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.”



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 DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE CARRETERAS CON HDM4

TRAMO 1: FÁTIMA - VILLAO

ABRIL-2025

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-PGY-INF-ECO-001
Título:	INFORME DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE CARRETERAS CON HDM4

Preparó:	KAWSUS CIA LTDA.	
Preparó:	Ing. Mario Azanza ESPECIALISTA VIAL	Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: MARIO VICENTE AZANZA CARDENAS
Revisó	Ing. Danilo Bustos DIRECTOR DE PROYECTO	Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA
Aprobó:	Ing. Byron Chacha ADMINISTRADOR DEL CONTRATO	Validar únicamente en FirmaEC. Firmado electrónicamente por: BYRON RODRIGO CHACHA CABRERA

CONTROL DE CAMBIOS	
Rev. 00	
Rev. 00	

1 Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN 5

1.1 Antecedentes 5

1.2 UBICACIÓN 7

1.3 Objetivos del informe 8

1.3.1 Objetivo General: 8

1.3.2 Objetivos Específicos: 8

1.4 Enfoque del estudio 8

2 GESTIÓN DE LA CARRETERA CON HDM-4 9

2.1 DATOS DE INGRESO AL HDM4 10

2.1.1 Datos de la Carretera 10

2.1.2 Datos del parque automotor 12

3 ESTÁNDARES DE TRABAJO 20

3.1 Estándares de mejora 21

3.1.1 Estándar de mejoramiento vial alternativa con carpeta asfáltica 21

3.1.2 Estándares de conservación carpeta asfáltica 23

3.1.3 Estándares de conservación para el lastrado - escenario sin proyecto 24

4 EFECTO DE LAS ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y MEJORA 25

4.1 Efectos sobre los usuarios 25

4.1.1 Costos de operación de los vehículos 25

4.1.2 Costos del tiempo de viaje 25

5 ANÁLISIS ECONÓMICO 26

6 RESULTADOS 27

6.1 Resultados del análisis económico 27

7 CONCLUSIONES 28

8 ANEXOS 30

8.1 ANEXO 1 REPORTE HDM-4 30

1. INTRODUCCIÓN

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

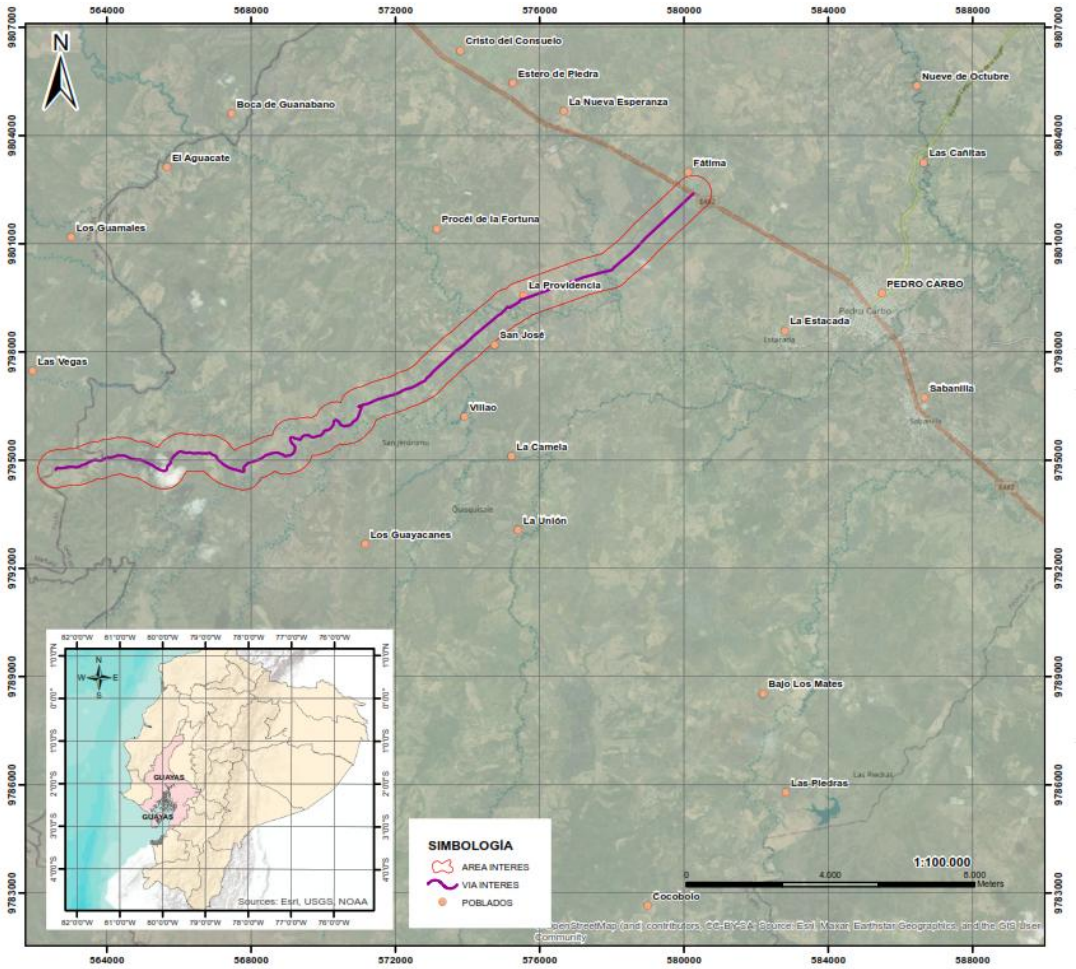
1.2 UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra geográficamente ubicada en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo, la vía tiene una longitud de 20.98km, la misma que por efectos de inversión se la ha dividido en dos tramos, Tramo 1: Fatima – Villao (abscisas 0+000.00 - 11+200) y Tramo 2: Villao - Límite Provincial con Manabí (abscisas 11+200 - 20+981,14), se encuentra emplazado en las coordenadas UTM WGS-84 (17S) de la Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Coordenadas de ubicación de la vía

	Descripción	ABSCISA	ESTE (m)	NORTE (m)
TRAMO 1	Inicio de vía - Fátima	0+000,00	580262.495	9802394.031
	Poblado de Villao	11+158.30	571090.777	9796517.454

Figura 1-1 ***Ubicación de la vía proyectada***



1.3 Objetivos del informe

1.3.1 Objetivo General:

Analizar la factibilidad económica del Proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS por medio del programa HDM-4, para establecer estrategias de mantenimiento e intervención en el pavimento, y en conjunto con los costos de construcción y operación, evaluar técnica y económicamente las alternativas de pavimento proyectadas, comparándola con un escenario sin proyecto. En el presente informe se describe el Análisis Económico Financiero del Tramo vial: Fatima – Villao (absc: 0+000,00 – 11+200,00).

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Determinar la rentabilidad y beneficios del Proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, estableciendo los parámetros que influirán en el estudio de gestión de carreteras, como son, tráfico, diseño geométrico, elementos estructurales del pavimento, estrategias de intervención, costos de intervención y operación.
- Evaluar los indicadores B/C, TIR y VAN del Proyecto ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMAVILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS

1.4 Enfoque del estudio

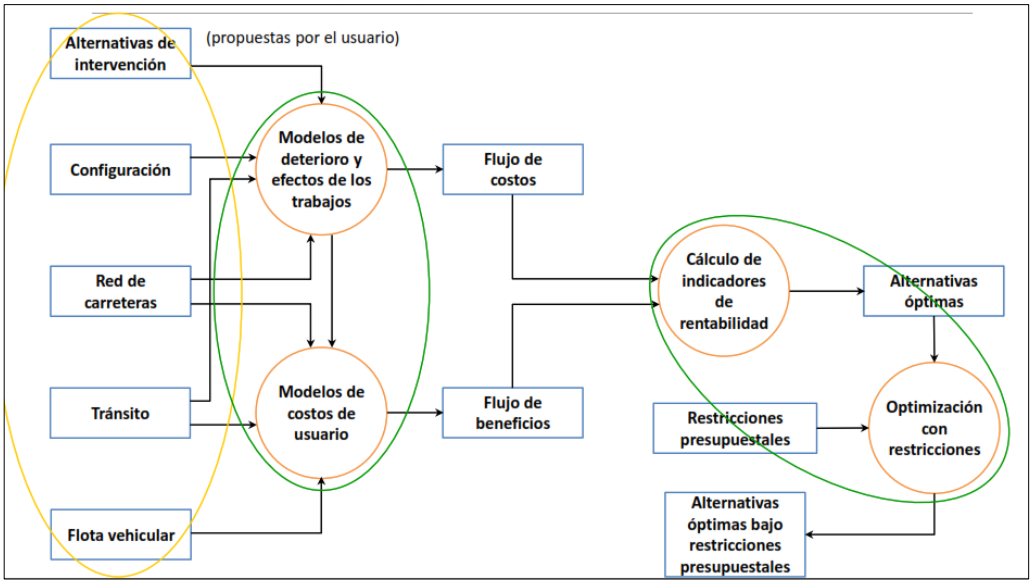
El presente estudio está orientado a la gestión de carreteras que pueda ayudar a garantizar la comodidad, seguridad y rapidez en la movilidad de los usuarios que transiten por la vía en estudio, durante su vida útil. Además de la gestión de carreteras se obtendrán los datos para la evaluación económica del proyecto.

2 GESTIÓN DE LA CARRETERA CON HDM-4

El programa HDM-4 tiene como finalidad la gestión de carreteras. Establece el momento justo donde se requerirá las intervenciones, mediante la predicción de daño del pavimento con modelos de deterioro empíricos estructurados. Además, nos proporciona datos para la evaluación económica del proyecto, al aplicar modelos de costos de operación vehicular aplicables en diferentes países sumados a los costos de intervención que se ingresan en el programa. En la evaluación técnica y económica de las alternativas de proyecto se consideran aspectos como:

- Evolución del comportamiento estructural del pavimento.
- Predicciones de los deterioros superficiales, los efectos de los trabajos y los costos.
- Evaluación económica de la alternativa propuesta para el proyecto, comparándola con la alternativa sin proyecto.

Figura 2-1 Diagrama explicativo del proceso y modelos HDM-4



2.1 DATOS DE INGRESO AL HDM4

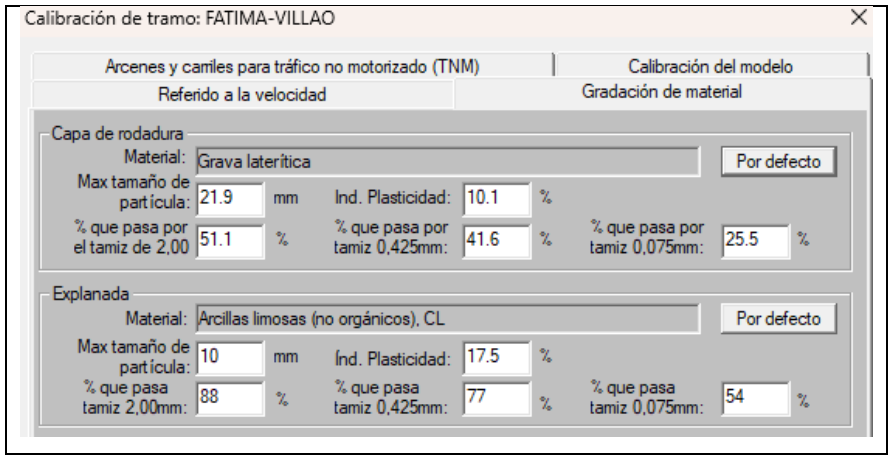
2.1.1 Datos de la Carretera

- **Datos generales:** tramos, tipo de capa de rodadura, tipo de firme (subrasante), tipo de carretera.
- **Datos geométricos:** longitud, ancho de calzada, carriles, ancho de espaldón (arcén).
- **Datos de tráfico:** intensidad de tráfico, tipo de velocidad, modelo de tráfico, tráfico motorizado (TPDA), año de determinación del TPDA.
- **Datos de la zona de la carretera:** Clima.

Las consideraciones asumidas y fuentes para la entrada de datos de la carretera se presentan a continuación, sin embargo, en la Figura 2 3 se presenta el resumen de los valores asumidos.

- Los datos generales y datos geométricos se asumen del informe y planos del diseño geométrico de la vía en estudio. Sin embargo, dentro de los datos generales, existen factores como el tipo de firme o subrasante, para lo cual, se asumió la opción del HDM4 correspondiente a arena con exceso de finos SF, semejante al material SC (arena arcillosa) reportado en el estudio de pavimentos.

Figura 2-2 Parámetros del tipo de suelo de la subrasante asumido



- Los datos del tráfico, incluyen la intensidad del tráfico y modelo de tráfico, para lo cual, se asumen de un modelo precargado en el programa HDM-4 para un uso de carretera de viajero de cercanías, que se asemeja al tipo de vía en estudio. Por otra parte, el tipo de

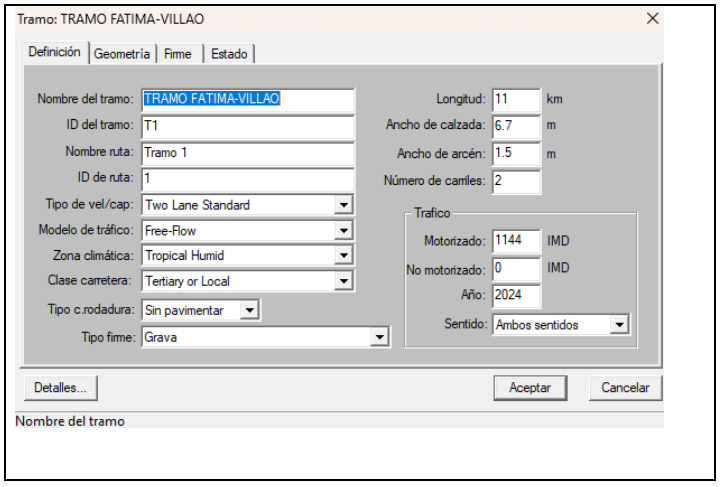
velocidad se asume de un modelo precargado en el programa HDM-4 para un tipo de carretera de dos carriles, como es el presente caso.

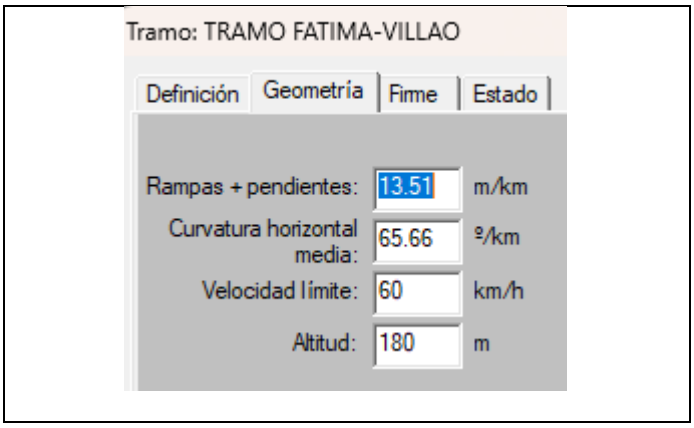
- El Tráfico Promedio Diario Anual TPDA, denominado IMD en el HDM-4, se asume del informe de tráfico realizado para la vía en estudio, con un valor de $TPDA_{2024}$=503 vehículos al día**,** en el año 2024, $TPDA_{2025}$=527 que correspondería al año posterior a la construcción.

- La zona climática se presenta en función de las características del clima de la provincia de cañar asumiendo un clima Tropical húmedo, que es un modelo de clima precargado en el HDM4.

- Para el estado actual de la vía en estudio se considera un IRI (Índice de Regularidad Internacional) de 9 que corresponde a un estado de la vía de mala calidad, dado que la vía en la actualidad se presenta con una capa de rodadura en lastre para el Tramo 1 y Tierra para el Tramo 2.

Figura 2-3 Datos de entrada, información de la carretera





En la pantalla denominada Firme (Figura 2.3), se consideran las características del alineamineto de cada tramo vial, límite de velocidad, altitud promedio sobre el nivel del mar, también se ingresa la información de la superficie de la capa de rodadura y sus características granulares correspondiente al año de la última intervención.

2.1.2 Datos del parque automotor

- **Composición Vehicular:** número de vehículos por cada clase y tipo de vehículo, tasa de crecimiento por cada vehículo.
- **Clasificación de vehículos:** que incluye, la clase (liviano, bus, o camión); tipo de vehículo (camión grande, mediano, pequeño), y la categoría del vehículo.
- **Características de los tipos de vehículos:** físicas, uso, carga, factor camión, recursos o gastos que se requiera en el vehículo, costo de operación del vehículo. Para evaluar estos costos el modelo considera los siguientes componentes:

  - Consumo de combustible.
  - Consumo de aceite.
  - Neumáticos y repuestos.
  - Mantenimiento del vehículo.
  - Depreciación.
  - Interés.
  - Horas de conductor/chófer.
  - Gastos generales.

Las consideraciones asumidas y fuentes para la entrada de datos del parque automotor se presentan a continuación, sin embargo, en la Tabla 2-1 se presenta el resumen de valores asumidos.

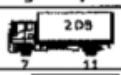
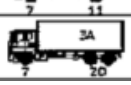
- El TPDA, la composición vehicular, y la clasificación de vehículos se asumen del informe de pavimentos de la vía en estudio, se reporta esta información en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 TPDA 2023 y su composición

Vehículos	TPDA 2024
Livianos	472
(Buses) Camión 2DA	6
Camión 2DB	17
Camión 3A	8
Totales	503

En la Tabla 2-2 se presentan las características de los vehículos detallados en la Tabla 2-1, según la tipificación establecida por el MTOP. En la Tabla 2-2 no se presenta las características de los vehículos livianos, sin embargo, se considera para estos una carga máxima de una tonelada.

Tabla 2-2 Características de los vehículos y tipificación acorde al MTOP

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADOS, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE		DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
					Largo	Ancho	Alto
2D			CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	5,50	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A			CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10

- El TPDA presentado en la Tabla 2-1, corresponde al obtenido para el año 2024, el cual será proyectado hasta el final del periodo de análisis (20 años) en el modelo HDM4 con las tasas de crecimiento clasificadas de acuerdo al tipo de vehículo. En la Tabla 2-3 se presentan las tasas de crecimiento por tipo de vehículo establecidas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) para la provincia del Guayas. Se utilizan para

la proyección el promedio de las tasas determinadas para los períodos comprendidos entre los años 2020 y 2040, que coinciden con el periodo de análisis del proyecto.

Tabla 2-3 Tasas de crecimiento vehicular para la provincia del Guayas - MTOP

PROVINCIA	PERIODO	TASAS DE CRECIMIENTO (%)		
		LIVIANO	BUS	CAMION
GUAYAS	2020-2025	5.56	3.00	3.33
	2025-2030	4.95	2.67	2.96
	2030-2035	4.45	2.40	2.67
	2035-2040	4.04	2.18	2.43

- Para las características físicas y costos de operación de los vehículos, será necesario hacer una identificación de los tipos de vehículos que circulan por la vía en estudio. Para evaluar estos costos el modelo considera los siguientes componentes:
  - Consumo de combustible.
  - Consumo de aceite.
  - Neumáticos y repuestos.
  - Mantenimiento del vehículo.
  - Depreciación.
  - Interés.
  - Horas de conductor/chófer.
  - Gastos generales.

- En la Tabla 2-4 se presenta el resumen de las características físicas de los vehículos ingresados en el HDM4:

Tabla 2-4 Resumen de características físicas de vehículos ingresados en el HDM-4 para

Tipo de Vehículo	Costo vehículo (USD)		Costo unitario de llantas (USD)		Costo reencauche (% llanta nueva)		Costo combustible por litro (USD)		Costo lubricante por litro (USD)	
	Mercado	CIF***	Mercado	Eficiencia	Mercado	Eficiencia	Mercado	Eficiencia	Mercado	Eficiencia
Toyota Stout II	40000	30430.40	150	130	21	19	0,678	0,30	5.60	4.27
Hino GH	110000	83683.59	350	308	93	82	0,449	0,21	6.25	4.77
Hino FC	41026	31210.93	320	264	79	70	0,449	0,21	6.25	4.77

Tipo de Vehículo	Costo mantenimiento por hora (USD)*		Tasa de descuento	Salario de tripulación por hora (USD)**	Gastos generales anuales (USD)**	Costos de la hora laborable del	Costos de la hora NO laborable del pasajero (USD)**	Costos de la demora de la
	Mercado	Eficiencia						

						pasajero (USD)**		carga (USD)**
Toyota Stout II	1,39	1,39	12%	1,49	50	1,49	0,5	
Hino GH	4,00	4,00	12%	1,49	250	1,49	0,5	
Hino FC	4,00	4,00	12%	1,49	200	1,49	0,5	0,05

** RPC de mano de obra calificada = 1
***Véase cuadro de modelos (siguiente cuadro)

- En la Tabla 2-5 se presenta el resumen de la utilización de los vehículos ingresados en el HDM4:

Tabla 2-5 Datos de utilización de los vehículos ingresados en el HDM-4

Nombre del vehículo	Km anuales	Horas de trabajo	Vida media (años)	Uso privado (%)	Pasajeros (personas)	Viajes de trabajo (%)
Toyota Stout II	6750	450	10	100	4	75
Hino GH	16125	1075	7	0	40	75
Hino FC	30000	1300	8	0	3	100

- En la Tabla 2-6 se presentan los datos de la carga que llevarán y que generarán sobre el pavimento los vehículos ingresados en el HDM4:

Tabla 2-6 Datos de carga de los vehículos ingresados en el HDM-4

Nombre del vehículo	ESALF	Peso en marcha
Toyota Stout II	0.007	1.2
Hino GH	0.7	6
Hino FC	0.1	2

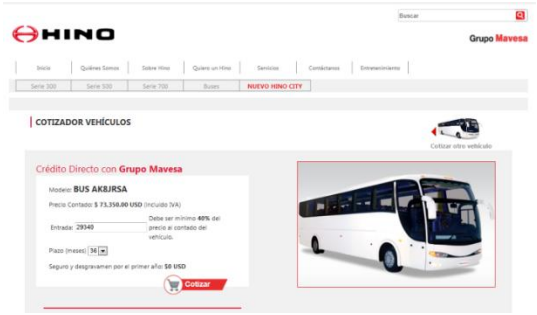
El parámetro de carga ESALF señalado en la Tabla 2-6, corresponde al factor camión, que a la vez es el resultado de la suma de factores de equivalencia de cada eje del camión analizado con respecto al eje estándar 18 kips. Los Factores camión se presentan en la Tabla 2-7 y se obtuvieron del estudio de tráfico del presente estudio.

Tabla 2-7 Factores camión para cada vehículo ingresado en el HDM-4

2DA	Eje 1	0.02
	Eje 2	0.52
FC 2DA		**0.54**
2DB	Eje 1	0.52
	Eje 2	3.56
FC 2DB		**4.08**
3A	Eje 1	0.52
	Eje 2	3.23
FC 3A		**3.75**
Liviano	Eje 1	0.003
	Eje 2	0.003
FC Liviano		**0.007**

Para la transformación de precios de mercado a precios de eficiencia, se ha considerado las recomendaciones realizadas por el BID: Se define el componente nacional e importado del bien o servicios, se define el valor en manos de obra calificada y no calificada, al componente nacional se elimina el IVA (impuesto al valor agregado), al componente importado se elimina el arancel, por último; se afectan a los valores resultantes por su respectivo factor de precio sombra.

<table>
<tr><th>MODELO</th><th>COSTO</th></tr>
<tr><td>LIVIANO: Toyota Stout

</td><td>
<table>
<tr><th>Impuesto</th><th>%</th><th>Costo</th></tr>
<tr><td>CIF</td><td></td><td>25806.45</td></tr>
<tr><td>AD-VALOREM</td><td>20%</td><td>5161.29</td></tr>
<tr><td>INFA</td><td>0,50%</td><td>1290.32</td></tr>
<tr><td>ICE</td><td>15%</td><td>3870.97</td></tr>
<tr><td colspan="2">Precio sin IVA</td><td>36129.03</td></tr>
<tr><td colspan="2">IVA 15%</td><td>3870.96</td></tr>
<tr><td colspan="2">Precio comercial</td><td>40000.00</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>BUS: Hino

</td><td>
<table>
<tr><th>Impuesto</th><th>%</th><th>Costo</th></tr>
<tr><td>CIF</td><td></td><td>70967.74</td></tr>
<tr><td>AD-VALOREM</td><td>20%</td><td>14193.55</td></tr>
<tr><td>INFA</td><td>0,50%</td><td>3548.39</td></tr>
<tr><td>ICE</td><td>15%</td><td>10645.16</td></tr>
<tr><td colspan="2">Precio sin IVA</td><td>99354.84</td></tr>
<tr><td colspan="2">IVA 15%</td><td>10645.16</td></tr>
<tr><td colspan="2">Precio comercial</td><td>110000</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

CAMION 2E: Hino



Impuesto	%	Costo
CIF		25823.23
AD-VALOREM	20%	5164.65
INFA	0,50%	1291.16
ICE	15%	3873.48
Precio sin IVA		36152.52
IVA 15%		3783.48
Precio comercial		40026.00

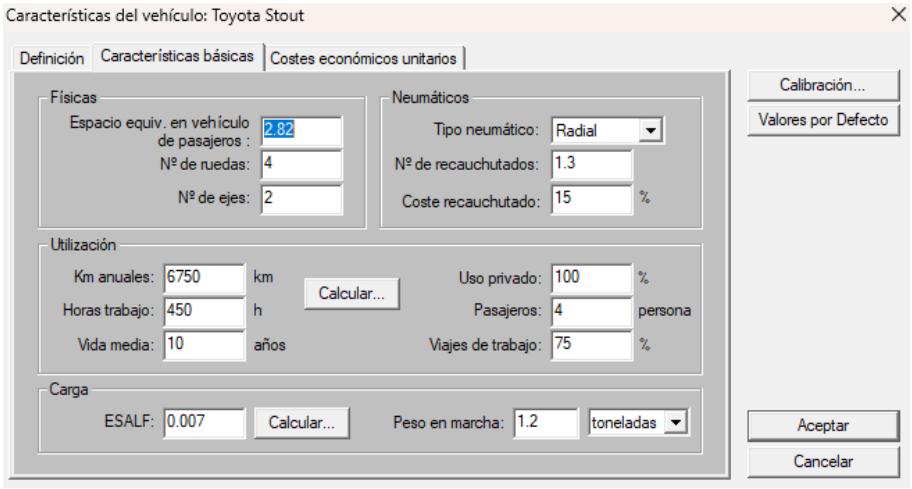
Características

- Espacio equivalente: Se define como la razón entre el espacio ocupado por un vehículo cualquiera y el espacio ocupado por un vehículo liviano. Este valor es menor al factor tradicional de conversión (Vehículo Liviano Equivalente), ya que no considera el rendimiento del vehículo (con velocidad menor). La razón de este factor es que el HDM modela explícitamente el rendimiento del vehículo.
- Número de Llantas: Este valor corresponde al número total de llantas utilizadas por cada tipo de vehículo especificado en la ficha técnica de cada uno (no se consideran las de repuesto).
- Número de ejes del vehículo: Se refiere al número total de ejes de cada tipo de vehículo, incluyendo los ejes remolcados para el caso de los tractos camiones.
- Tipo de neumático utilizado: Especifica el tipo de llanta usado por cada automotor, de acuerdo a su ficha técnica.
- Número de reencauches: Se define como el número promedio de reencauches por carcasa.
- Costo del reencauche: Es el costo promedio de un reencauche como porcentaje del costo de llanta nueva.
- Recorrido promedio anual: Se define como el número de kilómetros promedio recorrido por cada tipo de vehículo. La información ha sido tratada tanto para vehículos pesados como livianos.
- Horas de trabajo: Este valor corresponde al número de horas de utilización del vehículo por año. Los datos utilizados se presentan en la figura 3.6.

- Vida útil promedio. - Se refiere a la vida de servicio promedio de cada tipo de vehículo, en años.

Número de pasajeros promedio que transporte del vehículo, no se considera dentro de este número a las personas que forman parte de la tripulación. Es importante recalcar que no se debe alimentar con el dato de la capacidad del vehículo sino con el número de ocupantes promedio.

Características básicas



Características básicas del vehículo

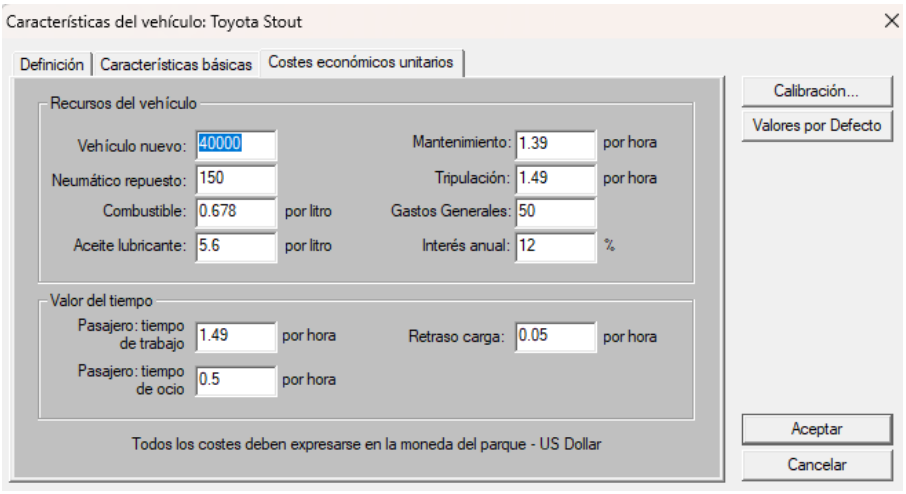
En la pantalla denominada Costos económicos, se alimenta el modelo con la siguiente información: los datos utilizados se presentan en las tablas a continuación.

- Costo del vehículo nuevo: Es el costo de un vehículo nuevo, proporcionado por cada distribuidor.
- Costo de una llanta nueva: Se define como el costo de un neumático nuevo correspondiente al tipo de neumático especificado para cada tipo de vehículo. La fuente de información son las casas comercializadoras de neumáticos.

- Costo del litro de combustible: En el caso de la gasolina, se debe ponderar el costo entre las gasolinas Súper y Extra, tomando en cuenta el precio de cada una y el porcentaje de consumo. Igual criterio se debe aplicar para el diesel.
- Costo del litro de lubricantes. Es el costo de los lubricantes utilizados por cada tipo de vehículo. Este costo se compone del valor de lubricante para motor y lubricante mecánico, para vehículos livianos. Para vehículos hidráulicos se suma el costo del lubricante hidráulico.
- Costo horario de la Mano de Obra para el mantenimiento del vehículo. Costo horario de la tripulación (en el caso de los vehículos comerciales).

- Gastos generales: Se definen como la suma de costos de seguros, administración, uniformes, etc.
- Tasa de interés utilizada: Representa el costo de oportunidad del dinero en el tiempo, de acuerdo al Banco Mundial es del 12%.
- Costo de la hora laborable del pasajero: Representa el costo del tiempo (por horas) de trabajo de un pasajero promedio. Es este estudio se utilizó un valor del tiempo de 1,49 para vehículos livianos camiones y para buses.
- Costo de la hora no laborable del pasajero: Representa el costo del tiempo (por horas) no laborable de un pasajero promedio. En este estudio se utilizó un valor de 0,5 para vehículos livianos, camiones y para buses
- Costo de la hora de la carga: Se define como el costo de cada hora de almacenamiento de la carga del vehículo. En este estudio se empleó un valor de 0,05.

Costos Económicos



3 ESTÁNDARES DE TRABAJO

Los estándares de trabajo son un conjunto de acciones que representan una forma particular de dar atención a un tramo de vía, y pueden ser de conservación, mejora, y construcción nueva. Para el presente proyecto se ha planteado una alternativa de pavimentos flexible con material asfáltico en la capa de rodadura, siendo una carpeta asfáltica. En la Tabla 3-1 se presentan distintos tipos de acciones de conservación y mejora para pavimentos del tipo asfáltico. Mientras que, en la Tabla 3-2 se presenta la jerarquía de las acciones a asumir en una estrategia de conservación de pavimentos asfálticos.

Tabla 3-1 Tipos de acciones para pavimentos asfálticos

Categoría	Clase	Tipo	Ejemplos
Conservación	De rutina	Pavimento	Bacheo, reparación de bordes, sellado de grietas
		Drenaje	Reparación de alcantarillas, limpieza de cunetas
		Misceláneo	Control de vegetación, repintado de rayas, reposición de señales
	Periódica	Tratamiento preventivo	Riego de impregnación, rejuvenecimiento
		Tratamiento superficial	Riego de sello, mortero asfáltico
		Rehabilitación	Sobrecarpeta, fresado y reemplazo
		Reconstrucción	Reconstrucción parcial
	Especial	Emergencia	Retiro de escombro, reparación de deslaves, atención de accidentes
		Invierno	Remoción de nieve, aplicación de sal/arenilla
Desarrollo	Mejora	Ampliación de la sección	Ampliación de carriles, adición de un nuevo carril
		Corrección del trazo	Rectificación de alineamientos, mejora de intersecciones
		Reconstrucción	Reconstrucción del pavimento
		Fuera de la calzada	Adición o mejoramiento de acotamientos o drenaje
	Construcción	Modernización	Cambio de la superficie de rodadura
		Nuevo tramo	Cuerpo o tramo nuevos

Tabla 3-2 Jerarquía de las acciones de conservación de pavimentos

Tipo	Acción	Nivel de prioridad	Unidades
Tramo nuevo	Construcción de un nuevo tramo	1	km
Actualización	Cambio de la superficie de rodadura	2	km
Corrección del alineamiento	Rectificación del diseño geométrico	3	km
Ampliación de la sección	Adición de un nuevo carril	4	m^2 o km
	Ampliación parcial de la sección	5	m^2 o km
Reconstrucción	Reconstrucción del pavimento	6	m^2 o km
Rehabilitación	Reciclado del pavimento	7	m^2
	Sobrecarpeta con asfalto ahulado	8	m^2
	Sobrecarpeta de textura cerrada	9	m^2
	Sobrecarpeta de textura abierta	10	m^2
	Microcarpeta	12	m^2
Tratamiento superficial (resello)	Doble riego de sello con corrección de forma	15	m^2
	Doble riego de sello	16	m^2
	Riego de sello con corrección de forma	17	m^2
	Riego de sello	18	m^2
	Sello de mortero asfáltico	19	m^2
Tratamiento preventivo	Riego de impregnación	20	m^2
	Rejuvenecimiento	21	m^2
Mantenimiento de rutina	Reparación de borde	22	m^2
	Reparaciones	22	m^2
	Sellado de grietas	22	m^2

3.1 Estándares de mejora

3.1.1 Estándar de mejoramiento vial alternativa con carpeta asfáltica

Como estándar de mejora para la vía en estudio con carpeta asfáltica se plantea según el diseño de pavimentos, la construcción de un paquete estructural que incluye una carpeta de hormigón asfaltico de 3” (76.2 mm) para los tramos 1 y 2, una capa de base granular de 15 cm (6 pulgadas) para los tramos 1 y 2, y una capa de subbase granular de 25 cm (10 pulgadas) y 20 cm (8 pulgadas) para el tramo 1 y 2 respectivamente. El paquete en conjunto establece un número estructural SN de 2.58 y 1.93 para el tramo 1 y 2 respectivamente, determinado en función del número de ejes estándar equivalentes, ESAL’s por sus siglas en inglés, el módulo resiliente de la subrasante, los espesores y módulos resilientes de las distintas capas. La información señalada del pavimento se toma del informe de pavimentos de la vía en estudio.

El costo financiero de la obra civil se obtuvo del presupuesto referencial realizado para el mejoramiento de la vía con un valor de $8´574.812,98, y el costo económico fue calculado incrementando el costo financiero con un factor de conversión de 1.1113, obteniendo así un costo económico de $7´716.019,96. En la Tabla 3-3 se presenta presupuesto referencial de obra para el mejoramiento vial con carpeta asfáltica y en la Tabla 3-4 el cálculo de los costos por km.

Tabla 3-3 Presupuesto referencial mejoramiento vial con carpeta asfáltica

Descripción	P. Total
OBRAS EN VÍA	$7,837,984.56
PUENTES	$2,154,203.01
SEÑALIZACIÓN	$229,026.61
INSTALACIONES ELECTRICAS	$231,465.98
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	$108,678.54
SUBTOTAL	$10,561,358.70

Tabla 3-4 Cálculos de costo financiero y económico por km

COSTO FINANCIERO	$10,561,358.70
LONGITUD DE LA VÍA EN KM	11.20
COSTO FINANCIERO POR KM	942978.46
FACTOR DE CONVERSIÓN COSTO FINANCIERO A ECONÓMICO	1.1113
COSTO ECONÓMICO	$9,503,607.22
COSTO ECONÓMICO POR KM	$848,536.36

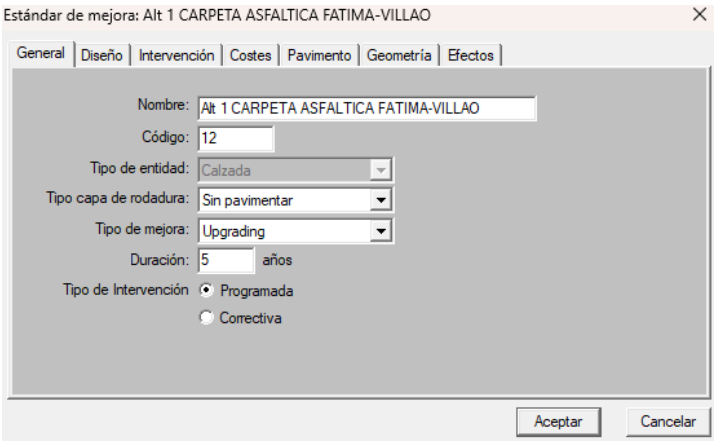
Se considera que el 100% de la obra se realizará en un año y que el valor residual del pavimento será del 10%, valor encontrado en la literatura técnica.

Para la geometría se consideró un modelo preestablecido en el programa para un tipo de trazado poco sinuoso y ondulado y montañoso como el caracterizado en la presente vía.

Y dentro de los efectos del mejoramiento vial, se asume un modelo de tráfico para una vía tipo viajero de cercanías como el presente caso, y un IRI (International Roughness Index) luego de la obra con un valor de 2.5, que corresponde a una condición buena a excelente del pavimento, y que es normada en las especificaciones de carpeta asfáltica propuestas en el año 2003, por el entonces MOP (Ministerio de Obras Públicas), hoy en día MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

En la Figura 3 1 y Figura 3 2, se reporta el resumen de los factores asumidos:

Figura 3-1 Reporte del estándar de mejora para el pavimento con carpeta asfáltica



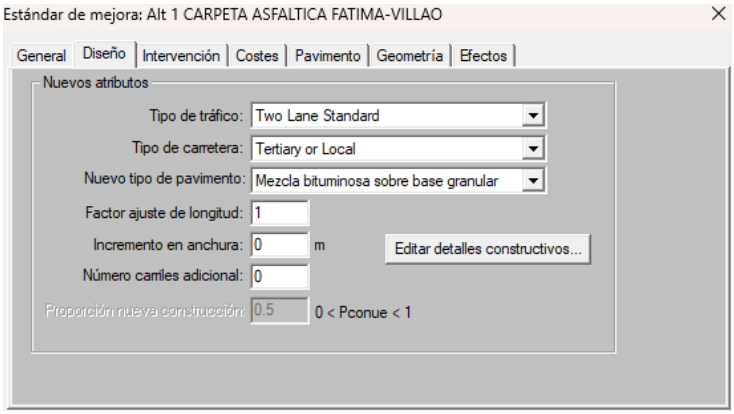
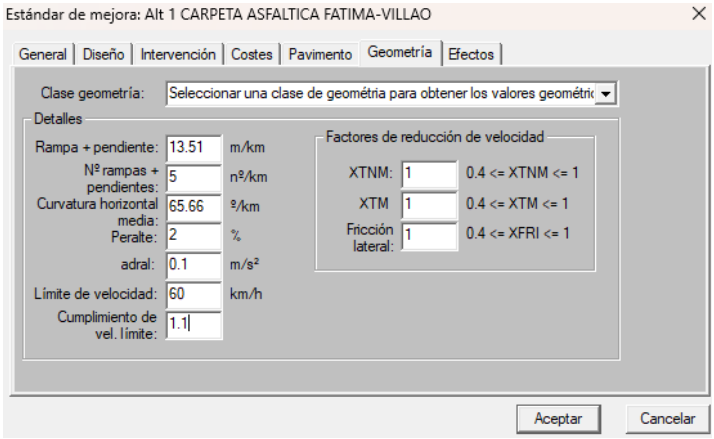
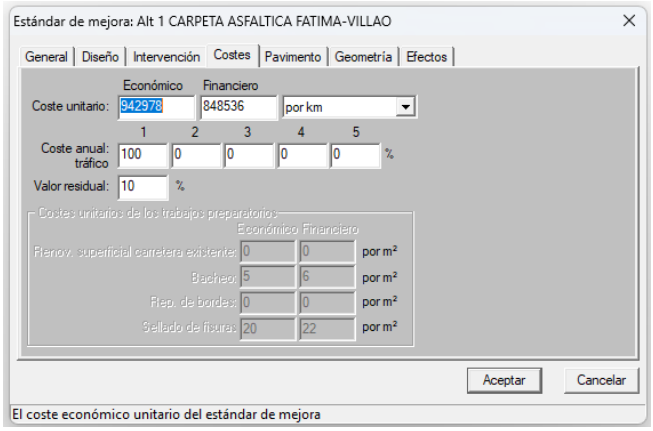


Figura 3-2 Reporte del estándar de mejora para el pavimento con carpeta asfáltica





3.1.2 Estándares de conservación carpeta asfáltica

Para los estándares de conservación de la estructura a nivel de carpeta asfáltica se considera:

- **Mantenimiento correctivo rutinario (bacheo):** caracterizado por el bacheo menor con un espesor promedio de 2 pulgadas de carpeta, cada vez que el área de pavimento afectada por baches sea superior al 10%.
- **Mantenimiento estructuras de drenaje:** caracterizado por limpieza de cunetas y alcantarillas, y la roza a mano que deberá realizarse periódicamente
- **Varios:** dentro de mantenimientos varios, se considera la pintura para señalización de tráfico, que se asume que se realizará anualmente.

- **Recapeo:** caracterizado por el refuerzo de la estructura con la colocación de una capa adicional de asfalto de 3". Se ejecutará cada vez que se determine que el IRI del pavimento alcance un valor de 5, correspondiente a un estado de pavimento entre malo y regular.

3.1.3 Estándares de conservación para el lastrado - escenario sin proyecto

Para los estándares de conservación de lastrado se considera:

- **Mantenimiento con lastrado:** caracterizado por la limpieza de cunetas a máquina, el desalojo de material de lastre que presente malas condiciones o contaminación con suelo del sitio, recargo con material de lastre en un espesor promedio de 10 cm.

4 EFECTO DE LAS ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y MEJORA

Los efectos a corto plazo se referirán al estado del firme y, por lo tanto, habrá que reajustar los parámetros que afectan a su resistencia y estado. Por ejemplo, después de un refuerzo los baches se aproximan a cero; mientras que la regularidad se ajusta a 2.5 m/km (IRI). También, si procede, después de las obras se debe ajustar el tipo de sección del firme. Estas modificaciones, a largo plazo influirán a la hora de evaluar la tasa de deterioro de la carretera y los costes sobre los usuarios.

Así, ambos efectos, el inmediato y el de largo plazo, se combinan para determinar los beneficios de la realización de distintas combinaciones de estándares de actuaciones en diferentes momentos a través del período analizado.

4.1 Efectos sobre los usuarios

Los efectos sobre los usuarios de la carretera se evalúan en términos de costos de operación de los vehículos y valor de tiempo de viaje, confort en su viaje y la mejora de la calidad de vida de los usuarios y comunidad que habita a lo largo del proyecto.

4.1.1 Costos de operación de los vehículos

El modelo calcula las velocidades de circulación bajo diversas hipótesis de relación velocidad-intensidad. Los costos de circulación se estiman en función de las características de cada tipo de vehículo y de la geometría, tipo de capa de rodadura y estado de la carretera. Estos se obtienen multiplicando las cantidades físicas de los diferentes componentes por sus costos unitarios.

4.1.2 Costos del tiempo de viaje

El tiempo de viaje de los usuarios se evalúa a partir de la velocidad media de circulación, la distancia y el costo unitario de la hora de viaje del usuario. La velocidad media de circulación será a su vez función del estado del firme, anchura de la carretera y trazado.

5 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico del flujo de costos y beneficios se utiliza para evaluar las alternativas planteadas en el proyecto vial integral, comparando con la alternativa de no construir el proyecto y solamente darle mantenimiento a nivel de lastrado. También proporciona criterios que ayudan a la hora de tomar decisiones sobre la alternativa más adecuada. Asimismo, el análisis económico se puede aplicar, también, para determinar cómo los estándares técnicos y las estrategias de actuación influyen en el comportamiento del firme a lo largo de su vida útil. El análisis incluye las siguientes fases:

- Formulación de la alternativa de mejora vial y de los estándares de mantenimiento.
- Identificación y cuantificación de los costos y beneficios en los que se incurrirá a lo largo de la vida útil de la carretera. Los costos corresponden a los estándares de conservación y mejora, y los beneficios a los ahorros de tiempo de viaje, basados en los costos de operación de los vehículos y las características de velocidad y tráfico de la vía en estudio.
- Análisis económico de la alternativa de mejora vial que incluye el cálculo de los indicadores económicos: valor actualizado neto (VAN), tasa interna de rendimiento (TIR), y la relación beneficio costo.

6 RESULTADOS

Con la información de la vía concerniente al diseño geométrico (tráfico, geometría), diseño de pavimentos (números estructurales, espesores), costo de operación de los vehículos, y costos de intervención para la mejora vial, se realiza el análisis con el programa HDM-4 para un periodo de 20 años, con una tasa de descuento del 12%. Como resultados del análisis se reportan algunos parámetros de la operación de la vía, sin embargo, se detallan a continuación los más relevantes para su mantenimiento y para el análisis técnico económico de las alternativas planteadas comparando con un escenario sin proyecto.

6.1 Resultados del análisis económico

Como resultado del análisis económico, se obtiene un valor actual neto de 1,712 millones (1´712.000$) para la alternativa de carpeta asfáltica, con una tasa interna de retorno TIR obtenida de 24.4%. En la Tabla 6-1 se presenta un resumen de los resultados del análisis económico del programa HDM-4.

Tabla 6-1 Resultados análisis económico

HDM-4
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Relaciones Beneficio Coste

Nombre del estudio: **TRAMO FATIMA-VILLAO**
Fecha de ejecución: **31-08-2026**
Moneda: **US Dollar (millones)**
Tasa de descuento: **12.00%.**

Alternativa	Valor actual de los costes totales de la administración (RAC)	Valor actual de los cos de capital de la administración (CAP)	Incremento en Costes de la Administración (C)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E- C	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
BASE FATIMA-VILLAO-LP	0.860	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ALT. 1: TRAMO 1 FATIMA - VILLAO ASFALTO	15.578	9.022	14.718	30.161	0.000	15.444	0.991	1.712	24.4 (1)

El numero entre parentesis es el numero de soluciones de la TIR en el rango -90 a +900

El análisis económico realizado con una tasa de descuento del 12% se resume en el cuadro anterior, donde la alternativa 1 CP (Capa Asfáltica) tiene un TIR de 24.4%. La relación VPN/Costo es positivo, siendo 1,712 millones como se observa. En los Anexos se detallan el flujo de costos de inversión.

7 CONCLUSIONES

En función de lo expuesto se presentan las siguientes conclusiones:

- Para el análisis en el programa HDM-4, se ingresaron datos de la vía como, tramo de vía Fatima - Villao, con una longitud de diseño de 11.20 Km, tipo de capa de rodadura, tipo de firme (subrasante), tipo de carretera, ancho de calzada, carriles, ancho de espaldón, tráfico motorizado (TPDA), año de determinación del TPDA, y se establecieron en función del tipo de vía, la intensidad de tráfico, tipo de velocidad, modelo de tráfico. Además, datos de la zona de la vía como el clima, datos del parque automotor, como el número de vehículos por cada clase y tipo de vehículo, tasa de crecimiento por cada vehículo, y características del vehículo. Y costos de operación de los vehículos, costos de mejora de la vía, y costos de mantenimiento.
- Para el análisis se establecieron estándares de mejora y conservación bajo una alternativa de mejora con la construcción de pavimento a Nivel de Carpeta Asfáltica, con una conservación caracterizada por una reparación de baches en las zonas afectadas, mantenimiento de estructuras de drenaje de la vía, y recapeo o sobre carpeta cada que el IRI del pavimento alcance el valor de 5 o superior. Esta alternativa se comparó contra la alternativa de no ejecutar el proyecto y dar solo mantenimiento a nivel de lastrado.
- El análisis económico del flujo de costos y beneficios se basa en la identificación y cuantificación de los costos y beneficios en los que se incurrirá a lo largo de la vida útil de la carretera. Los costos corresponden a los estándares de conservación y mejora, y los beneficios los ahorros de tiempo de viaje, basados en los costos de operación de los vehículos y las características de velocidad y tráfico de la vía en estudio.
- De la variación del IRI durante el periodo de análisis, se puede establecer que, para el pavimento con carpeta asfáltica, el recapeo deberá aplicarse cada 10 años para el caso de Carpeta asfáltica, para reforzar la estructura y donde el IRI baja de 5 a 2.5, acompañado del mantenimiento correctivo rutinario cada año y el mantenimiento de las estructuras de drenaje de la vía cada año.
- De la variación del IRI durante el periodo de análisis, se puede establecer que, para el escenario de no ejecutar el proyecto, el mantenimiento con lastrado deberá aplicarse cada año, para mejorar la estructura y donde el IRI baja de 10 a 7.5, que correspondería a un estado de pavimento entre malo y regular, y no existirá un beneficio importante para los usuarios con una vía en constante deterioro.

- Para un periodo de análisis de 20 años, y con una tasa de descuento del 12%. Se obtiene como resultado del análisis económico, un valor actual neto de 1,712 millones para la alternativa de carpeta asfáltica, con una tasa interna de retorno TIR de 24.4%.
- Bajo todos los criterios analizados en este informe de evaluación se recomienda la implementación del proyecto vial Tramo: FÁTIMA-VILLAO, con Capa Asfáltica, puesto que cumple con todos los parámetros básicos exigidos en este tipo de evaluaciones.

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1 REPORTE HDM-4

ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA

CASO 1) 25% DE INCREMENTO DE LA INVERSIÓN

	Año Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
inversión	-13815848.38										
Beneficio Exógeno por Revalorización de los terrenos		8800000									
Beneficio por Trafico		1,072,989.11	1,084,286.97	1,095,710.12	1,107,260.07	1,118,938.39	1,130,746.64	1,142,686.44	1,154,759.41	1,166,967.20	1,179,311.47
Total Ingresos	-13815848.38	9872989.106	1084286.974	1095710.118	1107260.069	1118938.385	1130746.643	1142686.444	1154759.412	1166967.197	1179311.471
(-) Costos Mantenimiento		6497.73	15989.21	18849.49	18849.49	19989.21	19989.21	23217.34	23217.34	50455.44	850651.2
Total Egresos Operación		6497.73	15989.21	18849.49	18849.49	19989.21	19989.21	23217.34	23217.34	50455.44	850651.2
FLUJO CON PROYECTO	-13815848.38	9866491.376	1068297.764	1076860.628	1088410.579	1098949.175	1110757.433	1119469.104	1131542.072	1116511.757	328660.2713

FLUJO CON PROYECTO	**-$13,815,848.38**
VAN	**$1,868,481.28**
TIR	16%
VAN INGRESOS	**$2,313,909.06**
VAN EGRESOS	**$498,879.12**
Relación Beneficio / Costo	**$4.64**

CASO 2) 25% DE DISMINUCIÓN DE BENEFICIOS

	Año Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
inversión	-11052678.7										
Beneficio Exógeno por Revalorización de los terrenos		8800000									
Beneficio por Trafico		804,741.83	813,215.23	821,782.59	830,445.05	839,203.79	848,059.98	857,014.83	866,069.56	875,225.40	884,483.60
Total Ingresos	**-11052678.70**	**9604741.829**	**813215.2305**	**821782.5881**	**830445.0521**	**839203.7889**	**848059.9822**	**857014.8328**	**866069.5592**	**875225.3979**	**884483.6035**
(-) Costos Mantenimiento		6497.73	15989.21	18849.49	18849.49	19989.21	19989.21	23217.34	23217.34	50455.44	850651.2
Total Egresos Operación		**6497.73**	**15989.21**	**18849.49**	**18849.49**	**19989.21**	**19989.21**	**23217.34**	**23217.34**	**50455.44**	**850651.2**
FLUJO CON PROYECTO	**-11052678.7**	**9598244.099**	**797226.0205**	**802933.0981**	**811595.5621**	**819214.5789**	**828070.7722**	**833797.4928**	**842852.2192**	**824769.9579**	**33832.4035**

FLUJO CON PROYECTO	**-$11,052,678.70**
VAN	**$2,427,051.60**
TIR	21%
VAN INGRESOS	**$2,872,479.38**
VAN EGRESOS	**$498,879.12**
Relación Beneficio / Costo	**$5.76**

CASO 3) 25% DE INCREMENTO EN LA TASA DE DESCUENTO

	Año Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
inversión	-11052678.7										
Beneficio Exógeno por Revalorización de los terrenos		8800000									
Beneficio por Trafico		1,072,989.11	1,084,286.97	1,095,710.12	1,107,260.07	1,118,938.39	1,130,746.64	1,142,686.44	1,154,759.41	1,166,967.20	1,179,311.47
Total Ingresos	**-11052678.70**	**9872989.106**	**1084286.974**	**1095710.118**	**1107260.069**	**1118938.385**	**1130746.643**	**1142686.444**	**1154759.412**	**1166967.197**	**1179311.471**
(-) Costos Mantenimiento		6497.73	15989.21	18849.49	18849.49	19989.21	19989.21	23217.34	23217.34	50455.44	850651.2
Total Egresos Operación		**6497.73**	**15989.21**	**18849.49**	**18849.49**	**19989.21**	**19989.21**	**23217.34**	**23217.34**	**50455.44**	**850651.2**
FLUJO CON PROYECTO	**-11052678.7**	**9866491.376**	**1068297.764**	**1076860.628**	**1088410.579**	**1098949.175**	**1110757.433**	**1119469.104**	**1131542.072**	**1116511.757**	**328660.2713**

FLUJO CON PROYECTO	**-$11,052,678.70**
VAN	**$1,043,849.52**
TIR	26%
VAN INGRESOS	**$323,729.03**
VAN EGRESOS	**$167,731.01**
Relación Beneficio / Costo	**$1.93**