río Villao en el sector de Paraíso, propenso a erosión e inundación, se propone la ruta 2 por la parte Sur del trazado existente. Se encuentra compuesta por dos variantes. La primera variante consistiría de un trazado nuevo con una longitud de 1.92 Km, que partiría aproximadamente del km 5+700 de la vía Fátima – Las Vegas, en el sector Providencia de Villao, inicia en las coordenadas 575536.255E, 9799462.526N y termina en la abscisa 6+790 con coordenadas 574697.977E, 9798884.413N. Esta variante se complementa con la construcción del Puente 2-S, con longitud de 70m aproximadamente. Desde la abscisa 6+790 se tendría un tramo común hasta la abscisa 11+400, aquí inicia la segunda variante, consistiría de un trazado nuevo por la parte alta, lado Sur del proyecto, con una longitud de 3.78 Km, inicia en las coordenadas 570869.320E, 9796410.161N, incorporándose al tramo final en la abscisa 14+500 con coordenadas 568310.590E, 9795093.075N,

complementándose con la construcción de dos Puentes, Puente 4-S de 70m de longitud aproximada y el Puente 5-S de 50m de longitud aproximada.

El objetivo de este estudio de selección de rutas fue el de contribuir a la búsqueda de la alternativa económica, ambiental y técnicamente más conveniente, considerando que este trazado debería tener características de una vía de Clase III, según las Normas de Diseño Geométrico del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOP-2003).

Para un mejor análisis y ubicación de las rutas indicadas se las ha implantado en la *Figura 2* que muestra una imagen satelital de las alternativas de rutas consideradas en el presente estudio.

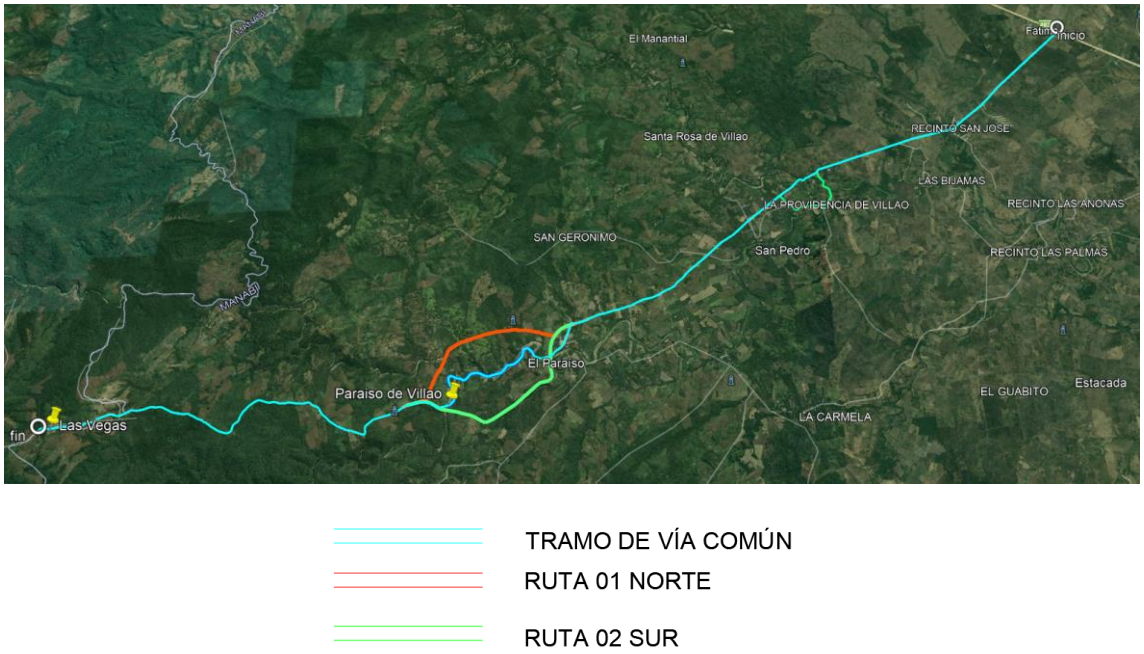


Figura 2. Rutas estudiadas sobre imagen satelital

2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS RUTAS

2.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA 1

Esta ruta se ubica en la parte Norte de la franja estudiada. El trazado nuevo de la primera variante en esta ruta partiría aproximadamente del km 5+700, sector denominado Providencia de Villao de la vía Fátima – Las Vegas, El proyecto continuaría por la parte Norte, desarrollándose en terreno ondulado con pendientes que van desde el 7.83 % hasta 0.00% en el Puente 2-N en una longitud aproximada de 210 m, para luego incorporarse al tramo común entre las dos alternativas de trazado en la abscisa 6+790, desde este punto continuaría ascendiendo con gradientes suaves menores al 8%, entre las abscisas 10+575 y 10+610 se requiere la construcción de un Puente (Puente 3) de 35m de longitud aproximadamente, luego llegamos al inicio de la segunda variante en la abscisa 11+400 en el sector Paraíso de Villao. Desde este punto continuaría ascendiendo por topografía ondulado montañosa con pendientes menores al 9% hasta el tramo final común para las dos alternativas en la abscisa 14+500, desde ahí continuaría su recorrido del tramo común entre las dos rutas hasta llegar a la abscisa final 21+005, sector Las Vegas.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA 2

Esta ruta se ubica en la parte Sur de la franja estudiada. El trazado nuevo de la primera variante en esta ruta 2 partiría aproximadamente del km 5+700, sector denominado Providencia de Villao de la vía Fátima – Las Vegas, El proyecto continuaría por la parte Sur, desarrollándose en terreno ondulado con pendientes que van desde el 6.11 % hasta 0.00% en el Puente 2-S, para luego incorporarse al tramo común entre las dos alternativas de trazado en la abscisa 7+615.75 de esta variante y 6+790 de la variante de la Ruta 1, desde este punto continuaría ascendiendo con gradientes suaves menores al 8%, entre las abscisas 10+575 y 10+610 se requiere la construcción de un Puente (Puente 3) de 35m de longitud aproximadamente, luego llegamos al inicio de la segunda variante en la abscisa 11+400 en el sector Paraíso de Villao. Desde este punto continuaría ascendiendo por topografía ondulado montañosa con pendientes menores al 9% hasta el tramo final común para las dos alternativas en la abscisa 14+500, desde ahí continuaría su recorrido del tramo común entre las dos rutas hasta llegar a la abscisa final 21+005, sector Las Vegas.

2.3. GEOLOGÍA DE LAS RUTAS PROPUESTAS

El antearco de la Costa ecuatoriana desarrollada a partir de la subducción de la cordillera submarina de Carnegie está conformado por varios bloques también denominados estructuras morfotectónicas, de norte a sur: Bloque Esmeraldas, Bloque Pedernales, Bloque San Lorenzo, Bloque Piñón, Bloque Santa Elena.

El área de estudio geológicamente se encuentra en el Bloque Piñón, y se encuentra limitado por la falla Colonche hacia el sur, y por la falla Puerto Cayo hacia el Oeste, la extensión del bloque Piñón hacia el Norte y Este es desconocida debido a que se encuentra por debajo de las rocas del Neógeno de la cuenca de Manabí. Leuzieux et al, 2006 propone que el Bloque Piñón se acrecentó durante el Cretácico Tardío (73-70 Ma).

En el Bloque Piñón se puede diferenciar un rasgo morfo-estructural muy importante el cual se denomina Arco externo de Hamilton (Outer Are Ridge, 1973), también conocida como cordillera costanera, esta inicia en parte de la provincia de Esmeraldas con pequeñas interrupciones en su continuidad hasta Manabí y 19 continúa por la provincia de Sta. Elena donde dicha cordillera presenta un cambio en su orientación hasta la ciudad de Guayaquil y se la conoce como Cordillera Chongón Colonche (CCC).

Con respecto a las cuencas circundantes la CCC se encuentra limitada al Norte por la cuenca de Manabí, hacia el Sur se encuentra la cuenca Progreso, al Este la cuenca del Guayas, al Suroeste la depresión Colonche y cuenca Ancón. Las principales fallas que limitan a la CCC son la Falla Guayaquil-Dolores que se encuentra al Este, la Falla Colonche que está en el sur y la Falla Puerto Cayo.

2.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL DE LAS RUTAS 1 Y 2

Geológicamente El trazo vial se encuentra en el Bloque Piñón, presenta un rasgo morfoestructural muy importante el cual se denomina Arco externo de Hamilton (Outer Are Ridge, 1973), y está conformado por rocas que datan desde el cretácico hasta el mioceno, y son cubiertos por depósitos marinos del cuaternario.

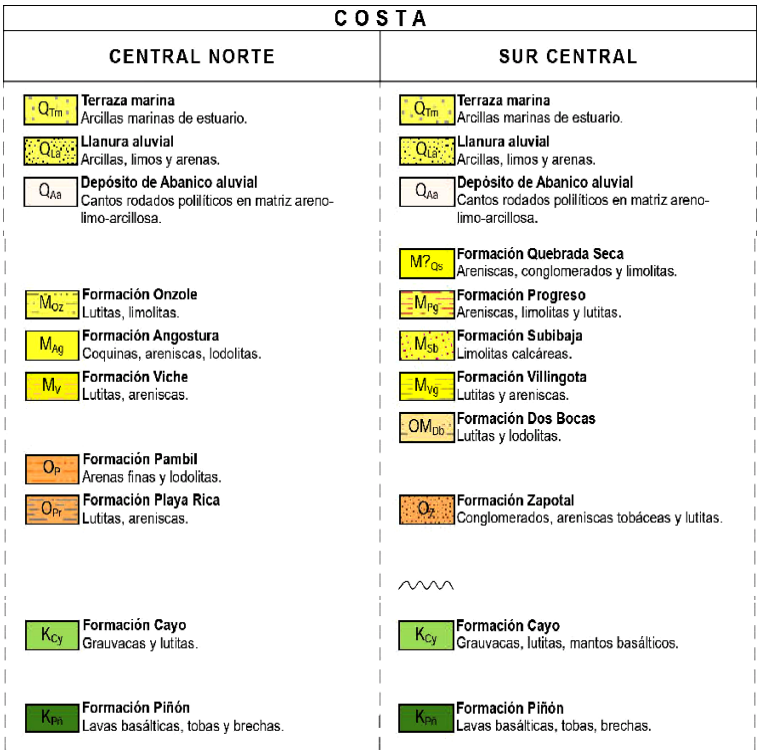


Figura 3. Columna estratigráfica zona Costa (Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019)

2.3.2 LITOESTRATIGRAFÍA

Formación Piñón, Cretácico (KPñ).

Constituye el basamento de la cuenca, conformado por rocas volcánicas básicas, consideradas como parte de una antigua corteza oceánica acrecionada, según Goosens y Rose (1973).
Litológicamente se la describe como un complejo ígneo, formado por rocas extrusivas, principalmente basaltos en almohadillas, de color negro y aspecto ceroso, así como haarzburguitas intercaladas con brechas, aglomerados y en menor proporción argilitas tobáceas, limolitas y areniscas en capas delgadas.

Miembro Zapotal, Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Oz).

El Miembro Zapotal forma parte de la Formación San Pedro y descansan sobre el Complejo Olistostrómico de Santata Elena.
Geológicamente forma una secuencia que de abajo hacia arriba consta de un conglomerado basal, areniscas y lutitas. El espesor máximo sobrepasa los 1000m. Tiene una fauna de moluscos que la correlacionan con las Formaciones Heath y Mancora en el Perú.

Formación Angostura, Mioceno Medio-Inferior (MAg)

Las rocas de la Formación Angostura descansan discordantemente sobre las formaciones San Pedro, Piñón y Cayo, y es considerado de carácter transgresivo y sublitoral.

La secuencia estratigráfica empieza con un conglomerado basal con clastos volcánicos, continúa con areniscas de grano variable.

En el pozo Ricafuerte -1 se ha identificado areniscas blancas cuarzosas y areniscas marrones cuarzo – feldespáticas con fragmentos líticos y hornblenda, donde se intercalan limolitas grises oliva, suaves y lutitas grises azuladas, calcáreas, de consistencia suave.

Terraza Marina, Cuaternario (QTm).

El aporte de canales con desembocadura hacia el mar se evidenció por los depósitos de arcillas de estuario, actuando como cobertura de las rocas y depósitos más antiguas.

2.3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El trazado vial está atravesado por dos estructuras regionales de dirección NW-SE, la estructura ubicada hacia el norte del trazo vial posiblemente corresponde al límite del bloque Piñon, mientras que la estructura que se encuentra al sur posiblemente corresponde a un ramal de la falla Colonche cuaternario.

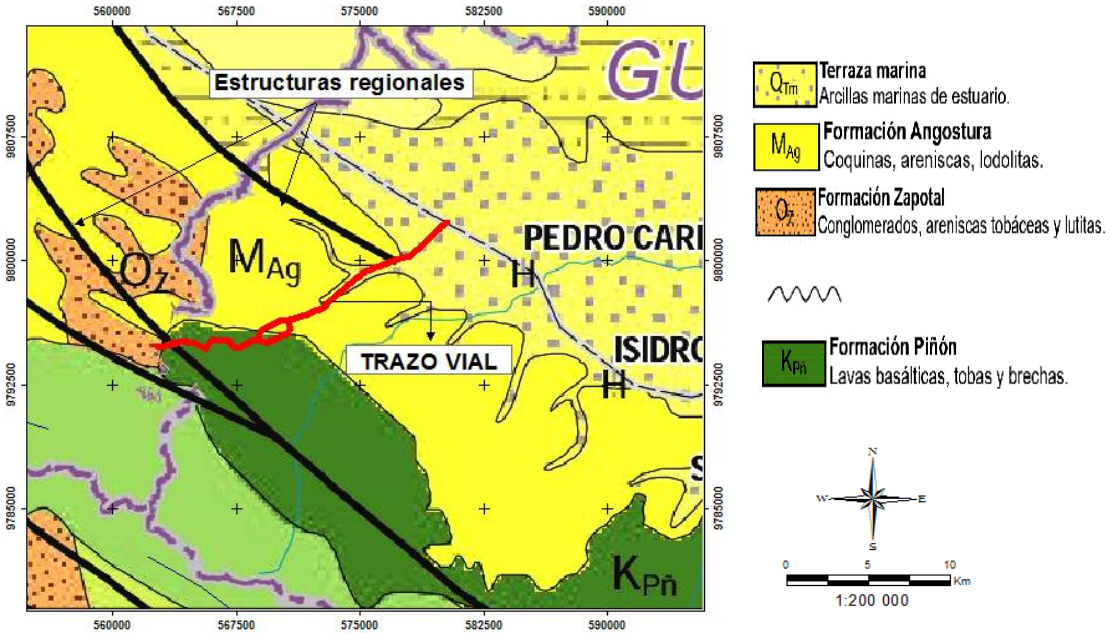


Figura 4. Mapa geológico del Ecuador escala 1: 1000 000 (Ministerio de Energía y recursos Naturales No Renovables, Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019)

2.4. DISEÑO Y DIBUJO DEL ANTEPROYECTO – TRAZADO DE RUTAS

Para realizar el anteproyecto que servirá para la selección de la ruta más favorable se realizaron los trabajos definidos a continuación.

2.4.1. TOPOGRAFÍA Y RESTITUCIÓN AEROFOTOGRAMÉTRICA

Para un mejor análisis y ubicación del trazado, se realizó un levantamiento topográfico mediante fotogrametría una apreciación en 3D, en una franja entre 300 y 500 m, para toda la longitud del proyecto, adicionando áreas en los sectores donde se requiere el

trazado de variantes se ha levantado información en áreas mayores a 1200 Ha, con escala 1:1000 y curvas de nivel cada 1 metros.

A partir de la topografía obtenida mediante fotogrametría, se pudo realizar el trazado de las posibles rutas, el cual tiene como criterio fundamental el generar características geométricas adecuadas, evitando en lo posible la afección de estructuras existentes.

2.4.2. CLASE DE VÍA

En función del tráfico proyectado y conforme a las normas de Diseño Geométrico del MOP 2003, la vía se ha proyectado en función de lo expuesto en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Clases de carreteras

Función	Clase de Carretera	TPDA (1) (Año final de Diseño)
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII	> 8000
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
COLECTORA	III	300 - 1000
	IV	100 - 3000
VECINAL	V	< 100

Fuente: *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003*

En la *Tabla 1* se indica que dicha clasificación se establecerá en base al TPDA (1), que es el tráfico promedio diario anual al año final de diseño; en lo que respecta a la vía en estudio se tiene que para el final del periodo de diseño circularán entre 300 y 1000 vehículos diarios; por lo que se establece que la vía se clasificará como vía colectora Clase III.

2.4.3. VELOCIDAD DE DISEÑO

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, de los volúmenes de tránsito y uso de la misma, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos.

La velocidad de diseño se selecciona para el tramo de carretera más desfavorable y debe mantenerse en una longitud mínima de entre 5 y 10 km. En los sectores correspondientes a las quebradas y ríos, en donde la topografía es crítica, se recomienda disminuir la velocidad de diseño para poder cumplir las características geométricas de la vía; en estos tramos para mayor seguridad se tendrá que colocar señalización especificando dicha velocidad.

Por otra parte, se estima el TPDA para el año 2045 (*Tabla 2*) para determinar la velocidad de diseño.

Tabla 2. TPDA proyectado

PROYECCION DEL TPDA DEL PROYECTO PARA UN PERIODO DE DISENO DE 20 AÑOS							
#	AÑO	LIVIANOS	BUSES	C2	C3	C4 o mas	TPDA TOTAL
0	2025	512	21	50	12	22	618
1	2026	517	22	52	13	23	626
2	2027	523	22	53	13	24	635
3	2028	528	22	55	14	25	644
4	2029	533	23	57	14	26	653
5	2030	538	23	58	15	27	662
6	2031	544	24	60	15	28	671
7	2032	549	24	62	16	29	681
8	2033	555	25	64	17	30	690
9	2034	560	25	66	17	32	700
10	2035	566	26	68	18	33	710
11	2036	572	26	70	19	34	720
12	2037	577	27	72	19	35	731
13	2038	583	27	74	20	37	741
14	2039	589	28	76	21	38	752
15	2040	595	28	78	22	40	763
16	2041	601	29	81	23	41	775
17	2042	607	30	83	24	43	786
18	2043	613	30	86	24	45	798
19	2044	619	31	88	25	47	810
20	**2045**	**625**	**31**	**91**	**26**	**49**	**822**

Se revisa la *Tabla 3* considerando a la vía como de relieve ondulado-montañoso, con un TPDA para el año 2045 igual a 822 vehículos/día, Clase III, se establece una velocidad de diseño entre 60 y 40 Km/h.

Tabla 3. Velocidad de diseño (km/h)

	RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTAÑOSO			
CATEGORÍA DE LA VÍA	Para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado de perfil longitudinal		Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
	Recomendada	Absoluta	Recomendada	Absoluta	Recomendada	Absoluta	Recomendada	Absoluta
III	80	60	80	60	60	40	60	40

2.4.4. DISEÑO Y DIBUJO DEL ANTEPROYECTO

Con la información recopilada, se realizaron los cálculos y dibujos con la ayuda de herramientas informáticas, las mismas que ofrecen una gran facilidad y precisión en su procesamiento. Para la elaboración del diseño geométrico del anteproyecto se contó de

igual manera con el apoyo de herramientas informáticas similares, que permiten establecer sobre el archivo en que se procesa, todos los parámetros de diseño.

Los planos del diseño geométrico del anteproyecto se elaboraron en el formato requerido por el MTOP, en donde se plasma el proyecto horizontal a una escala 1:1000 y el vertical 1:100.

2.5. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO PRE-PRELIMINAR

2.5.1. REVISIÓN DE NORMAS EXISTENTES DE DISEÑO

Los parámetros de diseño recomendados para el estudio se han establecido de manera que en la vía desde Fátima
En vista de que la vía se desarrolla por un terreno de características Ondulado - montañosas, se realizó una revisión de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003 para el tipo de terreno con las condiciones más desfavorables (Ver *Tabla 4* que contiene los parámetros para una vía Clase RI):

Tabla 4. Parámetros de diseño para una vía Clase III

NORMA	Clase R I	
	Recomendable	Absoluta
Velocidad de diseño (kph) ondulado	80	60
Velocidad de diseño (kph) montañoso	60	40
Radio mínimo de curvas horizontales O / M (m)	210 / 110	110 / 42
Distancia de visibilidad para parada O / M (m)	110 / 70	70 / 40
Distancia de visibilidad para rebasamientos O / M (m)	565 / 415	415 / 270
Peralte (%)	≤10	
Coef. "K" para curvas verticales convexas O / M (m)	28 / 12	12 / 4
Coef. "K" para curvas verticales cóncavas (m)	24 / 13	13 / 6
Gradiente longitudinal máxima O /M (%)	6 / 7	7 / 9
Gradiente longitudinal mínima O M (%)	≥0.5	
Ancho de carril (m)	3.35	
Número de carriles (u)	2	
Ancho de espaldones O / M (m)	1.5 / 1	
Gradiente transversal para pavimentos (%)	2	
Gradiente transversal para espaldones (%)	2	

***Fuente**: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003*

2.5.2. PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Los parámetros de diseño recomendados para el estudio se han establecido de manera que en la vía desde Fátima hasta Las Vegas se pueda circular con seguridad, evitando potenciales accidentes. En este sentido los parámetros propuestos se muestran en la *Tabla 5*.

Tabla 5. Parámetros de diseño recomendados para el estudio

NORMA	Recomendada para Diseño en terreno ondulado y montañoso
Velocidad de diseño (kph)	60
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	110 / 40
Distancia de visibilidad para parada (m)	110 / 70
Distancia de visibilidad para rebasamientos (m)	565 / 415
Peralte (%)	≤10
Coef. "K" para curvas verticales convexas (m)	12 / 4
Coef. "K" para curvas verticales cóncavas (m)	13 / 6
Gradiente longitudinal máxima (%)	9 / 13
Gradiente longitudinal mínima (%)	≥0.5
Ancho de carril (m)	3.35
Número de carriles (u)	2
Ancho de espaldones externos (m)	1.50
Gradiente transversal para pavimentos (%)	2
Gradiente transversal para espaldones (%)	2

En general el diseño geométrico se realizó en base a los parámetros aquí definidos, sin embargo, en caso de existir situaciones puntuales donde no sea posible cumplir con lo establecido en la Tabla 5, se justificarán los parámetros adoptados.

2.5.3. DIBUJO Y DISEÑO GEOMÉTRICO PRE-PRELIMINAR

Los planos del diseño geométrico del proyecto pre-preliminar se elaboraron en el formato requerido por el MTOP, en donde se plasma el proyecto horizontal y vertical a una escala 1:1000 y 1:100 respectivamente.

2.5.3.1. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son las tangentes y curvas, sean estas circulares, compuestas, inversas y espirales.

Entonces, bajo este esquema y teniendo en cuenta el aspecto económico por movimiento de tierras y por indemnizaciones, la propuesta contempla colocar 1 carril por sentido de circulación, con un ancho de 3.35 metros, con un espaldón de 1.50 metros en la parte externa y cunetas de 0.80m a cada lado. Como resultado del diseño horizontal, el eje de la vía proyectada comenzará en la abscisa 0+000 (Intersección con la vía E482), terminando en la abscisa 20+005 (Las Vegas).

El detalle de los trazados de los tramos comunes y de las Alternativas descritas se encuentran en los anexos del presente informe.

2.6. RESUMEN DE LONGITUDES POR TRAMOS Y ALTERNATIVAS

Tabla 6. Resumen de longitudes para distintas alternativas

ASBCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	TRAMO	LONGITUD (m)
0+000	5+700	TRAMO COMÚN 1	5700
5+700	6+790	ALT. NORTE VARIANTE 1	1090
5+700	7+616	ALT. SUR VARIANTE 1	1915.75
6+790	11+400	TRAMO COMÚN 2	4+610
11+400	14+500	ALT. NORTE VARIANTE 2	3100
11+400	14+879	ALT. SUR VARIANTE 2	3478.75
14+500	21+005	TRAMO COMÚN 3	6505

TRAMO COMÚN 1 + ALT. NORTE VARIANTE 1 + TRAMO COMÚN 2 + ALT. NORTE VARIANTE 2 + TRAMO COMÚN 3: 21+005 m

TRAMO COMÚN 1 + ALT. SUR VARIANTE 1 + TRAMO COMÚN 2 + ALT. SUR VARIANTE 2 + TRAMO COMÚN 3: 22+210 m

DIFERENCIA LONGITUDINAL ENTRE ALTERNATIVA 1 NORTE Y ALTERNATIVA 2 SUR: 1.20 Km

2.7. RESUMEN DE LONGITUDES POR PUENTES

Tabla 7. Resumen de longitudes de puentes

PUENTE	TRAMO	LONGITUD (m)
PUENTE 1	TRAMO COMÚN 1	40
PUENTE 2-N	ALT. NORTE VARIANTE 1	70
PUENTE 2-S	ALT. SUR VARIANTE 1	70
PUENTE 3	TRAMO COMÚN 2	35
PUENTE 4-N	ALT. NORTE VARIANTE 2	60
PUENTE 4-S	ALT. SUR VARIANTE 2	70
PUENTE 5-S	ALT. SUR VARIANTE 2	50

Número de puentes con la Alternativa 1 Norte: 4 Puentes

Número de puentes con la Alternativa 2 Sur: 5 Puentes

2.8. SECCIÓN TÍPICA DE LA VÍA CLASE III

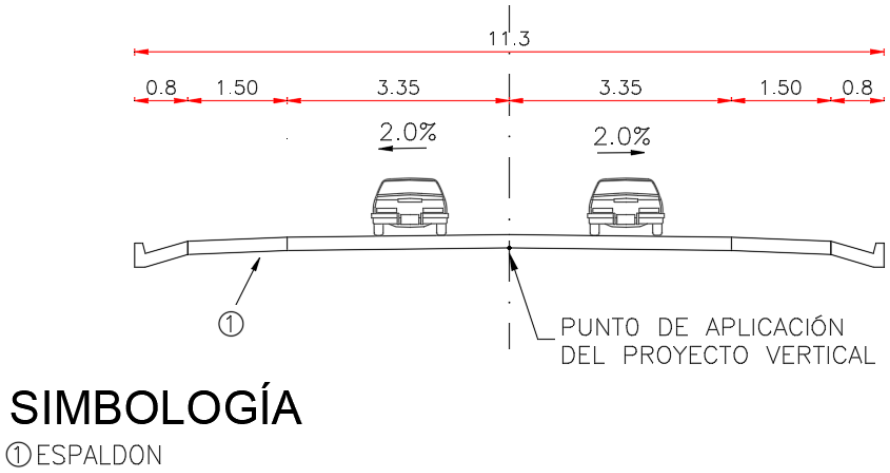


Figura 5. Sección típica de vía Clase III

3. CRITERIO DE PONDERACIÓN Y CALIFICACIÓN DE RUTAS

Antes de detallar los criterios de ponderación y calificación de rutas, se resumen las alternativas consideradas en la evaluación. La primera alternativa se alinea con el trazado actual que pasa por Paraíso de Villao y sigue el curso del río existente, considera además la variante denominada ruta 1 Norte V1 en el km 5+700, explicado en el capítulo 2.1, a partir de este punto se le conocerá a esta propuesta como **Ruta 0**. La segunda alternativa, conocida como **Ruta 1 Norte**, consta de la variante denominada ruta 1 Norte V1 en el km 5+700, manteniendo el trazado principal en el sector Providencia de Villao, considera además la variante ruta 1 Norte V2, en el km 11+400, que rodearía Paraíso de Villao por la parte alta, lado Norte, para evitar la zona de inundación. La tercera alternativa, conocida como **Ruta 1 Sur**, consta de la variante denominada ruta 2 Sur V1 en el km 5+700, siguiendo el trazado alternativo en el sector Providencia de Villao, considera además la variante ruta 2 Sur V2, en el km 11+400, que rodearía Paraíso de Villao por la parte alta, lado Sur, para evitar la zona de inundación.

Para la evaluación y selección de la ruta óptima entre las tres alternativas propuestas, se han determinado nueve aspectos clave. A cada uno de estos aspectos se le asigna un peso distinto (entre 10 y 15), reflejando su importancia relativa en el análisis integral del proyecto. Los criterios considerados se describen a continuación:

1. Estabilidad geológica: Se considera un peso medio (10) debido a su influencia en la integridad y seguridad de la infraestructura vial. Una geología estable es crucial para minimizar el riesgo de deslizamientos, asentamientos y otros problemas geotécnicos que pueden llevar a fallos estructurales o necesidad de reparaciones frecuentes.
2. Trazado geométrico: Se considera un peso medio (10) ya que el diseño geométrico es fundamental para la seguridad y eficiencia de la vía. Un diseño deficiente podría resultar en un incremento de accidentes y costos de mantenimiento.
3. Inversión Inicial: Se considera un peso alto (15) ya que la viabilidad económica de cada alternativa está en función de las limitaciones presupuestarias del proyecto.

4. Vida útil: Se considera un peso medio (10) ya que la durabilidad de la vía es una necesidad central del proyecto, a largo plazo podría implicar costos no considerados por mantenimiento.
5. Afectaciones a Infraestructura privada: Se considera un peso medio (10) ya que, aunque el impacto a la propiedad privada es una preocupación importante para los habitantes afectados, se podrán aplicar estrategias de remediación de daños.
6. Afectaciones a cultivos y árboles: Se considera un peso medio (10), importante desde una perspectiva ambiental y económica, pero con potencial de mitigación.
7. Análisis de riesgos: Se considera un peso medio (10), este criterio aborda la exposición a fenómenos naturales que podrían afectar la infraestructura, como inundaciones, sismicidad, erosión y movimientos de masa. Este peso medio indica que, si bien estos riesgos son significativos, se presupone que, con un diseño adecuado y medidas de mitigación, pueden ser gestionados eficazmente, sin requerir la máxima prioridad en la planificación inicial.
8. Aceptación social: Se considera un peso alto (15) por su importancia para la viabilidad del proyecto. El proyecto puede fracasar si no se cuenta con el apoyo comunitario, especialmente en las fases de construcción.
9. Impacto en el desarrollo económico local: Se considera un peso medio (10), aunque un proyecto vial puede influir notablemente en el desarrollo económico de una región, a través de aumentar el acceso al mercado, fomentar el turismo y atraer inversiones, en el proyecto en cuestión no tiene mayor incidencia dado que no existen poblados por las alternativas en la zona de inundación. Se hará mayor enfoque a la conectividad con caminos ya existentes.

En la *Tabla 8* se resumen los pesos considerados para cada uno de los criterios establecidos.

Tabla 8. Criterios de ponderación para evaluar alternativas

PUNTO DE VISTA	CRITERIO	PESOS
Técnico	01. Estabilidad geológica	***10***
	02. Trazado geométrico	***10***
Económico	03. Inversión Inicial	***15***
	04. Vida útil	***10***
Ambientales	05. Afectaciones a Infraestructura privada	***10***
	06. Afectaciones a cutivos y árboles	***10***
	07. Análisis de riesgos e inundación	***10***
Sociales	08. Aceptación social	***15***
	09. Impacto en el desarrollo económico local	***10***

La matriz de ponderación se diseñó para evaluar y comparar de manera objetiva las posibles rutas o alternativas según una serie de criterios previamente establecidos. El grado de recomendabilidad de cada ruta se calificó en una escala de 1 a 4, donde:

- Calificación de 4: Se asignó a la alternativa que se consideró como la mejor opción o muy recomendable. Esto indica que la ruta cumple de manera óptima con el criterio evaluado y es considerada la más favorable dentro del contexto del proyecto.
- Calificación de 3: Se otorgó a alternativas que, sin ser las óptimas, se ajustan de manera adecuada a los requerimientos y presentan una buena viabilidad.
- Calificación de 2: Se asignó a las opciones que, aunque son aceptables, presentan ciertas limitaciones o desventajas que las hacen menos preferentes que las calificadas con 3 o 4.

- Calificación de 1: Corresponde a la opción menos recomendable, indicando que la ruta tiene serias desventajas o no cumple adecuadamente con el criterio evaluado.

Se planteó una metodología sencilla que consistió en calificar cada uno de los aspectos para las alternativas. Se multiplicó cada una de las calificaciones por el correspondiente peso del criterio para reflejar su importancia relativa. La suma de estas ponderaciones resultó en un puntaje total que facilita la comparación objetiva entre las diferentes rutas. Se consideró como más viable la alternativa que, en sumatoria, obtuvo el mayor puntaje.

El detalle de la calificación que se dio a cada aspecto se describe en los siguientes numerales.

3.1. ESTABILIDAD GEOLÓGICA

La Ruta 2 Norte atraviesan la Formación Angostura, una secuencia de capas sedimentarias que pueden variar en compactación y cohesión. Las formaciones sedimentarias, por su propia naturaleza, suelen tener estratos con diferencias en la densidad y el tamaño de grano, lo que puede llevar a una distribución desigual de las cargas y posiblemente a asentamientos. Esto puede provocar deformaciones en la superficie de la vía, afectando su funcionalidad. En consecuencia, se otorga a la Ruta 0 y la Ruta 1 Norte una **calificación de 3** en estabilidad geológica, indicando una preocupación significativa por el potencial de deterioro a lo largo del tiempo debido a la naturaleza de su sustrato geológico.

Por su parte, la Ruta 0 y la Ruta 2 Sur está apoyada por la Formación Piñón, caracterizada por rocas ígneas como basalto, conocidas por su resistencia y estabilidad estructural. La densidad y la uniformidad del basalto ofrecen una base sólida y coherente, resistente a los asentamientos y a la deformación bajo cargas estáticas y dinámicas. Esto se traduce en una mayor vida útil de la vía, con un menor riesgo de deterioro por inestabilidad del terreno. Por lo tanto, la Ruta 2 Sur recibe una **calificación de 4**, reflejando una base geológica óptima que minimiza el potencial de daños estructurales en la infraestructura vial y promueve su estabilidad a largo plazo.

Dado que las evaluaciones representan un análisis preliminar de las condiciones geológicas, es esencial subrayar la importancia de realizar estudios geológicos detallados en fases posteriores del proyecto, independientemente de la alternativa seleccionada.

3.2. TRAZADO GEOMÉTRICO

Desde el punto de vista de trazado geométrico, a partir de los trazados pre-preliminares de las rutas, se han obtenido características geométricas generales, las cuales sirven para definir cuál de las rutas posee un mejor trazado geométrico.

La Ruta 0 actual es la que presenta menores características geométricas debido a la cantidad de curvas que incluirá por los meandros en el río, no se ha realizado un análisis minucioso de esta alternativa por lo deficiente que resultaría. Por ello, ha recibido una **calificación de 1**.

La Ruta 1 Norte tiene adecuadas características geométricas, ya que en todo su trazado horizontal se presentan curvas con velocidades de diseño de 60 km/h, cumpliendo de esta forma las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico MOP 2003. En lo referente a su trazado vertical, la ruta atraviesa por una zona de topografía Ondulada – montañosa, es por ello que, el trazado vertical genera pendientes máximas del 8.24%

en una longitud de 70 metros. Posteriormente hasta empatar con el tramo en común abscisa 14+500, esta ruta tiene una pendiente superior al 12.75%, ingresando a una orografía de tipo montañosa hasta el final del proyecto; es por ello que se la ha otorgado una **calificación de 4**.

La Ruta 2 Sur tiene adecuadas características geométricas horizontales, ya que en todo su trazado horizontal se presentan curvas con velocidades de diseño de 60 km/h, cumpliendo de esta forma las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico MOP 2003. En lo referente a su trazado vertical, la ruta 2 atraviesa por una zona de topografía montañosa, es por ello que, el trazado vertical genera pendientes máximas del 12.69%, es por ello que se la ha otorgado una **calificación de 3**.

El trazado vertical ha permitido determinar que tanto las pendientes máximas y mínimas se encuentren en el rango del 0.5% y 9% respectivamente. Las Rutas 1 y 2 cumplen con las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico MOP 2003 para vías tipo III sobre terrenos ondulados-montañosos. Las puntuaciones que se les ha dado a cada Ruta servirán para la toma de decisiones de selección de la ruta más favorable y poder continuar con los estudios de ingeniería definitivos.

3.3. INVERSIÓN INICIAL

El criterio de inversión inicial es esencial para determinar la viabilidad económica de las rutas propuestas. La evaluación de este criterio se centró en estimar los costos iniciales asociados con la construcción de cada ruta, incluyendo los gastos de materiales, mano de obra, maquinaria y cualquier otro costo indirecto relevante.

En la *Tabla 9* se presentan los costos preliminares totales de construcción para cada alternativa. Una vez determinados los costos totales, se determinó un costo por longitud para cada alternativa.

Tabla 9. Costos totales para cada alternativa

TRAMO	LONGITUD (KM)	COSTO/KM	COSTO TOTAL
RUTA 1 NORTE	21.0	$ 1,103,549	$23,180,039
RUTA 2 SUR	22.2	$ 1,108,270	$24,580,853

La Ruta 0 actual no ha sido desglosada por la complejidad que implicaría incluir varios puentes adicionales en el trazado. Esto aumentaría los costos excesivamente y recibe por tal razón una **calificación de 1**. La Ruta 1 Norte resulta la más económica por una diferencia de $1,400,000 aproximadamente, esto se debe especialmente por su longitud menor, por este motivo se le ha otorgado una **calificación de 4**. La Ruta 2 Sur presenta una longitud mayor debido a que el trazado sur, incluye un kilómetro adicional por Providencia de Villao, además en la zona de inundación incluye un puente adicional, lo que aumenta el coste por kilómetro de esta alternativa. Por tal motivo se le ha asignado una **calificación de 3**.

3.4. VIDA ÚTIL

La vida útil de una infraestructura vial es un factor crítico que debe anticiparse en el diseño y planificación de las rutas. Esta no solo depende de la densidad del tráfico esperado sino también de las condiciones geográficas y ambientales que puedan afectar la durabilidad de la vía.

La Ruta 0, al estar situada en proximidad a cursos de agua, enfrenta un riesgo más elevado de erosión y daños por inundaciones, factores que reducen significativamente

su vida útil proyectada. Debido a su vulnerabilidad ante estos eventos naturales y las restricciones de desarrollo urbano, la Ruta 0 se ha **calificado con 1**, anticipando una necesidad de intervención temprana y posiblemente una reubicación o rediseño de la ruta en un plazo más corto.

Por otro lado, las Rutas 1 y 2, cuentan con la ventaja de ubicarse en zonas elevadas reduciendo su vulnerabilidad ante inundaciones por tanto la necesidad de mantener la vía a largo plazo. A pesar de que ambas requerirán mantenimiento regular debido a factores normales de desgaste y exposición ambiental, se espera que este sea menos frecuente y menos extenso en comparación con la Ruta 0. Por lo tanto, las Rutas 1 y 2 reciben una **calificación de 3**, reflejando una vida útil prolongada y un mantenimiento gestionable que se ajusta a los estándares actuales de construcción y sostenibilidad.

3.5. AFECTACIONES A INFRAESTRUCTURA PRIVADA

Este criterio evalúa el impacto directo de las rutas en las propiedades privadas, incluyendo viviendas y terrenos. Este aspecto es vital por las implicaciones legales, sociales y económicas que conlleva.

La Ruta 0 y Ruta 1 Norte presentan un menor impacto en este sentido. Atravesando áreas menos densamente pobladas, estas rutas impactarían solo a unas pocas casas y algunos terrenos agrícolas. Dado que el número de propiedades afectadas es limitado y las implicaciones para reubicación o compensación son manejables, se les ha otorgado una **calificación de 3**.

Por otra parte, la Ruta 2 Sur, en el km 5+700, bordea por Providencia de Villao, y ampliar la vía existente afectará a gran parte de la población de dicho sector. Aunque esta ruta no afectará a crucialmente a propiedades privadas por la zona de inundación, su proximidad a una zona poblada en el kilómetro 5 significa que cualquier expansión podría tener consecuencias significativas para muchos residentes. Por lo tanto, se le otorgará una **calificación de 2**.

3.6. AFECTACIONES A CULTIVOS Y ÁRBOLES

El impacto sobre los recursos naturales y la actividad agrícola es una consideración ambiental y económica de importancia en la planificación de rutas viales. Este criterio mide las consecuencias de la construcción de las rutas en bosques y áreas de cultivo, que son vitales para la biodiversidad y el sustento de la comunidad local.

La Ruta 0, al seguir el trazado actual, no incurre en nuevas afectaciones a bosques ni tierras agrícolas. Esta característica elimina prácticamente el impacto directo sobre los recursos naturales existentes, manteniendo intacta la cobertura vegetal y evitando alteraciones en las áreas de cultivo (únicamente se ampliará la vía en ciertas zonas sin mayor afección). Por lo tanto, se otorga a la Ruta 0 una **calificación de 4**.

En contraste, las Rutas 1 Norte y 2 Sur, se adentran por igual en áreas que contienen tanto bosques como cultivos, particularmente en la zona de inundación. Ambas rutas, al expandirse en territorios que implican una significativa alteración de los ecosistemas naturales y las áreas agrícolas, demandan una cuidadosa consideración de los efectos en la biodiversidad y las prácticas agrícolas locales. En este sentido, tanto la Ruta 1 Norte como la Ruta 2 Sur son medianamente recomendables y se les asigna una **calificación de 2**, reflejando la necesidad de estrategias de mitigación efectivas y esfuerzos de reforestación para minimizar las consecuencias de la construcción.

3.7. ANÁLISIS DE RIESGOS

Este apartado evalúa de manera detallada los riesgos asociados con movimiento de masas, inundaciones, intensidad sísmica, y erosión, proporcionando un enfoque técnico basado en el porcentaje del área de cada ruta susceptible a estos fenómenos.

- Movimiento de Masas: La Ruta 2 Sur muestra una alta susceptibilidad a movimientos en masa, con un 23% de su área afectable, comparado con el 18% de la Ruta 1 Norte. Esta diferencia indica una mayor propensión de la Ruta 2 Sur a enfrentar desafíos relacionados con la estabilidad del terreno.
- Inundaciones: En cuanto a las zonas propensas a inundaciones, la Ruta 2 Sur presenta un 18% de susceptibilidad frente a un 14% de la Ruta 1 Norte. Aunque ambas rutas están expuestas a este riesgo, la Ruta 2 Sur se encuentra ligeramente más comprometida.
- Intensidad Sísmica: Ambas rutas, Ruta 2 Sur y Ruta 1 Norte, se ubican en zonas de muy alta intensidad sísmica, compartiendo una equivalente susceptibilidad del 86%. Este factor igualitario resalta la importancia de consideraciones sísmicas en el diseño de ambas rutas.
- Erosión: La susceptibilidad a la erosión es ligeramente mayor en la Ruta 2 Sur, con un 7.8%, en comparación con el 7.3% de la Ruta 1 Norte. Aunque las diferencias son mínimas, sugieren una mayor vulnerabilidad de la Ruta 2 Sur a la pérdida de suelo y deterioro superficial.

Con base en esta evaluación técnica detallada, las calificaciones asignadas reflejan el balance general de riesgos para cada ruta. La Ruta 0 recibe una **calificación de 2**, especialmente por encontrarse a nivel del río, estando propensa a inundaciones y desgastes por la erosión. La Ruta 1 Norte es **calificada con 4**, ya que es la alternativa con la menor susceptibilidad, haciendo que sea la opción más segura y estable. Por otro lado, la Ruta 2 Sur, enfrentando un mayor porcentaje de área susceptible a varios riesgos, especialmente al movimiento de masas y a las inundaciones, recibe una **calificación de 3**. Esto refleja un mayor desafío en términos de gestión de riesgos, aunque todavía dentro de un margen manejable con las adecuadas medidas de mitigación.

3.8. ACEPTACIÓN SOCIAL

La aceptación social de un proyecto de infraestructura es fundamental para su éxito y sostenibilidad a largo plazo. Este criterio evalúa el apoyo de las comunidades locales hacia las rutas propuestas, basándose en consultas con los comuneros de la región.

La Ruta 0 enfrenta una oposición por parte de la comunidad local, reflejada en una **calificación de 1**. El principal motivo de esta resistencia se debe a la construcción de varios puentes para cruzar el río, pues existe una preocupación fundada en el conocimiento de la fuerza del río y las experiencias pasadas. La comunidad expresa dudas sobre la seguridad y la eficacia de esta solución, además de la preocupación por el tiempo extendido de construcción que esto implicaría.

Por el contrario, la Ruta 1 es la opción más apoyada por la comunidad, recibiendo una **calificación de 4**. Este apoyo se basa en la posibilidad de conectar caminos existentes que se ubican por encima de la zona de influencia del río, evitando así los desafíos asociados con los cruces fluviales. Esta opción es vista como más segura y factible por los locales, que valoran la continuidad con la infraestructura vial existente y la menor afectación a la vida comunitaria.

En cuanto a la Ruta 2, la presencia del río Quisquisale crea una barrera que dificulta la conexión con otras áreas (ver *Figura 6*), lo que reduce su aceptación a una **calificación de 3**. Aunque esta ruta podría ofrecer un camino directo hacia ciertas zonas, el impedimento del río, junto con una mayor afectación a las viviendas en comparación con la Ruta 1, disminuye su viabilidad según la comunidad.

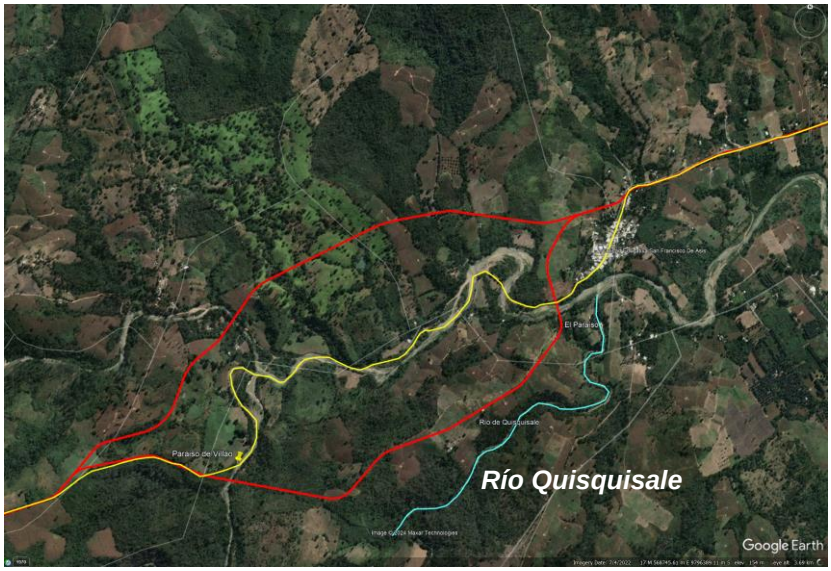


Figura 6. Implantación de Ruta 2 Sur entre río Villao y río Quisquisale

3.9. IMPACTO EN EL DESARROLLO ECONÓMICO LOCAL

El análisis del impacto en el desarrollo económico local es esencial para comprender los beneficios que las rutas propuestas pueden aportar a las comunidades circundantes. Este criterio evalúa cómo las alternativas de ruta promueven el crecimiento económico, la creación de empleo y el fortalecimiento de las economías locales.

Tanto la Ruta 0 como la Ruta 2 Sur son beneficiosas para la economía local, particularmente en Villao, al facilitar el transporte de cultivos hacia Pedro Carbo y mejorar las conexiones comerciales dentro de la región. A pesar de sus ventajas, se les otorga una **calificación de 3**. Este puntaje refleja el reconocimiento de sus contribuciones positivas, aunque se considera que otra alternativa presenta un potencial aún mayor para impulsar el desarrollo económico local.

La Ruta 1 Norte se distingue por su capacidad para vincularse con caminos ya existentes (ver *Figura 7*) que conducen directamente a áreas con una densa actividad agrícola, específicamente en la zona propensa a inundaciones. Esta conexión directa con terrenos cultivables, a pesar de implicar recorridos más largos que los de la Ruta 1 Sur, es de particular importancia ya que proporciona acceso vital a mercados y servicios para los productos de la zona. Por lo tanto, se le asigna una **calificación de 4**, destacándola como la opción más favorable para el desarrollo económico local.

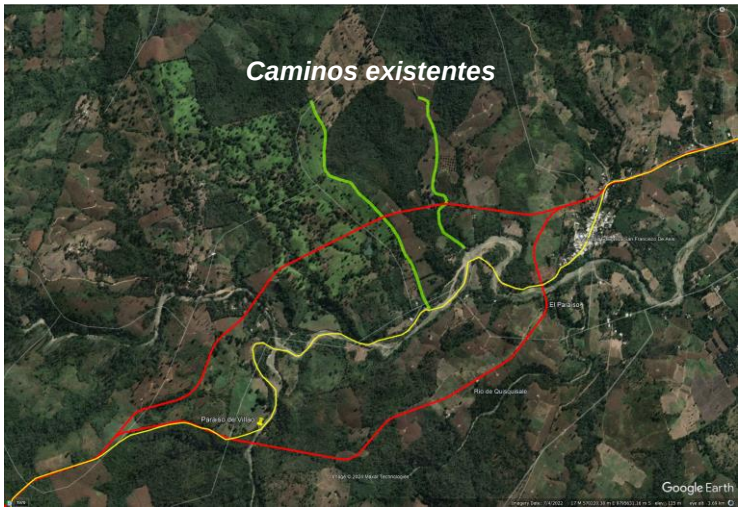


Figura 7. Caminos existentes y Ruta 1 Norte conectados

La evaluación del impacto económico destaca la importancia de elegir proyectos que no solo satisfagan las necesidades de infraestructura, sino que también maximicen los beneficios para el desarrollo económico y el bienestar de las comunidades involucradas. Las diferencias en las calificaciones reflejan el potencial variado de cada ruta para influir en el crecimiento económico local, teniendo en cuenta su ubicación, la densidad poblacional en sus trayectorias y la capacidad de conectar eficazmente con áreas más amplias.

4. RESUMEN DE ANÁLISIS DE RUTAS

Una vez analizado cada uno de los criterios, se procedió a asignar los parámetros dentro de una matriz de ponderación, permitiendo una evaluación objetiva y equitativa de cada ruta propuesta. Los criterios evaluados incluyen:

- Estabilidad geológica
- Trazado geométrico
- Inversión inicial
- Vida útil
- Afectaciones a infraestructura privada
- Afectaciones a cultivos y árboles
- Análisis de riesgos
- Aceptación social
- Impacto en el desarrollo económico local.

Cada criterio se calificó en una escala de 1 a 4, donde 4 representa la mejor evaluación posible y 1 la menos favorable. En la *Tabla 10* se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 10. Matriz de ponderación para selección de ruta

MATRIZ DE PONDERACIÓN								
PUNTO DE VISTA	**CRITERIO**	**PESO**	**CALIFICACIÓN**			**PONDERACIÓN**		
			0	**1**	**2**	**0**	**1**	**2**
Técnico	01. Estabilidad geológica	10	●	◕	●	40	30	40
	02. Trazado geométrico	10	◔	●	◕	10	40	30
Económico	03. Inversión Inicial	15	◔	●	◕	15	60	45
	04. Vida útil	10	◔	◕	◕	10	30	30
Ambientales	05. Afectaciones a Infraestructura privada	10	◕	◕	◑	30	30	20
	06. Afectaciones a cutivos y árboles	10	●	◕	◕	40	30	30
	07. Análisis de riesgos e inundación	10	◔	●	●	10	40	40
Sociales	08. Aceptación social	15	◔	●	◕	15	60	45
	09. Impacto en el desarrollo económico local	10	◕	●	◕	30	40	30
TOTAL		**100**				200	360	310
Orden de viabilidad para selección de alternativas:						**3**	**1**	**2**

SIMBOLO	CALIFICACIÓN
◔	1: No recomendable
◑	2: Medianamente recomendable
◕	3: Recomendable
●	4: Muy recomendable

Tras analizar cada una de las alternativas, se determina que la Ruta 1 Norte resulta la de mayor puntuación, debido a que resulta ser la de mayor recomendabilidad para la mayoría de aspectos analizados.

La Ruta 0, a pesar de corresponder al trazado actual, muestra una menor viabilidad en comparación con las otras opciones y resulta descartada por factores como:

- Trazado geométrico deficiente, requiriendo curvas que posiblemente no cumplan con los límites establecidos, implicando realizar trazados que ingresen a terrenos privados. Para el realizar aquello, resulta mejor trabajar con las otras alternativas que resultan más seguras para el proyecto.
- Mayores costos de construcción por la cantidad de puentes requeridos.
- Vida útil menor a las otras alternativas dado a que estaría aledaña al río, siendo propensa a inundaciones y erosión, requiriendo mantenimiento de manera más seguida y reduciendo su vida útil proyectada.
- Aceptación social, existe una preocupación infundada en los habitantes de Villao de que una vía por el trazado actual sea dañada por el río y no esté habilitada la mayor parte del año como ocurre actualmente. Además, entienden que los costos del proyecto serían elevados por la cantidad de puentes y no quieren que el proyecto tarde en ejecutarse, pues esta vía es una necesidad para dicha población por varios años.

Por otra parte, la Ruta 2 Sur se descarta debido a que en comparación con la alternativa 1 Norte se enfrenta a:

- Mayores costos de construcción, por la variante en el km 5+700 en Providencia de Villao.
- Mayores riesgos de erosión, movimiento de masas e inundación.
- Menor apoyo social y menor impacto en la economía local, debido a que existen menos caminos existentes a otros sectores de la región.

Durante la selección de la ruta más adecuada se realizaron varios recorridos de campo y reuniones de trabajo con la participación de técnicos de la Consultora, de la Supervisión de la Prefectura del Guayas; a continuación, se resaltan los que tuvieron los resultados más relevantes para la elección de la ruta seccionada:

- Exploración inicial de profesionales de la Consultora para realizar una evaluación de varias rutas en la franja de proyección del proyecto, dentro de lo cual se eligieron tres rutas, como las más idóneas para su análisis.

- Recorrido inicial con funcionarios de la Prefectura del Guayas para definir las alternativas de trazado, identificando las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

- Luego del análisis técnico, económico, ambiental y social realizado, se estableció que la Ruta 1 Norte, de una longitud aproximada de 21.0 km, es la de mejor calificación, por lo que esta ruta es la que la empresa consultora recomienda para continuar con los estudios subsiguientes.

5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ALTERNATIVA 1 NORTE

Tras identificar la ruta óptima, se procedió a elaborar el estudio socioeconómico y evaluación económica de la alternativa seleccionada con el fin de determinar su viabilidad económica. De este modo se puede garantizar que la inversión sea segura y rentable a largo plazo, siendo un proyecto beneficioso para la región. El documento adjunto *"Estudio Socioeconómico y Evaluación Económica"* proporciona un desglose completo de la evaluación económica realizada. A continuación, se resume la metodología utilizada y se destacan los resultados más relevantes derivados de este estudio.

5.1. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN ECONÓMICA

1. Recolección de Datos: Se llevaron a cabo análisis de uso de suelo para comprender cómo la infraestructura planificada afecta y se integra con la comunidad local. También se realizaron conteos vehiculares preliminares que proporciones una visión clara del tráfico actual, esencial para prever la capacidad requerida de la vía mejorada. Adicionalmente, se recopilaron datos sobre los costos de materiales y construcción, para estimar los costos de la alternativa seleccionada.
2. Estudio de Tráfico: Se analiza el tráfico vehicular actual y se proyecta el futuro tráfico mediante el uso de tasas de crecimiento vehicular y modelos estadísticos. Este análisis es fundamental para entender la demanda existente y futura en la vía, lo que permite realizar la evaluación económica del proyecto.
3. Análisis de Costos de Operación: Utilizando el modelo "Vehicle Operating Costs Model" (VOC), se calculan los costos operativos asociados a las alternativas de sin proyecto y con proyecto. Este análisis detallado permite identificar los ahorros potenciales en términos de costos de operación vehicular resultantes de la mejora de la infraestructura vial.
4. Evaluación de Beneficios: Se cuantifican los beneficios directos e indirectos derivados del proyecto, incluyendo ahorros en los costos de operación de vehículos y la revalorización de los terrenos adyacentes.
5. Cálculo de costos anuales: Esta etapa implica sumar todos los gastos previstos durante la vida útil del proyecto, incluyendo costos de operación, mantenimiento, y posibles costos indirectos o variables.

6. Flujo de caja: Una vez estimados los costos anuales, se procede a elaborar un balance anual por el período de retorno del proyecto. Este balance incluye la proyección de flujos de caja, tanto de ingresos como de egresos, durante la vida útil estimada del proyecto. La elaboración de un flujo de caja detallado es fundamental para comprender el rendimiento financiero del proyecto año tras año, permitiendo una evaluación precisa de la capacidad del proyecto para generar valor económico.
7. Análisis Económico y Financiero: Con base en el balance anual y el flujo de caja proyectado, se realiza un análisis financiero profundo del proyecto. Este análisis utiliza indicadores financieros esenciales, como el Valor Actual Neto (VAN), que mide la rentabilidad total del proyecto descontando los flujos futuros a una tasa de interés particular; la Tasa Interna de Retorno (TIR), que identifica el porcentaje de rentabilidad esperada del proyecto; y la relación Beneficio-Costo, que compara los beneficios económicos totales con los costos totales. Estos indicadores son decisivos para determinar si el proyecto justifica la inversión desde una perspectiva económica y financiera.

5.2. COSTOS DE INDEMNIZACIONES, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

5.2.1. COSTOS DE INDEMNIZACIONES DE TIERRAS

La estimación de los costos por indemnización de tierras para el proyecto carretero FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL busca garantizar una compensación justa a los propietarios afectados por la adquisición de sus terrenos. Esto implica:

- Evaluación de las propiedades: Determinación del valor de mercado de las tierras a ser adquiridas basándose en criterios objetivos y actuales.
- Determinación de la cobertura vegetal: Se realiza un análisis detallado del uso de suelo actual en las tierras a ser adquiridas (ver *Figura 8*). Para la franja del trazado de la vía, tierra agropecuaria ocupa un 88.74%, bosque 8.36% y vegetación arbustiva y herbácea 2.92%.

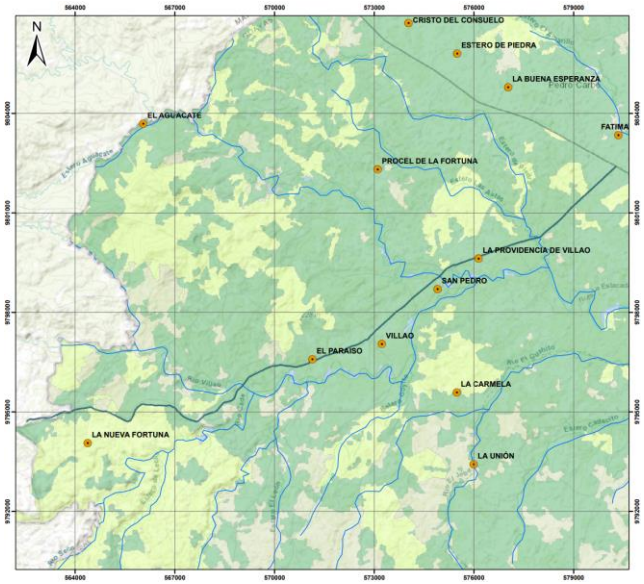


Figura 8. Cobertura vegetal para Alternativa Norte

En base a los valores de mercado por hectárea y la clasificación de la cobertura vegetal, se calcula el monto total a indemnizar por cada ítem. El costo total por indemnizaciones se presenta en la *Tabla 11*.

Tabla 11. Costos directos por indemnizaciones para carretera Fátima-Villao-Límite Provincial

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	COSTO/Ha	COSTO $
Tierra Agropecuaria	89.72	5000	448600
Bosque Nativo	8.46	4000	33840
Vegetación Arbustiva	2.96	3000	8880
Cuerpo de Agua	0		
Total Área	101.1		**$491,320.00**

5.2.2. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

El cálculo del costo de construcción de la carretera FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, sirve para alcanzar los siguientes objetivos:

- Cálculo de los costos de construcción en términos financieros que sirven para programar la inversión.
- Cálculo de los costos de construcción en términos económicos, sirven para la etapa de evaluación del proyecto, con el fin de determinar su rentabilidad.

Tabla 12. Costos directos de construcción de carretera Fátima-Villao-Límite Provincial

Término	Descripción	Costo Directo	Coeficiente
A	Emulsiones asfálticas	2,220,808.11	0.116
B	Cuadrilla Tipo	1,699,592.67	0.089
C	Cemento Portland - Tipo I	695,253.06	0.036
D	Combustibles (Mezcla 5% gasolina extra; 95% Diesel) (O)	245,332.38	0.013
E	Equipo y maquinaria de Construc. vial	4,784,389.16	0.251
F	Tubos y Acc. de hierro o acero (I)	149,050.00	0.008
P	Materiales pétreos	4,269,432.06	0.224
Q	Construcción de puentes	4,510,000.00	0.236
S	Tubos y accesorios de PVC - Para alcantarillado	58,814.00	0.003
T	Acero en barras	10,569.85	0.001
X	Indice General de la Construcción	433,901.30	0.023
	Totales:	**19,077,142.59**	**1.000**

PR = P0 (0.11600 A1/A0 + 0.08900 B1/B0 + 0.03600 C1/C0 + 0.01300 D1/D0 + 0.25100 E1/E0 + 0.00800 F1/F0 + 0.22400 P1/P0 + 0.23600 Q1/Q0 + 0.00300 S1/S0 + 0.00100 T1/T0 + 0.02300 X1/X0)

Viene del Presupuesto Preliminar, coeficientes de formula polinómica.

Tabla 13. Desglose de costos de inversión de la vía a precios de mercado y eficiencia

DESCRIPCIÓN DE RUBROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO		
	PRECIOS DE MERCADO	PRECIOS DE EFICIENCIA
TOTAL COSTOS DIRECTOS OBRA CIVIL: (A)	$19,077,142.59	$17,411,811.06
TOTAL COSTOS INDIRECTOS OBRA CIVIL: (B)	$4,102,896.41	$3,744,735.71
COSTOS DE FISCALIZACIÓN: (C)	$1,159,001.95	$1,159,001.95
REAJUSTES DE PRECIOS (D)	723217.22	$723,217.22
CONTINGENCIAS (E)	$463,600.78	$463,600.78
TOTAL COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO: (A+B+C+D+E)	**$25,525,858.95**	**$23,502,366.72**

***Fuente**: Estudio de ingeniería*
***Elaboración**: Equipo consultor*

Los factores de conversión (RPC) son los que hoy en día están en plena vigencia, mismo que ha sido tomado del Banco del Estado Sucursal Guayaquil y de los boletines informativos de la Cámara de la Construcción de Guayaquil, de donde se obtienen los índices de precios de materiales, equipo y maquinaria de la construcción.

Costo de Construcción Financiero (dólares USA): 25’525.858,95

Costo de Construcción Económico (dólares USA): 23’502.366,72

5.2.3. COSTOS DE MANTENIMIENTO POR AÑO

El costo de Mantenimiento de la Carretera FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL ha sido determinado para los primeros 10 años de funcionamiento del proyecto, los mismos que se reflejaran en forma similar para los próximos 10 años, los mismos se presentan a continuación en la *Tabla 14*.

Tabla 14. Presupuesto anual de mantenimiento de la carretera Fátima-Villao-Límite Provincial

RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL		TIEMPO : ANUAL									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0. MANTENIMIENTO VIAL PARA LA CARRETERA FÁTIMA - LAS VEGAS DE 21 Km														
01. CALZADA				**POR AÑO**										
Bacheo asfaltico común Rubro: MR111 E	2592	$ 115.63	**$299,712.96**	$29,971.30		10.00000 %	15.00000 %	15.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
						29971.296	44956.944	44956.944	29971.296	29971.296	29971.296	29971.296	29971.296	29971.296
Sellado de fisuras superficiales Rubro: MR112 E	1936267.5	$ 1.20	**$2,323,521.00**	$232,352.10		10.00000 %	15.00000 %	15.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
						232352.1	348528.15	348528.15	232352.1	232352.1	232352.1	232352.1	232352.1	232352.1
02. DRENAJE Y CUNETAS														
Limpieza de cunetas y encauzamientos Rubro: MR121 E	170730	$ 6.16	**$1,051,696.80**	$105,169.68	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
					$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28	$ 17,528.28
Limpieza de alcantarillas Rubro: MR123 E	5520	$35.15	**$194,028.00**	$19,402.80	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
					$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88	$ 886.88
03. SERVICIOS VARIOS														
Roza a mano Rubro: MR131 E	600	$ 388.08	**$232,848.00**	$23,284.80	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
					$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48	$ 2,328.48
Mantenimiento de Señales verticales Rubro: MR133 E	420	$ 9.29	**$3,901.80**	$390.18	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
					$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03	$ 65.03
Limpieza de derrumbes Rubro: MR311 E	9931.8	$ 8.82	**$87,598.48**	$8,759.85	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %	10.00000 %
					$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98	$ 1,459.98
04. MEJORAMIENTOS														
Trabajos en Hormigón Rubro: MM431 E	4200	$ 156.57	**$657,594.00**	$65,759.40									50.00000 %	50.00000 %
													$ 54,799.50	$ 54,799.50
Colocación de nueva tubería para alcantarilla d=1200mm Rubro: MM433 E	240	$ 271.93	**$65,263.20**	$6,526.32									50.00000 %	50.00000 %
													$ 5,438.60	$ 5,438.60
Colocación de nuevas señales de transito Rubro: MM434 E	768	$ 96.62	**$74,204.16**	$7,420.42										100.00000 %
														$ 12,367.36
Base granular Clase II, tendido y compactado	25000	$ 16.32	**$408,000.00**	$40,800.00										100.00000 %
														$ 20,400.00
Carpeta asfaltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta	928800	$ 9.02	**$8,377,776.00**	$837,777.60										100.00000 %
														$ 883,960.00
INVERSION MENSUAL					$ 22,268.65	$ 65,989.21	$ 87,849.49	$ 87,849.49	$ 65,989.21	$ 65,989.21	$ 65,989.21	$ 65,989.21	$126,227.31	$ 1,042,954.67
AVANCE PARCIAL EN %					1.31216 %	3.88836 %	5.17646 %	5.17646 %	3.88836 %	3.88836 %	3.88836 %	3.88836 %	7.43784 %	61.45526 %
INVERSION ACUMULADA					$ 22,268.65	$ 88,257.86	$ 176,107.35	$ 263,956.84	$ 329,946.05	$ 395,935.26	$ 461,924.47	$ 527,913.68	$ 654,140.99	$ 1,697,095.67
AVANCE ACUMULADO EN %					1.31%	5.20%	10.37%	15.55%	19.44%	23.33%	27.21%	31.10%	38.54%	100.00%

5.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La Evaluación económica del proyecto consiste en comparar los beneficios actualizados del proyecto, con los costos actualizados que éste demanda, lo que permite llegar a establecer la rentabilidad o no de la inversión, a través de los siguientes indicadores económicos: Valor Neto de Actualización (VAN), razón Beneficio / Costo (B/C) y Tasa interna de retorno (TIR).

Se considera el 12%[1] como Tasa de descuento o costo de Oportunidad del Capital y 20 años como la vida útil del proyecto.

5.3.1. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Los Beneficios cuantificados en el presente estudio y que son consecuencia de la mejora vial son:

- Ahorro en los costos de Operación de Vehículos, y
- Beneficios Exógenos debido al incremento de los terrenos aledaños al proyecto.

5.3.2. COSTOS PRELIMINARES DE ALTERNATIVA NORTE

Los Costos del Proyecto son los correspondientes a los Costos de: Construcción, Indemnizaciones, Mantenimiento de la Carretera que han sido determinados por el Equipo Consultor.

5.3.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Los resultados de la Evaluación Económica se detallan a continuación:

Tabla 15. Resultados de evaluación económica

FLUJO CON PROYECTO	**-$26,017,178.95**
VAN	**$104,704.25**
TIR	12.1%
VAN INGRESOS	**$937,597.40**
VAN EGRESOS	**$932,840.33**
Relación Beneficio / Costo	**1.01**

5.4. INDICADORES DE EVALUACIÓN

La evaluación de proyectos se realiza con el fin de poder decidir si es conveniente o no realizar un proyecto de inversión. Para este efecto, se deberá no solamente identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios, sino tener elementos de juicio para poder comparar varios proyectos coherentemente.

La evaluación se realiza en base a los siguientes criterios:

[1] Estimación de tasas de descuento para evaluaciones económicas de proyectos sociales en el Ecuador 2004, Dep. de Manejo de Proyectos del Banco del Estado.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El análisis costo-beneficio es una comparación sistemática entre todos los costos inherentes a determinado curso de acción y el valor de los bienes, servicios o actividades emergentes de tal acción. El propósito esencial de esta comparación es someter a escrutinio los méritos de un curso de acción propuesto, por lo general un determinado acto de inversión, planteando la posible opción de escoger otros cursos de acción alternativos. Poder realizar estas comparaciones exige que el proyectista reduzca todas las alternativas a un mismo patrón común que sea cuantificable objetivamente.

VALOR ACTUAL NETO

Una inversión es rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el flujo actualizado de los costos, cuando ambos son actualizados usando una tasa de descuento pertinente.

Los beneficios económicos, tal como se ha señalado anteriormente, incluyen los beneficios directos, los indirectos, las externalidades positivas; en el mismo sentido, los costos incluyen los directos, los indirectos, las externalidades negativas.

El VAN se define como el valor actualizado de los beneficios menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida.

a. Criterios de Decisión

Que el flujo descontado de los beneficios supere el flujo descontado de los costos. Como el centro de atención es el resultado de beneficios menos costos, el análisis se efectúa en torno a cero (ver *Tabla 16*).

Tabla 16. Criterios de decisión basados en el VAN

RESULTADO	DECISIÓN
Positivo (VAN > 0)	Se acepta
Nulo (VAN = 0)	Indiferente
Negativo (VAN < 0)	Se rechaza

TASA INTERNA DE RETORNO

Se define como aquella tasa de descuento que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, los beneficios actualizados iguales a los costos actualizados.

a. Criterio de Decisión

La TIR mide la rentabilidad económica del proyecto. Como criterio general, debe compararse la TIR del proyecto con la tasa de descuento económica (ver *Tabla 17*).

Tabla 17. Criterios de decisión basados en el TIR

RESULTADO	DECISIÓN
Mayor (TIR > 12%)	Se acepta
Igual (TIR = 12%)	Indiferente
Menor (TIR < 12%)	se rechaza

El criterio de la TIR adolece de serias dificultades, por lo que su uso debe siempre realizarse en conjunto con el VAN. Se señalan las siguientes:

- Si se produce más de un cambio de signo en los flujos, es posible más de una solución, es decir, puede haber varias TIR.
- El criterio de la TIR asume que los fondos liberados por el proyecto se reinvierten a esa misma tasa, cuando lo lógico es asumir que se invierten a la tasa de oportunidad.

RELACIÓN BENEFICIO COSTO

Como su nombre lo indica, se define por: el coeficiente entre los beneficios actualizados y los costos actualizados, descontados a la tasa de descuento (12%).

a. Criterios de Decisión

Como se trata de coeficiente el criterio de decisión es en torno a uno (ver *Tabla 18*).

Tabla 18. Criterios de decisión basados en la relación beneficio costo

RESULTADO	DECISIÓN
Mayor (B/C > 1)	Se acepta
Igual (B/C = 1)	Indiferente
Menor (B/C < 1)	Se rechaza

En la *Tabla 19*, se encuentran los resultados correspondientes al flujo de caja.

Tabla 19. Flujo de Caja del Proyecto: Carretera Fátima-Villao-Límite Provincial

Inversión	Año Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
	-$26,017,178.95																				
Beneficio Exógeno por Revalorización de los terrenos		6400000																			
Beneficio por Trafico		2,590,538.29	2,630,479.27	2,671,299.44	2,713,024.50	2,755,681.05	2,799,296.60	2,843,899.56	2,889,519.33	2,936,186.32	2,983,931.96	3,032,788.78	3,082,790.41	3,133,971.63	3,186,368.44	3,240,018.06	3,294,959.03	3,351,231.19	3,408,875.79	3,467,935.49	3,528,454.45
Total Ingresos	**-$26,017,178.95**	**8990538.29**	**2630479.27**	**2671299.44**	**2713024.50**	**2755681.05**	**2799296.60**	**2843899.56**	**2889519.33**	**2936186.32**	**2983931.96**	**3032788.78**	**3082790.41**	**3133971.63**	**3186368.44**	**3240018.06**	**3294959.03**	**3351231.19**	**3408875.79**	**3467935.49**	**3528454.45**
(-) Costos Mantenimiento		22268.65	65989.21	87849.49	87849.49	65989.21	65989.21	65989.21	65989.21	126227.31	1042954.67	22268.65	65989.21	87849.49	87849.49	65989.21	65989.21	65989.21	65989.21	126227.31	1042954.67
Total Egresos Operación		**22268.65**	**65989.21**	**87849.49**	**87849.49**	**65989.21**	**65989.21**	**65989.21**	**65989.21**	**126227.31**	**1042954.67**	**22268.65**	**65989.21**	**87849.49**	**87849.49**	**65989.21**	**65989.21**	**65989.21**	**65989.21**	**126227.31**	**1042954.67**
FLUJO CON PROYECTO	**-$26,017,178.95**	**8968269.64**	**2564490.06**	**2583449.95**	**2625175.01**	**2689691.84**	**2733307.39**	**2777910.35**	**2823530.12**	**2809959.01**	**1940977.29**	**3010520.13**	**3016801.20**	**3046122.14**	**3098518.95**	**3174028.85**	**3228969.82**	**3285241.98**	**3342886.58**	**3341708.18**	**2485499.78**

FLUJO CON PROYECTO	**-$26,017,178.95**
VAN	**$111,896.40**
TIR	12.1%
VAN INGRESOS	**$937,597.40**
VAN EGRESOS	**$924,785.12**
Relación Beneficio / Costo	**1.01**

5.5. CONCLUSIÓN

Inicialmente se plantearon tres alternativas para el proyecto vial FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, dentro de las cuales están: el trazado existente o Ruta 0, la Ruta 1 Norte que incluye las variantes en el sentido Norte en el km 5+700 y 11+400, y la Ruta 2 Sur que incluye las variantes en el sentido Sur en el km 5+700 y 11+400. A continuación, se detallan las características generales de cada alternativa:

- Ruta 0: La ruta actual, aunque funcional durante verano, presenta desafíos significativos debido a su trazado geométrico deficiente, específicamente en la zona de inundación, con numerosas curvas ajustadas a los meandros del río, lo que resultaría en una implementación compleja y un mantenimiento costoso. Por este motivo no se realizó el diseño geométrico preliminar de esta alternativa. Adicionalmente, presentaría mayores costos de construcción por la cantidad de puentes requeridos y no es aceptada por las comunidades del sector.
- Ruta 1 Norte: Al realizar el diseño geométrico preliminar de esta alternativa, se presenta un trazado con curvas diseñadas para velocidades de 60 km/h y pendientes máximas del 8.24% en terrenos ondulados a montañosos. Su diseño geométrico bien fundamentado le confieren una calificación alta, resaltando su eficacia y seguridad. Además, se posiciona como la alternativa de menores costos, pues cuenta con un puente menos que la Ruta 2 Sur, y aproximadamente 1 km menos de extensión. Por último, conecta con otros caminos existentes lo que fomentaría el desarrollo económico de la región.
- Ruta 2 Sur: También se realizó el diseño geométrico preliminar de esta alternativa, y similar a la Ruta 1 Norte en términos de cumplimiento con las normativas de diseño, esta ruta también se adecúa a las velocidades de diseño recomendadas y maneja pendientes máximas de 12.69%. Aunque viable, su trazado en zonas más montañosas presenta retos que, aunque superables, la colocan en una posición ligeramente inferior a la Ruta 1 Norte. Resulta ser más costosa que la Ruta 1 Norte, ya que incluye un puente adicional y presenta 1 km más. Adicionalmente, se ve rodeada por el Río Villao y Río Quisquisale lo que impide conectar a otros sectores en beneficio económico de la región.

El análisis detallado del trazado geométrico de las alternativas revela que, mientras la Ruta 0 es claramente menos preferente debido a su complejidad y los desafíos inherentes a su actual configuración, las Rutas 1 Norte y 2 Sur ofrecen soluciones viables y seguras, cumpliendo con los estándares técnicos y adaptándose a la topografía desafiante de la región.

Sin embargo, el análisis integral de las rutas propuestas ha concluido que la **Ruta 1 Norte** sobresale como la opción más adecuada para el desarrollo del proyecto vial FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL. Esta alternativa se distingue por presentar una inversión inicial inferior, proyectar una mayor vida útil y demostrar menores riesgos ante erosión, inundaciones y movimientos de masa. Además, se caracteriza por la aceptación de la comunidad local y un impacto positivo en la economía regional. Estos factores se han analizado mediante una matriz de ponderación que incluye aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos, demostrando que la Ruta 1 Norte se posiciona como la alternativa más recomendable.

Por último, la viabilidad económica de la Ruta 1 Norte se ha corroborado mediante un análisis detallado que incluye estimaciones de costos preliminares, estudios de flujo de tráfico y usos actuales del suelo. Para una evaluación financiera rigurosa, se han aplicado indicadores clave como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno

(TIR) y la relación Beneficio/Costo. Con los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad, se determina que la ejecución de la Obra de Construcción de la Vía FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, es económicamente **RENTABLE con una relación Beneficio/Costo = 1.01**.