**EVALUACION SOCIOECONOMICA Y FINANCIERA**

**1. ANTECEDENTES DE LA VIA**

**1.1 Introducción**

(1) Se efectúa el presente Estudio Técnico Económico Socio Ambiental (TESA) para determinar la Factibilidad Económica de la alternativa definida en el Estudio de Identificación (EI) del Proyecto de Rehabilitación de la Autopista La Paz – El Alto.

(2) La Evaluación del proyecto se basa en el programa computacional desarrollado por el Banco Mundial denominado HDM-4 el cual permite realizar evaluaciones tanto en pavimentos de hormigón como de asfalto, con lo que el campo de aplicación del programa es mucho mayor.

(3) El tramo que comprende la vía en estudio ha sido seleccionado por su importancia al formar parte de la Red Fundamental de Carreteras de Bolivia (Ruta No. 2), que vincula las ciudades de La Paz y El Alto Provincia Murillo en el departamento de La Paz. De igual manera por acuerdos institucionales entre la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para su financiamiento y construcción.

(4) Los antecedentes socioeconómicos y de tráfico presentados en el Estudio de Identificación (EI) son demostrativos de la necesidad de una ampliación de la vía actual a una vía multi carril con características urbanas. Por tanto, para la presente evaluación se realiza un análisis para determinar beneficios y costos determinando su factibilidad en función de los indicadores obtenidos.

(5) La delimitación del estudio, comprende desde el final de la Av. Montes intersección con la Calle Echeverría (altura Cervecería) en la ciudad de La Paz y el peaje en la ciudad de El Alto. La longitud del tramo en estudio Autopista La Paz – El Alto es de 10+600 km, que equivale al 6,84% de la Ruta No. 2 de la Red Vial fundamental (RVF) que es de 155 km. El tráfico promedio diario anual adoptado para el año 2011 es de 40.583 vehículos.

**Cuadro No. 1.1**



Fuente: Estudios de Ingeniería IPA/Transtec.

(6) Por otro lado, los datos de pantalla correspondiente al Control de Modelaciones describen los parámetros generales que controlan el funcionamiento de la modelación. En el caso particular de este estudio se han adoptado los siguientes valores:

* Tasa Social de Descuento: 12,00%
* Horizonte de análisis y evaluación: 20 años (después de la construcción)
* Plazo de construcción: 2 años
* Periodo de diseño y estudio: Año 2011
* Inicio de la Construcción: Año 2014 – 2015 (dos años)
* Apertura de la Carretera: año 2016.
* TPDA del estudio: año 2011
* Moneda: Dólares Norteamericanos.
  1. **Características de la Vía**

(1) De acuerdo a la alternativa definida, la vía en estudio corresponde al mejoramiento de la geometría actual, manteniendo el eje existente, adecuándose al comportamiento urbano actual y futuro. La Sección Transversal Tipo que se ha adoptado en función al estudio de capacidades que se realizó en el Estudio de Trafico, recomienda 3 carriles por sentido de circulación de 3.50 m, excluyendo las bermas externas por las características topográficas, se considera únicamente sobre anchos o sectores de parada de vehículos donde la topografía lo permita.

**Figura Nº 1.1**

**Sección Transversal Tipo – Alternativa 1**



Fuente: Estudio Diseño Geométrico IPA/TRANSTEC/2011

(2) Los datos sobre características físicas de la Autopista con y sin proyecto, han sido extractados del estudio de ingeniería, los que serán alimentados de acuerdo con los requerimientos del Modelo HDM 4, de modo de precisar de mejor manera las modelaciones realizadas. A continuación se realiza una descripción de las características comunes más importantes.

**Cuadro No. 1.2**

****

Fuente: Memoria de cálculo del diseño geométrico IPA/Transtec 2011.

**Cuadro No. 1.3**

****Fuente: Memoria de cálculo del diseño geométrico IPA/Transtec 2011.

**1.3 Tráfico Normal y Proyección de la Demanda**

(1) Los volúmenes de tráfico a ser modelados son los obtenidos por el Consultor y que se han desarrollado en extenso en el Estudio de Tráfico especificado en el contexto de este Estudio.

(2) Los datos requeridos para la modelación son:

1. Composición vehicular (expresado en %)
2. Proyección del tráfico vehicular durante la vida útil del proyecto
3. Tasa de crecimiento anual

(3) La composición vehicular según el estudio de tráfico, muestra la clasificación vehicular que considera a 12 tipos de vehículos según la adoptada por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) en nuestro país. El TPDA determinado para el año 2011 alcanza a 40.583 vehículos/día siendo la composición la que se muestra en el Cuadro siguiente:

**Cuadro Nº 1.4**



(4) De otra parte por razones metodológicas y según la clasificación requerida por el Modelo HDM IV, la composición vehicular del tráfico de 12 tipos ha sido reclasificada en 7 tipos de vehículos, agrupada en vehículos livianos; transporte público buses y vehículos pesados según se muestra en el Cuadro siguiente:

**Cuadro Nº 1.5**

****

(5) La proyección de tráfico con fines de determinar los costos de operación vehicular, determinación de ingresos, etc., se realizó en función a las tasas de crecimiento adoptadas en el estudio de tráfico por tipo de vehículo, lo cual permite proyectar el flujo vehicular diario por tipo de vehículo asociado al tráfico normal. En el estudio de tráfico se determinaron tasas para cada año durante el horizonte del proyecto, para ingresar datos al Modelo se requiere adoptar tasas de crecimiento en el año base, razón que en base a las tasas anuales se adoptaron tasas promedio.

Cuadro Nº 1.6



**2. IDENTIFICACION Y ESTIMACION DE BENEFICIOS Y COSTOS**

**2.1 Costos de Operación de los Vehículos**

(1) Los Costos de Operación de Vehículos (COV) han sido calculados usando el modelo HDM-4 Vehicle Operating Costs Module (versión 3.1) del Banco Mundial.

(2) Este modelo utiliza varios parámetros de información incluyendo: las características del vehículo, tipo de llantas, utilización del vehículo y costos unitarios para calcular el COV por tipo de vehículo en una situación donde exista un tránsito fluido de vehículos.

(3) El modelo también permite realizar un análisis de sensibilidad a varios parámetros, de los cuales el más importante es la rugosidad de la carretera, que representa la calidad de la carretera e influye en gran manera en el costo de operación de los vehículos.

(4) De la composición vehicular presentada en el Estudio de Tráfico, clasificamos siete tipos de vehículos usados con HDM-VOC de acuerdo a la siguiente clasificación:

**Cuadro Nº 2.1**

**Vehículos Tipos**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Vehículos Tipos** | **Marcas y Modelos** | **Vahículo HDM Equivalente** |
| Automovil, | Toyota, Corolla Efi Gli | Auto |
| Camioneta | Toyota, New Hi-Lux | Utilitario, Camioneta |
| Mini bus | Toyota, Hiace STD | Utilitario, Minibus |
| Microbus (12-21 Asts) | Dodge |  |
| Bus Mediano (22-35 Asts) | Toyota, Coaster | Bus Mediano |
| Bus Grande (36 Asts o más) | Mercedes Benz, Leyland | Bus Grande |
| Camión Mediano (10 t) | Nissan, Condor | Camión liviano |
| Camión Grande (2 ejes) | Volvo NL 10 | Camión pesado |
| Camión Grande (3 ejes) | Volvo, NL 1020 (4x2) |  |
| Camión semirremolque | Volvo, NL 12 (6x4) |  |
| Camión con remolque | Volvo NL 12 (6x4) |  |
| Otros | Varios |  |
| **Fuente: Elaboración en base a entrevistas a casas importadoras** | | |

2.1.1 Resumen de los Costos de Operación Vehicular

(1) Es importante señalar que en el Estudio de Identificación (EI) se presenta el cálculo de cada uno de los componentes de los costos de operación, el mismo se resume en los costos unitarios calculados por tipo de vehículos tanto a precios financieros como a precios económicos, datos que serán introducidos al Modelo HDM IV.

(2) Para el presente estudio (TESA) en los cuadros siguientes se presentan el resumen de los costos de operación vehicular encontrados:

**Cuadro Nº 2.2**



(3) Es importante mencionar que el precio del combustible en Bolivia a la fecha es de Bs 3.72 para el diesel y de Bs 3.74 para la gasolina. Sin embargo estos precios son subsidiados por el Gobierno no siendo reales ante el mercado internacional, razón que el análisis efectuado para hallar el costo medio del combustible son precios sin subsidios.[[1]](#footnote-1)

**Cuadro Nº 2.3**

****

2.2 Costos de Tiempo de Viaje (Pasajeros y Carga)

**2.2.1 Valor del Tiempo**

(1) Los costos de tiempo de viaje están en función al valor del tiempo de los pasajeros, variable socioeconómica de difícil estimación, puesto de que se trata del costo virtual que le dan los pasajeros al tiempo que transcurre en el vehículo por viaje. En otras palabras el que estuviera dispuesto a pagar el pasajero por que se reduzca en una hora el tiempo de viaje. Esto es muy difícil de averiguarlo, puesto que las encuestas tienen mucho de error y de subjetividad.

(2) Obviamente que esto está íntimamente relacionado con el ingreso de las personas, pero no necesariamente es coincidente en un 100%, puesto que influyen factores como el ocio que dispone la persona, el nivel de ingresos, el grado cultural, los hábitos de la población, número de miembros de la familia. En consecuencia la valorización del tiempo puede estar por encima del ingreso personal o por debajo, dependiendo como influyen los factores sociales y económicos comentados arriba.

(3) Lo más aconsejable para estimar los costos por tiempo, es remitirse alguna experiencia en Bolivia. Para este efecto, tomaremos el caso de los estudios de transporte realizados en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, con motivo de la elaboración del proyecto de la “Nueva Terminal de Buses”. En este contexto se llego a desarrollar el modelo gravitacional para la proyección de viaje entre varias poblaciones y la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Precisamente este modelo de transporte utiliza el término de costo de transporte que incluye el costo del tiempo de los pasajeros. Este costo tiene que “hacer funcionar el modelo” de manera que es muy adecuado tomar el costo de tiempo como el costo de oportunidad que le dan los pasajeros.

(4) De acuerdo al anterior ejemplo se tiene el siguiente costo:

Costo del tiempo de pasajeros que viajan desde la ciudad de La Paz hacia la ciudad de El Alto = 0.826 $us / hora

Esto equivale a un ingreso de 158.4 $us / mes y 1.900,8 $us / año.

(5) Vemos que esto no coincide con los ingresos medios de una familia, que en la ciudad de La Paz es de 2.793.8 $us / año (datos INE 2001 gasto por familia), y está muy por encima del límite de pobreza calculado por el BID de 685 $us/ año.

(6) De estudios realizados se menciona que los habitantes en Bolivia valoran su tiempo en menor proporción que su ingreso. Se puede tomar como una aproximación aceptable un 60% del ingreso medio como valor del tiempo, de donde se tiene:

$us 2.793,8/12 = $us/mes 232,82 /192 horas = 1,21\* 0,6 = 0,726 $us/hora

Este valor es asignado tanto para vehículos livianos como vehículos buses.

(7) En el caso de la valorización del tiempo por otros motivos, o tiempo de ocio, no se tiene en el país estudios completos que permitan adoptar criterios confiables para su estimación. Sin embargo tomando la experiencia de países vecinos, donde la valoración económica del tiempo sustraído al trabajo, se estima entre el 20 y 40 por ciento, para el caso del presente estudio de mejoramiento vial, se adopta un valor medio del 30% como el valor económico del tiempo de viaje por otros motivos. Aplicando este parámetro se tiene como resultado:

**Cuadro Nº 2.4**

**Valor del Tiempo (en $us/hora)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo de Vehículo** | **Valor del Tiempo** | **Tiempo de Ocio** |
| Livianos y Buses | 0,73 | 0,73 \* 30% = 0,22 |

Fuente: Elaboración propia

(8) Un aspecto muy importante a considerar es la definición de los costos a usar. Ya anteriormente se había mencionado la diferencia entre los aspectos financieros y económicos, sin embargo, a continuación se puntualizan las definiciones usadas por el HDM-4 para los costos financieros y económicos.

**2.2.2 Retención de la Carga por Hora**

(1) Para determinar este costo nos remitimos a datos del Estudio de Tráfico (Encuesta de Origen Destino) y se tomó, el precio de la coca como mercancía representativa de carga que es transportado desde el mercado de la coca en la zona de Villa Fátima en vehículos livianos como ser automóviles (trufis), y camionetas y se tiene como destino la ciudad de El Alto Zona 12 de Octubre desde donde se embarca en camiones de alto tonelaje para ser transportados hacia el resto del país.

(2) El precio promedio en el mercado de la coca en la ciudad de La Paz alcanza a Bs 1.200,-- por **“Taqui”** (bolsa de 50 libras ó 25 kg) es decir 6.857,14 $us/Ton. (t.c. 7,0 x $us 1.), se aplica una tasa de interés social del 12,67% anual y la capacidad de los camiones, es decir:

Retención de carga = 6.857,14 $us/Ton x 0,12 / (365 días x 24 horas)

Retención de carga = 0,093 $us/Ton/hr.

(3) El costo encontrado de retención de la carga, se multiplicó por la capacidad de cada camión y se obtuvo el “Costo de Retención de la Carga” por hora que se refleja en el siguiente Cuadro:

**Cuadro Nº 2.5**

**Costo de Retención de la Carga**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de Camión** | **Capacidad** | **Costo de Retención**  **1 Tonelada** | **Costo Total de Retención de Carga** |
| Camión Mediano | 10 Ton. | 0,093 $us/Ton-Hr. | 0,939 $us/Hr. |
| Camión Grande | 25 Ton. | 0,099 $us/Ton-Hr. | 2,348 $us/Hr. |

Fuente: Elaboración propia

**2.3 Estimación de Beneficios**

(1) En la actualidad, los proyectos de vialidad urbana se evalúan social y económicamente cuantificando al menos los beneficios provenientes del ahorro de recursos involucrados en el desplazamiento de vehículos. Estos son tiempo de usuarios, combustible y otros consumos de operación de los vehículos.

**2.3.1 Ahorros en Tiempos de Viaje**

(1) Todo proyecto de vialidad urbana debería significar un menor tiempo de viaje respecto a la situación actual. Los beneficios por este concepto se calculan haciendo la diferencia entre el tiempo empleado por los usuarios de la vía en la situación sin proyecto y el tiempo empleado por los usuarios en la situación con proyecto.

**2.3.2 Ahorros en Costos de Operación**

(1) Los costos de operación de los vehículos se dividen en dos grupos:

* Costos de consumo de combustible
* Costos de otros insumos de operación. En estos se incluyen los costos por lubricantes, repuestos, mano de obra por mantención, neumáticos, etc.

(2) Los ahorros en costos de operación debido a la ejecución del proyecto se obtienen al efectuar la diferencia entre los costos de operación de las situaciones sin y con proyecto. Estos han sido estimados en el Modelo HDM-4.

**2.3.3 Ahorros por disminución en los Costos de Mantenimiento**

(1) Corresponde estimar tanto para la situación base como para las alternativas de proyecto los costos de mantenimiento, durante cada año del horizonte de evaluación.

(2) En la evaluación, el diferencial de los costos de mantenimiento de la situación base respecto de los de cada alternativa, es el ahorro o costo de mantenimiento que genera el proyecto.

**2.3.4 Ahorros por la Reducción de Accidentes**

(1) Los costos de los accidentes de tráfico para ser introducidos como parte de los beneficios por los ahorros en la disminución de accidentes que deben ser evaluados mediante el HDM IV se clasifican en:

* Accidentes por pérdida de vidas humanas
* Accidentes por lesiones a los usuarios (heridos graves)
* Daños a los vehículos (Para el presente estudio se denomina como daños a la propiedad aparte de los correspondientes a los vehículos involucrados que incluye pérdidas de las cargas)
* Daños a las personas

**a) Accidentes por pérdidas humanas y lesiones a los usuarios.**

(1) Una metodología simplificada para obtener los costos de accidentes, es teniendo en cuenta sólo el valor de los gastos por heridos y muertos. En nuestro País la entidad encargada del pago por indemnización de daños por heridos graves y fallecimientos es el Seguro Obligatorio de Automotor “SOAT”, entidad que para el 2010 ha establecido el pago en Derechos Especiales de Giro igual a 2.300 DEG (equivalente a $us 3.720,-)por persona fallecida y un máximo del 75% en caso de heridos graves.

(2) Para determinar el costo por accidente, utilizamos la siguiente expresión matemática:

**Caccidente = M \* Cm + H \* Ch**

Donde:

M: Número de muertos por accidente de tráfico

Cm: Costo unitario de una muerte por accidente de tráfico

H: Número de heridos por accidente de tráfico

Ch: Costo Unitario de un herido por accidente de tráfico

(3) Por otra parte, para la determinación del número de accidentes en la carretera objeto del presente estudio es importante contar con tasas de siniestros y tasas de mortalidad para inducir de manera apropiada a los vehículos y pasajeros expuestos en la carretera.

(4) El grado de exposición al “riesgo vial” en el Factor Vehículo se determina para la tasa de mortalidad (y de morbilidad) en función de la cantidad de pasajeros expuestos (transportados) y la cantidad de espacio recorrida en circulación (kilómetros), o sea pasajeros/kms; y para la tasa de siniestralidad en función de la cantidad de vehículos y la cantidad del tramo carretero recorrido en circulación (kilómetros), o sea vehículos/kms.

(5) En base a las fuentes mencionadas inicialmente y la relación con el Proyecto en estudio, procedemos a determinar los diferentes resultados que permitirán cuantificar el costo de accidentes.

**Datos Base:**

Nº de accidentes en la autopista en los últimos 5 años = 866

Nº de accidentes c/muerte promedio últimos 5 años = 5

Nº de accidentes c/personas heridas promedio últimos 5 años = 125

Tasa de mortalidad departamental = 12 x cada 100.000 habitantes

Costo unitario de muerte por accidente de tráfico pagado por el SOAT = $us 3.720,-

Costo unitario de un herido por accidentes de tráfico = $us 2.790,--

Longitud del Tramo: 10,600 kms

Nº de pasajeros promedio x vehículo tipo de transporte público según TPDA año base 2011. (ver cuadro de cálculo auxiliar)

**Tasa de Siniestralidad Vial Grave.-** Esta tasa nos permite ponderar la cantidad de siniestros viales graves (que su consecuencia tenga como mínimo un lesionado con fractura) en función a la exposición al riesgo.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cálculo Auxiliar** |  |  |  |  |  |
|  | **Nº de** | **Promedio** | **Total Nº** | **Longitud** |  |
| **Tipo de Vehículo** | **Vehículos** | **Pas/veh.** | **Pasajeros** | **Tramo (km)** | **Km/año/Total** |
| Minibuses | 15.547 | 15 | 233.205 | 10,6 | 2.471.973,20 |
| Micro bus | 51 | 21 | 1.071 | 10,6 | 11.352,60 |
| Bus mediano | 1022 | 35 | 35.770 | 10,6 | 379.162,03 |
| Bus grande | 731 | 45 | 32.895 | 10,6 | 348.687,02 |
| Total | 17.351 |  | 302.941 | 10,6 | 3.211.174,60 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Determinación de la Tasa** | | Accidentes Graves cada 100.000 Km/Veh. | | | |
|  | **Total Nº de** | **Nº de** | **Km/Veh/año** | **Tot/Km/Veh** | **Acci/Km-Veh.** |
|  | **Pasajeros** | **Accidentes** |  |  |  |
| Pasajeros | 302.941 | 130 | 6.333.115 | 3.211.174,60 | 4,04 |

La tasa encontrada es igual a 4,04, la misma que será aplicada al número de accidentes ocurridos en el tramo de la carretera en estudio.

**Tasa de Mortalidad Vial.-** En este caso el grado de exposición de riesgo se pondera en función de la cantidad de pasajeros expuestos y el espacio durante el cual están en riesgo (kilómetros).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cálculo Auxiliar** |  |  |  |  |
| **Pasajeros** | **Minibus** | **Micro bus** | **Bus mediano** | **Bus**  **grande** |
| Carga Media | 15 | 21 | 35 | 45 |

El promedio simple de pasajeros que ocupan los cuatro tipos de vehículos nos da **29/pasajeros/vehículo**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Determinación de la Tasa** | | Muertos cada 100.000 Km/Veh. | | | | |
|  | **Nº Pasajeros** | **Nº de** |  | **Carga** |  | **Muerte** |
|  | **Y Vehículos** | **Muertos** | **Tot/Km/Veh** | **Media** | **Pasaj-Km** | **Pasaj/Km** |
| Pasajeros | 302.941 | 5 | 3.211.174,60 | 29,00 | 99.888.736 | 0,15 |

La Tasa de Siniestralidad del Transporte Automotor de Buses de Pasajeros ponderada en función de los kilómetros recorridos resulta ser igual a 15%.

**Valoración Económica**

Con los datos encontrados procedemos a su valoración económica aplicando la metodología de cálculo adoptada y según disposiciones vigentes aplicando las tarifas por accidentes del SOAT.

**Caccidente = M \* Cm + H \* Ch**

Caccidentes = 5 \*(0.15) \* 3.720 $us/persona + 130 \* (3,77/100) \* $us 2.790 $us/persona

Caccidentes = 2.790 $us/persona + 14.682 $us/persona

Caccidentes =17.472 $us/total/personas ([[2]](#footnote-2) )

**3. COSTOS DE INVERSION Y DE MANTENIMIENTO**

**3.1 Costos de Inversión a Precios de Mercado**

(1) Los costos de inversión previstos para la inversión inicial corresponden a los montos indicados en el presupuesto de la obra, estos costos corresponden a los costos directos de construcción de acuerdo a lo obtenido en el análisis de cómputos métricos y posterior cuantificación económica de los mismos desarrollados en el contexto de este estudio.

(2) Se estima que la inversión se realizará de acuerdo a cronograma de ejecución de obras cuyo inicio está previsto para el año 2014 con un plazo de construcción de 2 años comenzando a operar la vía con sus nuevas características de diseño geométrico y pavimento en el año 2016 (primer año de operación), si se organiza la obra con este objetivo.

(3) El proyecto se inicia en el Distribuidor Montes altura calle Cap. Echavarría y finaliza en el peaje en la ciudad de El Alto y consta de una longitud de 10.6 km.

* Inicio Km. 0+000 a Km. 10+600 L=10.600 mts.

(4) Los costos de inversión lo componen los costos de construcción directos y costos indirectos.

* + 1. **Costos de Construcción**

(1) El presupuesto general de los costos de construcción se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 3.1**

 Fuente: Capítulo de Costos y Presupuestos del Proyecto

**3.1.2 Costos Indirectos**

(1) A los costos directos de construcción de obras civiles, adicionalmente y para fines de licitación y financiamiento se deben considerar otros costos adicionales denominados Costos Indirectos como consecuencia de la construcción de la autopista La Paz El Alto, estos costos son: Costos de Supervisión; Fiscalización; y Gastos de Licitación Administración e Imprevistos, estos costos se consideran de forma separada para tenerlos plenamente identificados.

(2) Es conveniente explicar que los costos de Supervisión resultan ser el porcentaje de los costos directos (por lo general entre 5% a 12% de acuerdo a la longitud del tramo) para el proyecto a fin de no encarecer los costos se ha asumido el 7,25% para Supervisión. Para el costo de Fiscalización corresponde un porcentaje de los costos directos de construcción, en el proyecto se ha asumido el porcentaje del 1%; Finalmente está el ítem de Gastos de Licitación, Administración e Imprevistos, que de igual manera resulta un porcentaje de los Costos Directos, a fin de poder prever los gastos que se incurra en proceso de Licitación de Obras, para el presente proyecto se ha asumido el porcentaje del 10,16%.

(3) En el cuadro siguiente se presenta el costo total del proyecto expresado en moneda nacional (Bs) y extranjera ($us).

**Cuadro Nº 3.2**



Fuente: Elaboración en base al cuadro Nº 3.1

#### 3.2 Costos de Inversión a Precios Económicos

(1) Los valores presentados anteriormente, representan costos financieros o costos a precios de mercado. Para la Evaluación Económica se requieren los costos económicos, los cuales se determinan en función de los anteriores precios financieros y/o de mercado pero aplicando las razones precios/ cuenta.

(2) Para determinar los costos económicos se recurrió a utilizar factores de precio/ cuenta, que se aplicaron a los componentes de los costos de construcción. Los factores de precio/cuenta se aplicaron a cada uno de los componentes para así obtener al final un costo económico del total de presupuesto del proyecto.

(3) Considerando que los impuestos y aranceles son meras transferencias que deben ser descontadas de los precios de mercado, por tanto para la conversión de precios financieros a precios económicos se restan los impuestos a los primeros.

(4) De la aplicación de la razones precio/cuenta al presupuesto de inversión, se presenta los costos a precios económicos del Proyecto desglosado por componentes. Para proceder con la discriminación de los insumos por tipo de origen nacional e importado y de la mano de obra se analizó el presupuesto desglosado que brinda el paquete especializado para costos y presupuestos “Quark”, el cual es de amplia utilización y aceptado por la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

**Cuadro No. 3.3**

**CONVERSION DE COSTOS FINANCIEROS A ECONOMICOS**

**(Expresado en dólares americanos)**

 Fuente: Elaboración Propia, en base a Costos y Presupuestos del Proyecto.

(5) Según el cuadro anterior, se observa que el costo total del proyecto a precios de mercado asciende a $us 35.000.000,00 en tanto que el costo total a precios económicos resulta ser de $us 34.240.493,37 menor en relación al primero debido a la corrección de las razones precio cuenta de eficiencia (RPCE) aplicados a los costos financieros.

(6) De la misma manera se ha determinado que el costo por kilómetro a precios financieros o de mercado resulta ser de $us/km 3.301.886 y a precio económico de $us/km 3.240.493.

**3.3 Costos de Mantenimiento**

(1) A su vez los costos unitarios de mantenimiento que se han utilizado en las modelaciones efectuadas, de modo de determinar el perfil de flujos de conservación son las cifras medias extractadas del Capítulo correspondiente al Programa de Mantenimiento del Proyecto. Estos valores se refieren para un tipo de pavimentado rígido en la situación Sin y Con Proyecto, según se presenta en el cuadro siguiente:

**Cuadro Nº 3.4**

**Costos de Actividades de Mantenimiento Vial**

****

(2) Se han descrito actividades en base al programa de mantenimiento propuesto que a juicio del Consultor deben ser considerados para la introducción de datos y modelación con el HDM-4.

**4. EVALUACION SOCIO ECONOMICA**

(1) El objetivo de la evaluación socio-económica del proyecto es medir el impacto del proyecto sobre el nivel de bienestar socio-económico del país y contrastar los beneficios con los costos estimados a valores sociales y económicos. Se determina el flujo de recursos reales utilizados y producidos por el proyecto, valorado con los precios sociales establecidos anualmente por el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE).

(2) Los resultados de la evaluación socioeconómica y financiera determinarán la alternativa económica, técnica, social y ambientalmente recomendable para las obras de rehabilitación y mejoramiento de la Autopista La Paz - El Alto permitirán determinar la conveniencia de la ejecución del proyecto.

(3) Por tanto, el propósito del análisis es establecer los beneficios económicos resultantes de la inversión propuesta. Esto difiere de un análisis financiero, más relacionado con los métodos de financiación de un proyecto y su rentabilidad financiera. La viabilidad económica del proyecto se evalúa por comparación con una alternativa base (es decir, sin realización del proyecto). Las alternativas a evaluarse son:

* Sin proyecto: conservar la autopista en su estado existente.
* Con proyecto: varias alternativas de diferentes estructuras de pavimento, seguido de la conservación adecuada de cada una de ellas.

(4) El análisis del flujo de costos y beneficios se usa para definir la viabilidad económica de las diferentes alternativas y así establecer cuál es la más ventajosa y cuándo es el momento más oportuno para realizar la inversión. El análisis económico se puede usar también para comparar distintos estándares técnicos o estrategias de inversión.

**4.1 Hipótesis Asumidas para la Corrida del HDM – IV**

(1) Para la Rehabilitación de la Autopista se tiene prevista la colocación sobrecarpeta de Pavimento Rígido de 30 cm sobre la actual capa de Pavimento Rígido. Esta estructura de ***Pavimento Rígido sobre Pavimento Rígido*** no es una configuración que se pueda modelar con el programa *HDM-4 v1.3*. En vista de esta situación, y evaluadas distintas alternativas de modelación, se ha optado por simular la Condición Base considerando una Mezcla Bituminosa de Alta Resistencia, a la cual se le incorporaría una Mejora mediante una sobrecapa de Pavimento Rígido.

(2) Por lo tanto, para la Situación Base se ha procurado representar de la forma más aproximada posible un Pavimento Rígido a partir de la variables de un Pavimento Bituminoso, para lo cual se ha considerado una mezcla bituminosa de 40 cm de espesor con un número estructural igual a 7 que descansaría sobre una base estabilizada a nivel de explanada con un CBR de 40% y un Módulo Resilente de 40 GPA.

(4) Por su parte, para la situación Con Mejora no han habido consideraciones especiales por lo que se la modeló tal y como está proyectada en el diseño: como una losa de Hormigón de 30 cm sobrepuesta a la estructura existente. Tanto para las alternativas *Sin Proyecto* y la *Con Proyecto* se han incluido los respectivos estándares de conservación.

(5) Si bien la modelación del proyecto con el Software HDM-4 ha tenido características especiales e hipótesis excepcionales, consideramos que la presente modelación y sus resultados se encuentran del lado de la seguridad del proyecto. Prueba de ello es el análisis de Sensibilidad que se presenta en el punto 5 donde se muestran escenarios bastante desfavorables para la modelación y el proyecto sin que esto afecte de manera determinante los indicadores de rentabilidad.

(6) Podemos concluir entonces que las ***limitaciones*** del Modelo HDM-4, que se ha puesto en evidencia en la presente modelación, no afectarían significativamente la rentabilidad del proyecto en estudio. Resultan además aceptables porque no existe otra herramienta al nivel de este software para analizar el proyecto de esta manera. Otras opciones de análisis como el empleo de planillas parametrizadas no consideran el deterioro del pavimento y su influencia en los costos de operación vehicular.

**4.2 Cálculo de los indicadores económicos**

(1) Los indicadores económicos se calculan usando los flujos de beneficios y costos resultantes de las diferentes comparaciones entre opciones de inversión siempre para escenarios con proyecto y sin proyecto. En cada par de opciones de inversión comparadas, los beneficios netos y los costos, de la implantación de una u otra, se calculan año por año. En todos los casos, la opción de inversión “*m”* se compara con la opción “*n”* (que es el caso base). Los siguientes indicadores económicos se calculan a partir de los flujos de costos y de beneficios, con una tasa de descuento especificada por el usuario:

* Valor neto actual - VAN
* Tasa interna de retorno - TIR
* Relación coste/beneficio neto – BCR

**4.2.1 Valor Actual Neto (VAN)**

(1) Es el valor actualizado de los costos y beneficios del proyecto, con una cierta tasa de descuento *"r".*

**Fórmula :** Valor Actual Neto (VAN)

|  |
| --- |
|  |

donde:

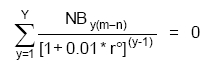
I = Inversión social del proyecto, es decir inversión privada, con correcciones de los ítemes de mano de obra y divisa de acuerdo a las razones precios cuenta definidos.

Bn = Beneficios generados por el proyecto en el año n

i = Tasa social de descuento, valor que es definido por el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo (VIPFE) y que equivale al costo alternativo del dinero destinado al proyecto.

**4.2.2 Tasa interna de Retorno (TIR)**

(1) La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento en la que VAN es cero. Se calcula resolviendo la relación implícita de *r*°:



(2) La TIR no ofrece indicaciones del tamaño de los costos o beneficios de una inversión; sirve como una guía de rentabilidad de la inversión: cuanta más alta, mejor. Si la TIR calculada es mayor que la tasa de descuento proyectada (que aquí corresponde al 12,67%), entonces la inversión está económicamente justificada.

**4.2.3 Relación Beneficio/Costo (RBC)**

(1) La Relación Beneficio/Costo (RBC) de la opción de inversión “*m”*, sobre la opción base “*n”*, se calcula de la siguiente manera:



Donde:

BCR (m-n): relación beneficio/costo de la opción “*m”* sobre la opción base “*n”*

NPV(m-n) : beneficio neto total descontado de la opción “*m”* sobre la opción básica “*n”*. (Esto es el VAN en la tasa de descuento “*r”)*

Cm: costos totales descontados de la administración al implantar la opción

de inversión “*m”*

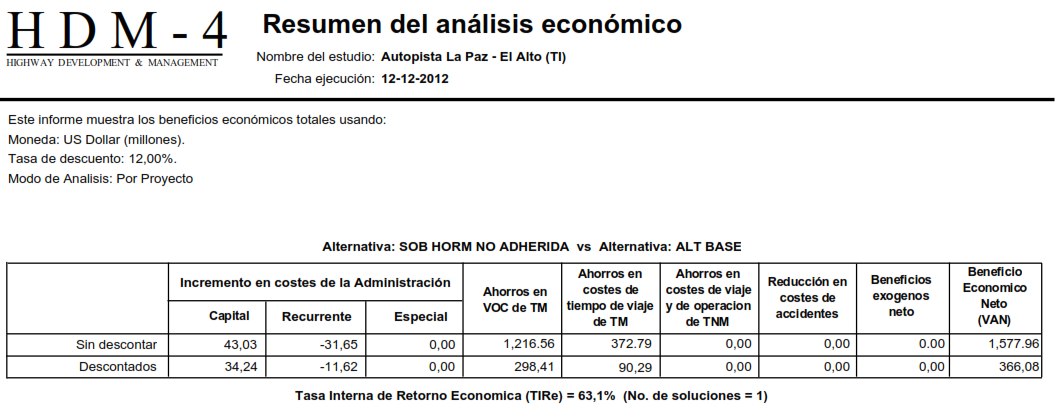
(2) Si el NPV (m-n) o VAN (m-n) es cero, entonces (VAN/C) (m-n) es cero. Estas relaciones ofrecen un indicador de la rentabilidad de la opción de inversión “*m”* sobre la opción base “*n”* en una tasa de descuento definida. Esta medida elimina la predisposición del VAN hacia opciones de proyecto costosas, pero como el TIR, no ofrece indicadores de la magnitud de los costos o beneficios implicados.

4.3 Resultados Obtenidos de la Evaluación Económica

(1) El resultado de de los indicadores de rentabilidad y del comportamiento de la carretera, se presenta en los reportes extractados del HDM-4 el cual se efectuó la corrida considerando la alternativa definida.

**Cuadro Nº 4.1**

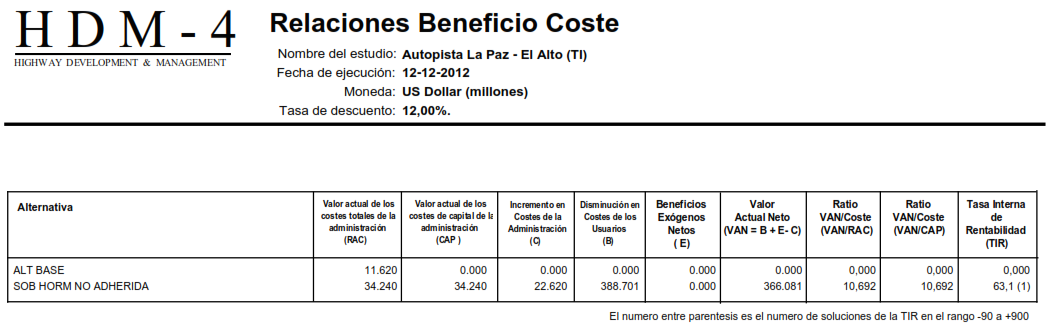
**Reportes del HDM Alternativa Sin y con Proyecto**

****

(2) Del análisis de los resultados obtenidos se observa que la alternativa definida muestra indicadores positivos siendo el VAN (descontado) igual a 366,08 millones de dólares americanos y la TIRe es igual a 63,1% mayor en relación a la tasa social de descuento asumida igual al 12,00%, por tanto desde el punto de vista socioeconómico es factible.

**Cuadro No. 4.2**

**Reportes del HDM Alternativa Sin y con Proyecto**



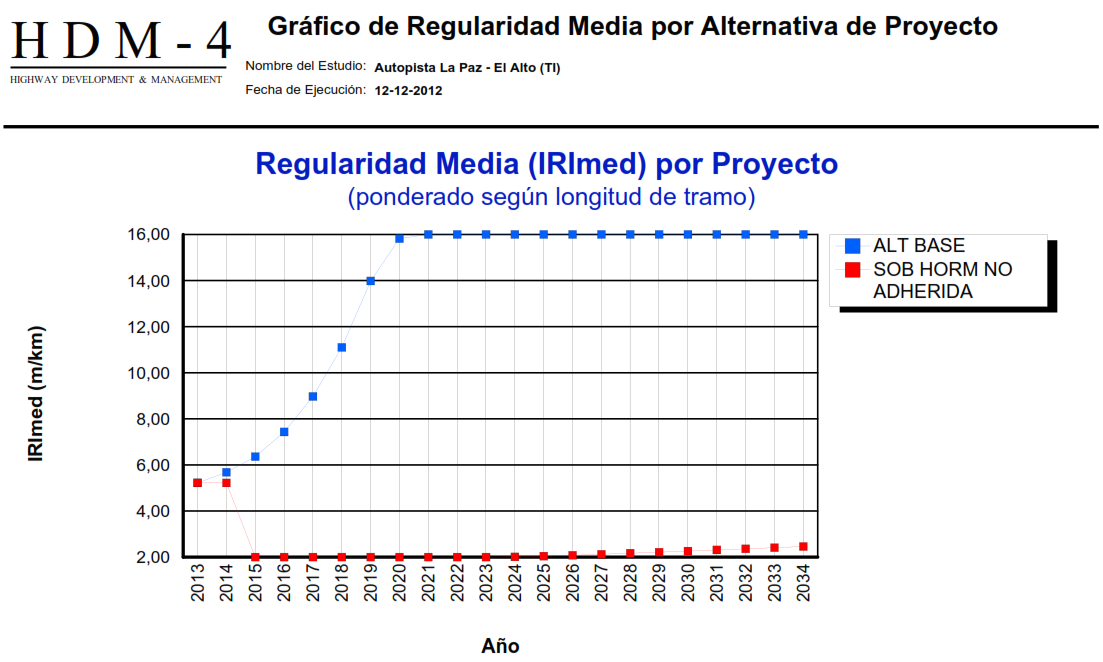
(3) De acuerdo al anterior reporte se muestra que la relación beneficio costo respecto al flujo de beneficios vs costos de capital es igual a 10,692 mayor a la unidad, por tanto este indicador de igual manera refleja la factibilidad socioeconómica del Proyecto con la alternativa definida.

**4.4 Resultados de la Evolución del Pavimento**

(1) Aunque inicialmente se consideraron tres posibles alternativas de mejora de superficie de rodamiento con modificación del eje, para efectos del análisis económico con el modelo HDM-4 se ha definido la alternativa referida al sobre hormigón definida como la alternativa más viable según el análisis realizado anteriormente.

(2) Respecto a la evolución del pavimento en el horizonte del proyecto, el IRI (Índice de Regularidad Internacional) el siguiente gráfico permite observar la evolución de las condiciones de un Pavimento, en las situaciones Sin Proyecto (Alternativa Base) y Con proyecto Alternativa Sobre hormigón no adherido.

**Figura N° 4.1**

****

(3) De acuerdo a la figura anterior se observa que la Alternativa Base, en la situación actual dada las condiciones deficientes del tramo en cuestión requiere en lo inmediato la colocación de una capa de refuerzo la cual renueva la capacidad estructural del tramo, o en su caso una reconstrucción total del pavimento. La Alternativa Base, requerirá además de las operaciones rutinarias, las cuales han sido modeladas de tal forma que son aplicadas anualmente.

(4) La alternativa de construcción con “sobre hormigón no adherida” muestra un comportamiento más estable y duradero con rangos de IRI aceptables.

(5) El deterioro natural que presentará el pavimento de hormigón se deberá al crecimiento del tráfico y las condiciones de su estructura. Sin embargo según la gráfica de regularidad media, se observa que la alternativa “sobre hormigón no adherida” presenta un menor desgaste con IRI igual a 2 y menor a 3, por tanto técnicamente es recomendable la construcción con esta alternativa.

**5. ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

(1) La implementación del presente Proyecto no debería presentar riesgos importantes desde el punto de vista constructivo, ya que existe suficiente experiencia en el País. Estos riesgos pueden minimizarse aún más si se utilizan contratistas que realicen un estricto diseño y control de calidad de las mezclas asfálticas, así como un control físico y financiero de las obras.

(2) Un riesgo o incertidumbre que se considera típicamente en estos casos es la disponibilidad de los fondos de contrapartida para la inversión inicial del proyecto, pero esto no sería criterio en este caso, ya que en el monto presupuestado para la ejecución de las obras estarían garantizados por el Gobierno Nacional y fondos de crédito del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y fondos de contrapartida de parte de la Gobernación del Departamento de La Paz provenientes del IDH para este tipo de obras.

(3) Por otro lado, existe un cierto riesgo en el sentido que se efectúe realmente la planificación, presupuesto y ejecución del mantenimiento rutinario y periódico durante la vida del proyecto, sin embargo toda vez que la carretera se concluya y al ser parte de la Red Fundamental el mantenimiento de la misma estaría a cargo de la ABC Administradora Boliviana de Carreteras institución que se encarga de gran parte del mantenimiento vial en el país.

(4) Al presentar valores positivos, los indicadores económicos VANe y TIRe los mismos que se encuentran muy por encima de la tasa social de descuento (12.00%), una variación en más menos del 10% no afectará los resultados económicos para el proyecto, por tanto las variables a analizar no presentan mayor sensibilidad.

(5) En forma paralela a la modelación en HDM, se realizaron análisis de sensibilidad de cada las variables costos y beneficios en forma individual y combinada. Este análisis es de suma utilidad ya que permite comprender más fácilmente el funcionamiento del modelo y la interacción entre estas variables.

(6) Los análisis de sensibilidad fueron realizados en hojas de cálculo a partir del Flujo de Costos descontados y no descontados que forman parte de los resultados de la Modelación con el HDM-4.

Los escenarios evaluados fueron:

* 1er Escenario.

Incremento de los Costos en un 20%

* 2do Escenario.

Disminución de los Beneficios en un 20%

* 3er Escenario.

Incremento de los Costos en un 10%. Disminución de los Beneficios en un 10%

Los resultados de estos escenarios fueron evaluados en función a los indicadores VAN y TIR:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **DESCRIPCIÓN** | **COSTES** | **BENEFICIOS** | **VAN** | **TIR** |
| Situación Base |  |  | 366.08 | 63.10 |
| Escenario 1 | +20% |  | 361.56 | 57.24 |
| Escenario 2 |  | -20% | 288.34 | 56.01 |
| Escenario 3 | +10% | -10% | 324.95 | 56.69 |

Adjunto a este documento están las planillas que sirvieron para el Análisis de Sensibilidad.

**6. CONCLUSIONES**

(1) En el Estudio de Identificación (EI) del Proyecto Autopista La Paz El Alto, se ha considerado para el proyecto tres alternativas de construcción, siendo las mismas las siguientes:

**Alternativa 1. SOB. HORM. NO ADHERIDA CON EJE MODIFICADO**: Construcción de sobre carpeta de pavimento rígido no adherida sobre la carpeta existente, realizando mejoras al alineamiento horizontal y vertical con tres carriles por calzada.

**Alternativa 2. ASFALTO NUEVO CON EJE MODIFICADO:** Reconstrucción del paquete estructural con carpeta de concreto asfáltico. Descartando o desechando la carpeta de pavimento rígido existente, con cambio parcial del eje actual y tres carriles por calzada más berma de 1 m.

**Alternativa 3. HORMIGON NUEVO CON EJE MODIFICADO:** Reconstrucción del pavimento rígido. Descartando o desechando la carpeta de pavimento rígido existente, con eje modificado y tres carriles por calzada más berma de 3 m.

(2) La alternativa elegida según la viabilidad técnico económica resulto ser la Alternativa 1. Construcción según el diseño geométrico con tres carriles por calzada y carpeta de hormigón sobre el actual con características no adheridas.

(3) De acuerdo a las corridas efectuadas en el Modelo HDM 4, se concluye que el Proyecto presenta indicadores favorables tanto del VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) para la alternativa seleccionada.

(4) Es importante señalar, que los indicadores favorables es consecuencia de los beneficios resultado del ahorro en costos de operación de los vehículos y del ahorro del tiempo para pasajeros, datos que fueron calculados en base a costos unitarios de las características vehiculares, tiempo de pasajeros y modelados en el HDM 4.

(5) Efectuada la Evaluación Socioeconómica y Privada del Proyecto y al efectuar una análisis de los resultados de la modelación (ver anexos), podemos concluir lo siguiente:

* El análisis fue efectuado para el horizonte de la vida útil del Proyecto es de 20 años. La alternativa viable constructiva es con Sobre Hormigón No Adherida.
* Para la evaluación del proyecto se tomó la totalidad del tramo Autopista La Paz El Alto efectuándose el análisis con el presupuesto total determinado en los estudios de ingeniería.

(6) Se concluye que el proyecto desde el punto de vista socioeconómico es factible y de la evaluación privada se muestra que es rentable para el inversionista. De igual manera desde la óptica del análisis técnico la alternativa definida constructivamente es la más factible.

(7) De otra parte se menciona que por las características actuales que presenta con paradas de transporte público, pasos peatonales, zonas urbanas en crecimiento adyacentes a la vía, etc., el proyecto en estudio cambia de categoría y no puede considerarse una autopista y pasa a ser más bien una vía urbana multicarril.

(8) Respecto al financiamiento, dependerá la disponibilidad de fondos de parte del Tesoro General de la Nación o el contar con financiamiento de entidades de origen extranjero y/o países amigos.

(9) Por todo lo expuesto en los contenidos de todo el estudio, una vez asegurado el financiamiento, se recomienda que el presente proyecto pase a la siguiente fase de licitación y construcción.

1. El proceso de cálculo para los costos financieros y económicos se presenta en Anexos. [↑](#footnote-ref-1)
2. El valor determinado de $us 17.472 es referencial y con fines comparativos. El dato que se introduce al modelo HDM IV es igual al costo unitario de $us 3.720 por muerte y el costo por herido igual a $us 2.790. [↑](#footnote-ref-2)