Banco Interamericano de Desarrollo

**Costa Rica**

**Programa de Infraestructura de Transporte**

**(CR-L1032)**

**Ampliación y Reconstrucción de Ruta N°1 Tramo Barranca-Limonal**

**Anexo de Análisis Económico**

|  |
| --- |
| Este documento fue elaborado por Roberto Suárez Nicolini (consultor). |

Índice

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. | Introducción…………………………………………………………………………………. | 1 |
|  |  |  |
| 2. | El Proyecto. Oferta y Demanda……………………….…………............................... | 2 |
|  |  |  |
| A. | Situación Actual de la Carretera……………………….……………………………………... | 2 |
| B. | Escenario de Evaluación Sin Proyecto ……………………………..…………....…………… | 3 |
| C. | Escenario de Evaluación Con Proyecto ……………………………..……………………….. | 4 |
| D. | Tránsito Actual y Proyecciones………………………………………………………………. | 6 |
| E. | Accidentabilidad y Proyecciones……………………………………………………………... | 9 |
|  |  |  |
| 3. | Metodología e Insumos para la Evaluación Económica…..………………….…………… | 12 |
|  |  |  |
| A. | Metodología General. ………………………………………………………………………… | 12 |
| B. | Insumos para la Evaluación ………………………………..…………………......................... | 13 |
|  |  |  |
| 4. |  Costos de Inversión y Mantenimiento. Modelación con HDM-4........................................ | 14 |
|  |  |  |
| A. | Escenarios y Montos de Costos…..…………………………………………............................ | 14 |
| B. | Modelación de Costos de Inversión y Mantenimiento por el HDM…..…………………........ | 17 |
|  |  |  |
| 5. | Costos de Usuarios. Modelación con HDM-4. …..…………………………………...…….. | 18 |
|  |  |  |
| A. | Beneficios……………………………………………………………………………………… | 18 |
| B. | Modelación de Beneficios de Operación, Tiempo y Accidentes por el HDM……………….. | 19 |
| C. | Variación de Costos de Operación y Tiempo…………………………………………………. | 20 |
|  |  |  |
| 6. | Rentabilidad Económica...…................................................................................................... | 21 |
|  |  |  |
| 7. | Análisis de Sensibilidad…........................................................................................................ | 23 |
|  |  |  |
| 8. | Resumen del Análisis de Viabilidad Económica.................................................................... | 27 |
|  |  |  |
| 9. | Conclusiones……………………………………...................................................................... | 28 |
|  |  |  |
| Apéndice I…..………………………………………………………………………………………. | 29 |
|  |  |  |
| Apéndice II………………………………………………………………………………………….. | 30 |
|  |  |  |
| Apéndice III…………………………………………………………………………………………. | 31 |

**Programa de Infraestructura de Transporte**

**Ampliación y Reconstrucción de la Ruta N°1 Tramo Barranca-Limonal**

1. **Introducción.**
	1. El Gobierno de Costa Rica (GoCR), con financiamiento del Banco y otras fuentes, está ejecutando obras de mejora en varios tramos de la red vial. En particular, el GoCR y el Banco han asignado especial importancia a la mejora del Corredor Mesoamericano de Integración (CMI)[[1]](#footnote-1), según fue definido en el marco de la RICAM.[[2]](#footnote-2) En ese sentido, el Banco financia la reconstrucción y ampliación del tramo Cañas-Liberia (50,6 km), en la Ruta N°1(Interamericana Norte) integrante del CMI, con fondos del Primer Programa de Infraestructura Vial (PIV I); en tanto se prevé incluir en este PIV I, la reconstrucción y ampliación del tramo Limonal-Cañas (20,3 km) contiguo al tramo Cañas-Liberia en la Ruta N°1, en el marco del contrato de obra vigente.
	2. Este Programa de Infraestructura de Transporte (PIT), prevé incluir proyectos viales y portuarios; en particular, se contempla la mejora del tramo Barranca-Limonal (49,7 km) -en adelante, el Proyecto-, lo que implica continuar hacia el Sur las obras de reconstrucción y ampliación del CMI. Este tramo forma parte de la muestra representativa de obras viales a financiar con el PIT, representando aproximadamente el 45% del total del programa. Asimismo, las intervenciones previstas para este tramo se corresponden con la naturaleza de las obras a financiar en el programa al contemplar la rehabilitación, reconstrucción, pavimentación y/o ampliación de calzada y puentes en la RVN.
	3. La evaluación económica del citado proyecto Barranca-Limonal, se realiza para una ejecución integral en el corto plazo. Para esta evaluación se utiliza la metodología tradicional que considera los beneficios por los excedentes del consumidor (ahorros de operación y tiempos de viaje), beneficios económicos por reducción de accidentes y la variación de los costos del Estado por las actividades de gestión de la vía (inversión y mantenimiento), entre los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”; este análisis se realiza con apoyo del modelo HDM-4[[3]](#footnote-3), tal como es de estilo en la actualidad para las evaluaciones de inversiones en carreteras.
	4. El análisis se elabora tomando como insumo inicial la información suministrada por los entes públicos competentes en el sector; es decir, el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) de Costa Rica. En algunos aspectos (estimación de costos económicos de algunos insumos, entre otros), la información suministrada es insuficiente para la correcta modelación en los términos requeridos; en estos casos, se utiliza información complementaria o datos correctivos emanados de estudios de inversión vial que fueron recientemente realizados por el Consultor en Costa Rica para el Banco y la experiencia profesional del mismo en economía de transporte. Con ello, se estima que se logra una buena aproximación, suficiente para determinar los indicadores habitualmente utilizados para los análisis de viabilidad económica en forma razonablemente confiable.
2. **El Proyecto. Oferta y Demanda.**
3. Situación Actual de la Carretera.
	1. **Contexto del Programa.** Costa Rica dispone de 41.386 km de caminos: (i) 7.786 km pertenecen a la Red Vial Nacional (RVN) [[4]](#footnote-4) a cargo del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) y Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), pero se encuentra en buen estado sólo el 35%; (ii) 34.050 km de la Red Vial Cantonal (RVC),[[5]](#footnote-5) a cargo de las municipalidades, con sólo un 13 % en buen estado. Estas deficiencias reconocen varias causas, todas vinculadas a un rezago en la inversión en la infraestructura del sector, en especial la escasa inversión pública en el pasado reciente; la inversión alcanzó sólo un promedio de 0,7% del PIB en la década del 2000, aunque desde 2005 la inversión ha crecido sostenidamente, alcanzando aproximadamente 0,9% del PIB en 2011 (un nivel más cercano a la inversión en otros países emergentes).[[6]](#footnote-6)
	2. **Ruta N°1 (Interamericana Norte), sector Barranca-Limonal (49,7 km).** Tal como fue mencionado, este tramo de la ruta Interamericana Norte forma parte del Corredor Mesoamericano de Integración (CMI), conectando la frontera Norte (Nicaragua) con el Valle Central del país y Puerto Caldera (principal puerto del país en el Pacífico). Por ello, este tramo es importante para el transporte de carga asociado al flujo de comercio y la integración económica regional de Costa Rica.
	3. El sector Barranca-Arizona (38,4 km) discurre en zona montañosa (índice de “subidas más bajadas” entre 35 y 45 m/km), con una altitud media de 160 m. El trazado actual es razonablemente bueno, aunque no cumple con las modernas normas de seguridad vial. Dispone asimismo de un diseño pobre en cuanto al perfil transversal teniendo presente la importancia de la carretera; la calzada tiene un ancho variable entre 7,00 m (área Arizona) y 7,70 m (área Barranca), pero con hombros prácticamente inexistentes -entre 0,50m (área Arizona) y 0,40m (área Barranca)-, lo cual es una deficiencia grave de seguridad que también reduce la capacidad de la vía. La carretera muestra carencias de seguridad vial también en cuanto a señalización, cruces peligrosos y otras.
	4. El sector Arizona-Limonal (11,3 km),discurre en una zona relativamente plana con presencia de trechos ondulados (índice de “subidas más bajadas” de 20 y 30 m/km), disponiendo de una altitud media de 90 m. Dispone asimismo de un diseño pobre en cuanto al perfil transversal teniendo presente la importancia de la carretera; la calzada tiene un ancho variable entre 6,70m (área Limonal) y 7,00m (área Arizona), también con hombros casi inexistentes -entre 0,60m (área Limonal) y 0,50m (área Arizona)-, lo cual implica una deficiencia importante para la seguridad y la capacidad de la vía, tal como fue señalado. En este sector, también se observan carencias de seguridad vial en cuanto a la mala señalización u otras.
	5. **TPDA del Tramo Barranca-Limonal.** Para el análisis del TPDA[[7]](#footnote-7) en el marco de la evaluación económica, el tramo se ha subdividido en subtramos asociados a la tipología de la infraestructura de la ruta existente.[[8]](#footnote-8) En ese sentido, se definen cinco subtramos homogéneos: (i) Subtramo I: Barranca (Ruta 23) - Río San Miguel; longitud 2,39 km; (ii) Subtramo II: Río San Miguel - Quebrada Palo; con 11,08 km; (iii) Subtramo III: Quebrada Palo - Río Lagarto; con 19,15 km; (iv) Subtramo IV: Río Lagarto - La Irma (Ruta 145); con 12,81 km; (v) Subtramo V: La Irma (Rita 145) - Limonal; con 4,28 km. La longitud total del tramo es de 49,70 km.
	6. El tramo dispone de un volumen de tránsito importante. El TPDA medio[[9]](#footnote-9) del tramo es de 10.220 veh/día (2012); en tanto, según subtramos, el TPDA es respectivamente de 11.546 veh/día para los Subtramos I y II, 10.591 veh/día para el Subtramo III y 8.760 veh/día para los Subtramos IV y V. La participación de vehículos pesados es del orden de 22%, 29% y 21% en tales subtramos (¶2.15).
	7. El estado del pavimento de la vía en el total del sector puede describirse entre regular y malo, con algún trecho en buen estado; el MOPT ha indicado un IRI[[10]](#footnote-10) promedio para el tramo de 3,6 mm/m, el que varía entre 2,5 mm/m (Subtramo V) y 4,0 mm/m (Subtramo II), medidos en 2010 (para 2012 será mayor, adoptándose el que modele el HDM-4 en función del tránsito entre 2010-2012).
4. Escenario de Evaluación Sin Proyecto.
	1. Para el escenario “Sin Proyecto”, en este caso, se adopta la hipótesis que se conserva la vía en condiciones similares a las actuales; ello implica prever obras de mantenimiento ordinario y extraordinario, pues no corresponde considerar la hipótesis de no realizar ningún trabajo permitiendo que la ruta se deteriore gravemente (ello sería insostenible para una administración vial responsable, puesto que involucraría un freno al desarrollo económico).
	2. En tal sentido, para cada caso, se asume que se realizarían obras mínimas que aseguren una calidad aceptable de la superficie de rodadura, para permitir la transitabilidad con razonables condiciones de circulación; se prevé se realicen obras de pavimentación y/o mantenimiento que fueran una alternativa real al proyecto que se plantea, con el que se evitarían zonas en mal estado que afecten la circulación durante todo el ciclo de análisis (22 años)[[11]](#footnote-11), posibilitando que la velocidad promedio se mantenga entre 50 km/h y 70 km/h en dicho período. Ello implica, en los hechos, que se comparará la ejecución de las obras del Proyecto con obras alternativas que serían razonables para guardar una aceptable calidad para la vía.
	3. El tramo actualmente está pavimentado (el Proyecto prevé la realización en el mismo de obras de mejora importantes, incluyendo la reconstrucción del pavimento existente, la ampliación de calzada, etc.); por ello, para la situación “Sin Proyecto” se define una política de obras alternativas como sigue: (i) rehabilitación del pavimento existente, con bacheo, sellado, etc., más una sobrecapa asfáltica de 5,0 cm de espesor en cada subtramo cuando el IRI en el mismo alcance un valor de 5,0 mm/m; (ii) ampliación de la calzada (duplicación para disponer de cuatro carriles) en cada subtramo cuando el respectivo TPDA alcance a 30.000 veh/día, en el entendido que es el valor máximo para la capacidad de una vía de dos carriles. Esta hipótesis es una “alternativa fuerte” para el nuevo proyecto, pues supone comparar el mismo contra una alternativa que tiene efectos sensibles sobre los costos y tiempos de circulación; no obstante, por su propia naturaleza, la alternativa para la situación “Sin Proyecto” no implica mejoras que impliquen un estímulo al desarrollo o corrijan las carencias de seguridad vial.
5. Escenario de Evaluación Con Proyecto.
	1. El Proyecto consiste, esencialmente, en la duplicación de la calzada para pasar de dos carriles a cuatro carriles; ello incluye obras de reconstrucción de la vía existente de dos carriles y la construcción de una nueva vía de dos carriles (contigua a la vía actual y separada de ésta por una medianera); con el diseño, también se prevé una mejora sensible de la seguridad vial (incluso mediante corrección de alineamientos verticales, incorporación de cruces peatonales, cruces vehiculares a desnivel, etc.). Este proyecto constituye la continuación hacia al Sur de las obras de duplicación de calzada en los tramos Cañas-Liberia y Limonal-Cañas (¶1.1) que se financian con el PIV I.
	2. En cuanto a la infraestructura básica, el Proyecto involucra: (i) la reconstrucción de la calzada existente uniformizando el ancho de la misma a 7,30 m, la construcción de nuevos hombros de 1,80 m de ancho, con una nueva estructura de pavimento (30 cm de subbase granular aprovechando los materiales existentes, 20 cm de base granular, 25 cm de base estabilizada y 25 cm de losa de concreto hidráulico); (ii) la construcción de una nueva calzada con similar estructura a la prevista para la calzada existente; (iii) mejora de los estándares de geometría vertical y horizontal (manteniéndose dentro de la faja de dominio público actual); (iv) rehabilitación, ensanche y ampliación de calzada (o construcción de una estructura paralela) de diez puentes (Río San Miguel/Brazo Río Naranjo, Río Naranjo, Río Ciruelas, Río Seco, Río Aranjuez, Río Sardinal, Río Guacimal, Río Cañamazo, Río Congo y Río Abangares), para dar continuidad a la ampliación a cuatro carriles de la ruta: (v) construcción de cuatro pasos a desnivel. Se asume que, en los cuatro carriles de la vía, el nuevo pavimento dispondrá de un IRI de 2,0 mm/m.
	3. **Resumen del Proyecto.** En el Cuadro II-1 se presentan las condiciones físicas de la vía para los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”. Dicho cuadro incluye, entre otros datos, las dimensiones básicas de la plataforma y la composición de la estructura de pavimento, en los escenarios referidos.

.

**Cuadro II-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Características Técnicas de las Vías y las Obras del Proyecto**



1. Tránsito Actual y Proyecciones.
	1. Para la evaluación económica es necesario disponer del TPDA discriminado según los distintos tipos de vehículos, puesto que éstos tienen diferentes efectos sobre la vida de la infraestructura vial y las condiciones de circulación, así como diferentes costos de operación y tiempo. Se dispone de buena información de aforos de tránsito obtenidos de conteos según una serie desde 1987 a 2012 (excepcionalmente 2013). Tales conteos registran vehículos livianos (automóviles y camionetas), autobuses y vehículos pesados de carga (los vehículos tipo son camiones de dos ejes, camiones de tres ejes y camiones articulados de cinco ejes); no se contabilizan, en Costa Rica, las bicicletas, motocicletas y vehículos no motorizados.
	2. Los aforos de tránsito disponibles permiten una estimación adecuada del TPDA actual y de la tasa de crecimiento anual del tránsito normal. El TPDA medio ponderado en el tramo es de 10.220 veh/día (2012); en tanto, el TPDA para los subtramos es de 11.546 veh/día para los Subtramos I y II, 10.591 veh/día para el Subtramo III y 8.760 veh/día para los Subtramos IV y V. Por su parte, la participación vehicular relativa es 68%-75% de vehículos livianos (automóviles y camionetas), 3%-4% de autobuses y 21%-29% de vehículos pesados de carga.
	3. **Resumen del TPDA actual.** El Cuadro II-2 siguiente, presenta el detalle del TPDA actual (2012), respectivamente para los Subtramos I a V.

.

**Cuadro II-2**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Composición del TPDA (veh/día) para 2012 (1)**



* 1. **Tránsito normal proyectado.** Si bien no se cuenta con datos históricos completos de censos de tránsito (en iguales ubicaciones y fechas, períodos de medición, etc.), como sería deseable para componer el esquema de los flujos actuales de transporte o los orígenes-destino del tráfico de interés, la información histórica de aforos de tránsito es suficiente para realizar una estimación prudente de la evolución esperable del tránsito normal en la ruta, asumiendo para ello una tasa de crecimiento razonable para un período de análisis base de 22 años.[[12]](#footnote-12)
	2. En función de los aforos disponibles, el MOPT ha calculado una tasa de crecimiento promedio del 5% acumulativo anual. Por su parte, la firma consultora encargada de la elaboración del anteproyecto técnico ha adoptado una tasa de crecimiento del 5% anual para los primeros 5 años de vida del Proyecto y 4% anual para los siguientes 15 años; este criterio se estima razonable, pues se trata de tasas de crecimiento del mismo orden que las determinadas en el transcurso de otros estudios, en la región y en Costa Rica (incluso en estudios en los que participó el Consultor).[[13]](#footnote-13)
	3. **Tránsito generado.** El Proyecto incluye obras de ampliación de calzada (incremento de carriles), más las obras de sustitución de puentes, mejoras de seguridad vial, etc. Las obras de ampliación de capacidad de la vía (v.g. duplicación de calzada) tienen una incidencia fuerte en los costos de los usuarios (especialmente, en los costos de tiempos de viaje), pues posibilitan sensibles incrementos de velocidades en mejores condiciones de seguridad y, consecuentemente, permiten una alta confiabilidad en los tiempos de viaje al aumentar la capacidad de la ruta evitando previsibles situaciones de congestión que comenzarían a presentarse en el medio plazo.
	4. Los efectos de las referidas mejoras son advertidos por potenciales usuarios y, frente al cambio de las condiciones de circulación, parte de éstos toman la decisión de transitar por la vía integrándose al contingente de nuevos usuarios con el denominado “tránsito generado”; el número de estos nuevos usuarios depende de la elasticidad de la demanda ante los ahorros producidos y la confiabilidad ganada. Los estudios existentes muestran en todos los casos una elasticidad negativa al costo de operación y tiempo (o positiva frente a los ahorros); si bien esta elasticidad depende de condiciones locales, estudios reconocidos establecen una elasticidad frente a los costos generalizados de -0,8 en lo inmediato y -0,2 adicional en el medio plazo[[14]](#footnote-14). Este efecto es obtenido particularmente en los casos de incremento de capacidad o confiabilidad, pero no es sensible en el caso de obras exclusivas de restitución o rehabilitación de pavimentos, pues en este caso se trata de recuperar la vía a una condición anterior que ya produjo su impacto.
	5. Las características de este proyecto (incluyen un fuerte incremento de capacidad de la vía) hacen prever la existencia de un importante tránsito generado. En ese sentido, el promedio ponderado de los ahorros de los usuarios en los costos generalizados para el tránsito normal es de aproximadamente 12,6%;[[15]](#footnote-15) ello implica que podría alcanzarse un tránsito generado de hasta un 10,0% del tránsito normal para el tramo. No obstante, en este caso, teniendo presente la experiencia del Consultor en los países de la región, en forma conservadora se estima válido adoptar un guarismo del 6,0% por concepto de tránsito generado, el que se aplica, por única vez, en el primer año de utilización de la vía mejorada.
	6. **Resumen del TPDA total para 2016 y 2018.** En el Cuadro II-3 siguiente, se presenta la composición adoptada para el TPDA en 2016 (primer año del período de análisis, para las situaciones “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”) y 2018 (primer año del período de 20 años de utilización previsto para las obras del Proyecto),[[16]](#footnote-16) indicando asimismo la Tasa de Crecimiento Anual del tránsito normal y la Tasa de Incremento por tránsito generado aplicable en 2018.
1. Accidentabilidad y Proyecciones.
	1. La carretera actual presenta un preocupante índice de accidentes. En función de las secciones de control utilizadas, los datos disponibles de accidentabilidad muestran que se produjeron 35 accidentes, con 18 fallecidos y 70 lesionados en el bienio 2007-2008; se desprende de estos datos que se presenta un promedio de aproximadamente 9,24 accidentes/100.000.000 veh.km. En el Cuadro II-4 siguiente, se presenta la información disponible utilizada para estimar la referida accidentabilidad.
	2. Las obras del mejora previstas en el Proyecto, incluyen la duplicación de la calzada con separador (con lo que prácticamente se evitan las colisiones de frente), buen ancho de hombros (con lo que se posibilita no sólo las paradas seguras para los automóviles, sino la separación del tránsito de bicicletas y peatones de la calzada), la corrección del perfil vertical (permite un mejor comportamiento en caso de frenadas), la construcción de cruces o pasajes peatonales, la solución de importantes cruces a desnivel (reduciendo la probabilidad de colisiones al ingreso a la vía o en el cruce de la misma), etc.
	3. A criterio del Consultor, el diseño considera las necesarias mejoras de seguridad vial y ello permite una reducción de la accidentabilidad relativa en la vía de 50%; es decir que el índice de accidentes se prevé se reduzca a 4,62 accidentes/100.000.000 veh.km.[[17]](#footnote-17)

**Cuadro II-3**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Composición del TPDA (veh/día) “SIN Proyecto” y “CON Proyecto” (2016-2018) (1)**



**Cuadro II-4**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Accidentes de Tránsito**



1. **Metodología e Insumos para la Evaluación Económica.**
2. Metodología General.
	1. Para la evaluación económica del Proyecto, se adopta la hipótesis que las obras se ejecutan durante 2016-2017, considerando que ello sería posible teniendo presente los trámites de aprobación del préstamo, plazos de procesos licitatorios, etc. No obstante, es previsible que el Proyecto se ejecute en 2017-2018, por lo que la hipótesis adoptada resulta conservadora a los efectos del cálculo de la viabilidad económica.
	2. **Metodología tradicional.** El análisis de viabilidad económica del Proyecto se realiza según la metodología tradicional aplicable a los proyectos de inversión vial, basada en la comparación de los costos económicos totales, entre el escenario “Sin Proyecto” y el escenario “Con Proyecto”, durante el período de análisis de 22 años (lapso de ejecución de obras, más el lapso de utilización de las mismas). Obtenido el flujo neto de costos económicos para el período de análisis, se calcula el Valor Actual Neto Económico (VANE) adoptando una tasa de descuento del 12,0%, la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE), los ratios Beneficio/Costo[[18]](#footnote-18) y VANE/Inversión[[19]](#footnote-19), en la medida que se trata de indicadores de rentabilidad habituales; asimismo, como es de estilo, se realiza un análisis de sensibilidad frente a la variación de los factores de mayor incidencia en la rentabilidad.
	3. **Factores de Costo.** Tratándose de una evaluación económica, se utilizaron los costos económicos estimados para todos los factores de costo componentes del cálculo (¶3.6), correspondientes a 2012. El cálculo de los costos económicos totales en cada año del período de análisis -en los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”-, así como el cálculo de los citados indicadores de rentabilidad, se realizó utilizando el citado modelo HDM-4; éste fue alimentado con: (i) los parámetros de diseño aplicables a la ruta actual y la ruta proyectada (altimetría, geometría del trazado y su perfil transversal, estructura de pavimento, etc.); (ii) las condiciones propias del entorno local (clima, efectos de centros poblados, etc.); (iii) las características de la flota de vehículos (tipo, pesos, etc.) y de los usuarios (cantidad de pasajeros por tipo de vehículo, etc.); (iv) los costos de obra unitarios (inversión y mantenimiento), los costos de los insumos de los vehículos, los costos de tiempo (valor del tiempo de trabajo y ocio), etc., aplicables al país; (v) el índice relativo de accidentes verificados en la vía y su disminución estimada con la ejecución del Proyecto, más el costo económico unitario promedio de cada accidente.
	4. **Calibración.** Es importante destacar que el HDM-4 fue calibrado para que modele en forma correcta la situación actual, lo que es esencial para asegurar que la modelación del HDM-4 es capaz de representar razonablemente el comportamiento del tránsito y la vía en los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto” en estudio, para todo el período de análisis; la calibración se efectuó con las velocidades medias de los flujos de tránsito actuales que fueron relevadas por el MOPT.[[20]](#footnote-20) Con ese objeto, se utilizaron parámetros de calibración para modelar la velocidad promedio actual en la ruta: (i) el IRI promedio para la ruta actual y otros parámetros de estado cuando se encontraban disponibles; (ii) el XFRI o “fricción lateral” (cruces a nivel, tipo de hombros y cercanía de obstáculos a la calzada).[[21]](#footnote-21) Con ello, se condiciona al HDM-4 para que modele la velocidad media de los vehículos en la situación actual (“Sin Proyecto”), con razonable aproximación a la velocidad real promedio medida; para evitar distorsiones que afecten la modelación de la velocidad promedio para los escenarios futuros bajo estudio, se realiza también un control iterativo de esta calibración.
	5. Para la calibración del HDM-4 se utilizaron velocidades promedio para los vehículos livianos de 55 km/h, de 65 km/h, 70 km/h, 65 km/h y 70 km/h, respectivamente para los Subtramos I a V. Los datos de velocidad medida en la vía (2013), para los horarios centrales, determinaron valores inferiores (promedio de 50 km/h para todo el tramo); no obstante, se han adoptado los valores mencionados, como forma de contemplar en forma conservadora las mayores velocidades obtenibles fuera de los horarios centrales (según un patrón interurbano estándar de distribución de velocidades).
3. Insumos para la Evaluación.
	1. **Precios económicos.** No se cuenta con estudios detallados de los costos sociales para todos los factores de costo;[[22]](#footnote-22) no obstante, se estimaron los costos económicos de tales factores (costos de obras, insumos de operación de vehículos, tiempo de pasajeros, etc.) con información suministrada por el MOPT y utilizando previos estudios de consultoría (particularmente se usó el último estudio global realizado para Costa Rica en el que participó el Consultor).[[23]](#footnote-23)
	2. **Costos de Obras.** Para la determinación del costo económico de las obras viales se utilizó el factor de conversión 0,875 sobre el costo de mercado; este factor es utilizado por el MOPT y es aceptado por el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), habiendo sido aplicado en estudios de consultoría con evaluaciones de proyectos viales en los últimos años.
	3. **Parámetros Técnicos y Costos de Usuarios.** Los parámetros técnicos de modelación del HDM-4, tales como aquellos aplicables a la flota para cada tipo de vehículo (vida útil, kilometraje anual, utilización privada o profesional, número de tripulantes, número de pasajeros, tipo de viajes de pasajeros trabajo u ocio, pesos brutos de operación, ejes equivalentes a 18 Kips, etc.), fueron proporcionados por el MOPT; cabe señalar que varios de tales parámetros fueron objeto de ajuste por parte del MOPT para este Proyecto con el asesoramiento del Consultor.
	4. Los costos económicos de los insumos de operación de los vehículos y los costos de tiempo fueron proporcionados por el MOPT; cabe aclarar que para ello, el MOPT revisó los estudios disponibles con apoyo del Consultor y se realizaron ajustes para contemplar las particularidades del Proyecto bajo análisis (v.g. el costo de tiempo de los pasajeros para cada tipo de vehículo, contemplando la mejor información de que se dispone).
	5. Los parámetros de modelación del HDM-4 y los costos económicos para los usuarios (características técnicas y costo de vehículos, costos insumos de operación, tiempo de los pasajeros, tiempo de la carga, etc.), se presentan en el Apéndice I.
	6. **Costos de Accidentes.** El Consultor estimó el costo promedio de los accidentes; para cuantificar el costo económico de una persona fallecida se adoptó un valor de 70 veces el PIB per cápita (840.000 US$/fallecido), según es recomendado. Los accidentes en el tramo involucran un promedio de 0,5 fallecidos/accidente (¶2.23), por lo que se tendría un piso de 420.000 US$/accidente; para incluir el costo por personas lesionadas que involucran un promedio de 2,0 lesionados/accidente y daños materiales (no se dispone de estudios al respecto), se adopta conservadoramente un costo comprensivo total de 500.000 US$/accidente.
4. **Costos de Inversión y Mantenimiento. Modelación con HDM-4.**
5. Escenarios y Montos de Costos.
	1. El cálculo del flujo de costos del Estado (agencia), implica determinar, para cada año del período de análisis, los costos de inversión (durante el período de ejecución de obras previsto de 2 años), los costos de reinversión[[24]](#footnote-24) y los costos de mantenimiento vial (durante el período de 20 años de uso de la infraestructura).
	2. **Costos en el Escenario “Sin Proyecto”.** Tal como fue previamente señalado (¶2.8 a ¶2.10), en este escenario se consideran los siguientes costos asociados a la ejecución de obras o tareas de reinversión o mantenimiento, necesarias para mantener razonables condiciones de transitabilidad para la ruta:
6. Mantenimiento/reparaciones mediante bacheo y sellado de fisuras, previéndose la rehabilitación con una sobrecapa de carpeta asfáltica de 5,0 cm en un determinado subtramo, cuando el IRI en el mismo alcance el valor de 5,0 mm/m.[[25]](#footnote-25)
7. Ampliación de la calzada (dos a cuatro carriles), en el subtramo de corresponda, cuando el TPDA en el mismo alcance 30.000 veh/año.
8. Recupero parcial de capital (o valor residual de la inversión) al final del período de análisis, en función del lapso de vida útil remanente para cada tipología de obra involucrada.[[26]](#footnote-26)
9. Mantenimiento de rutina que corresponda, en correlación con el tipo de calzada y número de carriles.[[27]](#footnote-27)
	1. **Costos en el Escenario “Con Proyecto”.** Tal como fue previamente señalado (¶2.11 a ¶2.12), en este escenario se consideran los siguientes costos asociados a la ejecución de obras, tareas de reinversión y mantenimiento durante la vida útil del Proyecto, con la finalidad de conservar un nivel de calidad y capacidad razonablemente buenos:
10. Inversión en las nuevas obras, ejecutables en 24 meses, incluyendo la ejecución de pavimento de calidad controlada (superficie de rodadura con IRI de 2,0 mm/m).
11. Mantenimiento/reparaciones mediante bacheo y sellado de fisuras, así como sellado de juntas entre losas de hormigón.
12. Recupero parcial de capital (valor residual de la inversión) al final del período de evaluación, en función del lapso de vida útil remanente para cada tipo de obra involucrada; el valor residual comprensivo es del 40% de la inversión inicial.[[28]](#footnote-28)
13. El mantenimiento de rutina que corresponda, en correlación con el tipo de calzada y número de carriles.[[29]](#footnote-29)
	1. **Costos de inversión.** El presupuesto de las inversiones viales del Proyecto, elaborado por la firma consultora contratada para elaborar el anteproyecto, alcanza a un total de US$ 211,1 millones (incluye diseño e imprevistos, más los servicios de supervisión). Seguidamente se presenta, en el Cuadro IV-1, el detalle de los montos de inversión para cada Subtramo, según los principales rubros involucrados.
	2. **Costos de reinversión y mantenimiento.** Los costos económicos de las intervenciones en obras de reinversión, mantenimiento/reparaciones y mantenimiento rutinario, se presentan en el Apéndice II.

.

**Cuadro IV-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Costo de las Obras del Proyecto (Precios de Mercado 2012)**



1. Modelación de Costos de Inversión y Mantenimiento por el HDM.
	1. **Flujo de costos económicos de inversión y mantenimiento.** Los flujos de los costos incrementales del Estado por obras de inversión (incluyendo reinversión) y tareas de mantenimiento, se presentan en el Cuadro IV-2 siguiente.

**Cuadro IV-2**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Costos de Inversión y Mantenimiento**

**(Millones US$)**



1. **Costos de Usuarios. Modelación con HDM-4.**
2. Beneficios.
	1. **Cuantificación de beneficios por ahorros de operación y tiempo.** La cuantificación de los beneficios económicos de operación y tiempo (según la metodología tradicional de la cuantificación de los “excedentes del consumidor”); se realizó tomando: (i) los ahorros en los costos de operación vehicular para los diferentes usuarios de la carretera, en función de cambios en las características y estado de la infraestructura; (ii) los ahorros en los tiempos de viaje para los usuarios (tiempo de los pasajeros), acorde a las velocidades admitidas por la carretera y el tránsito, en función de los cambios en la condición física de la vía.[[30]](#footnote-30) Los factores de costo involucrados fueron analizados en un apartado anterior (¶3.6 a ¶3.10).
	2. Los cálculos de costos de operación y costos de tiempo para los usuarios son realizados por el modelo HDM-4 en los escenarios “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”, mediante funciones que incluyen: (i) para los costos de operación, la velocidad y las condiciones físicas del pavimento (modelando su deterioro), según cada tipo de vehículos definido y sus costos específicos; (ii) para los costos de tiempo, la velocidad para cada tipo de vehículo y el número de pasajeros en cada uno, partiendo de los costos de tiempo de trabajo y ocio (fundamentalmente para los pasajeros).
	3. **Cuantificación de beneficios económicos por tránsito generado.** El modelo HDM-4 calcula los beneficios anuales según la aproximación normalmente aceptada (la mitad de los ahorros en los costos generalizados de viaje aplicados al volumen de tránsito generado); el diferencial de costos de operación es calculado por el modelo en tanto el volumen de tránsito generado es impuesto al modelo.
	4. **Cuantificación de beneficios económicos por reducción de accidentes.** El modelo HDM-4 calcula los beneficios anuales en función del volumen de tránsito anual, con la reducción prevista de la accidentabilidad relativa medida en accidentes/100.000.000 veh.km y el costo por accidente que se ingresan al modelo.
	5. **Beneficios no cuantificados.** Existen beneficios del Proyecto de mejora de la carretera que no fueron cuantificados. En ese sentido, no se han considerado los efectos locales de la mejora del CMI en su conjunto, en tanto corredor logístico intrarregional dentro del cual se encuentra el Proyecto;[[31]](#footnote-31) este “efecto corredor” puede estimular la actividad económica aumentando la competitividad del país por efecto de ahorros adicionales en el tiempo de la carga para los flujos de transporte internacional.
3. Modelación de Beneficios de Operación, Tiempo y Accidentes por el HDM.
	1. Los flujos de beneficios económicos por ahorros de costos de operación y tiempo, más beneficios sociales por tránsito generado y reducción de accidentes, se presentan en el Cuadros V-1 siguiente; los flujos de beneficios discriminados por tipo de vehículo usuario de la vía, se presentan en el Apéndice III.

**Cuadro V-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Beneficios de Operación, Tiempo, Tránsito Generado y Accidentes**

**(Millones US$)**



1. Variación de Costos de Operación y Tiempo.
	1. En el primer año de utilización de las obras correspondientes del Proyecto (2018), se espera la aparición de ahorros en los costos de operación y tiempos de viaje, respecto del año de inicio de las obras (2016).
	2. La variación de costos económicos de operación y tiempo de viaje entre 2016-2018 para los diferentes tipos de vehículos considerados, se presenta en los Cuadros V-2.1 y V-2.2 siguientes.

**Cuadro V-2.1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Costos Promedio de Operación (US$/veh.km)**



**Cuadro V-2.2**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Tiempos Promedio de Viaje (Minutos)**



1. **Rentabilidad Económica.**
	1. **Resultados de la evaluación.** El resumen de los resultados de la evaluación (obtenidos por combinación de diversos reportes del modelo HDM-4), incluyendo los flujos de costos económicos “Sin Proyecto” y “Con Proyecto” para cada tipo de costo, el flujo económico neto, los indicadores de Valor Actual Neto Económico (VANE) y la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE), se presenta en el Cuadros VI-1siguiente.
	2. Los resultados del HDM-4 determinan que, en la situación base, los indicadores de rentabilidad muestran un Valor Actual Neto Económico (VANE) de US$ 93,8 millones (para la tasa de descuento de 12,0%) y una Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) de 17,7%, en tanto la relación Beneficio/Costo es de 1,57 y el ratio VANE/Inversión es de 0,51. El valor de la TIRE es superior a la tasa de corte del 12,0% y es satisfactorio; el VANE, la relación Beneficio/Costo y el ratio VANE/Inversión son satisfactorios. Por lo expuesto, se considera que el Proyecto es económicamente rentable.

.

**Cuadro VI-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Costos (Millones U$S) e Indicadores de Rentabilidad. Situación Base.**



1. **Análisis de Sensibilidad.**
	1. Se efectuó un análisis de sensibilidad tradicional, en el que se consideró la eventualidad de variaciones de factores clave que afecten la rentabilidad. En tal sentido, el análisis de sensibilidad se efectuó para condiciones de riesgo razonable para las variables más críticas: (i) un incremento del 10% en el costo de ejecución de obras (inversiones y tareas de mantenimiento)[[32]](#footnote-32); (ii) una reducción del 10% en el TPDA (indirectamente, los beneficios asociados al tránsito o ahorros de los usuarios); (iii) un incremento del 10% en el costo de ejecución de obras y una reducción concurrente del 10% en el TPDA. Cabe señalar que el incremento en los costos de obra tiene una probabilidad media de ocurrencia teniendo en cuenta que fueron estimados a partir de licitaciones recientes que convocó CONAVI, en tanto el decremento del volumen de TPDA es de muy baja probabilidad de ocurrencia teniendo en cuenta el constante incremento del volumen de tránsito que se ha registrado en las carreteras del país.
	2. **Resultados del análisis de sensibilidad.** Los resultados del análisis de sensibilidad se presentan en los Cuadros VII-1 a VII-3 siguientes. Estos resultados indican que: (i) un aumento de costos de obra del 10% determina un VANE (12%) de US$ 77,3 millones y una TIRE de 16,4%; (ii) una disminución del TPDA del 10% implica un VANE (12%) de US$ 57,1 millones y una TIRE de 15,6%; (iii) un aumento de costos de obra del 10% más una disminución del TPDA del 10%, conlleva un VANE (12%) de US$ 40,5 millones y una TIRE de 14,3%. Se desprende de ello que el Proyecto soporta muy bien todas las hipótesis previstas.

**Cuadro VII-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Costos (Millones U$S) e Indicadores de Rentabilidad. Incremento 10% en Costos de Obras.**



.

**Cuadro VII-2**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Costos (Millones U$S) e Indicadores de Rentabilidad. Disminución 10% en TPDA.**



**Cuadro VII-3**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Costos (Millones U$S) e Indicadores de Rentabilidad. Incremento 10% en Costos de Obras y Disminución 10% en TPDA.**



1. **Resumen del Análisis de Viabilidad Económica.**
	1. El comportamiento de los indicadores, tanto en la situación base como en las hipótesis del análisis de sensibilidad, es bueno; en todo caso, se debe tener presente que se ha realizado la evaluación del Proyecto comparando el mismo con una alternativa real y viable (¶2.10), por lo que el análisis se considera confiable. En el siguiente Cuadro VIII-1, se resumen los citados cálculos de la TIRE, el VANE (tasa de 12%), la relación Beneficio/Costo y el ratio VANE/Inversión, correspondientes a los casos estudiados.

**Cuadro VIII-1**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Resumen del Análisis de Viabilidad Económica**

**(TIRE en %, VANE en Millones US$)**



* 1. Se observa que la rentabilidad del Proyecto es menos sensible al incremento del costo de inversión que a la disminución del TPDA, considerando iguales cifras de variación relativa. En ese sentido, podría inferirse que el Proyecto se mantiene rentable también con un incremento del 20% en los costos de obra; ello fue efectivamente verificado en un análisis de sensibilidad que se realizó por separado. Precisamente el incremento en los costos de obra es la situación de mayor interés en virtud de su más alta probabilidad de ocurrencia, pues la probabilidad de una disminución del volumen de tránsito es muy baja atendiendo a la evolución histórica del mismo.
1. **Conclusiones.**
	1. A partir de los resultados de los análisis de viabilidad económica, se concluye que el Proyecto es económicamente rentable.
	2. El Proyecto se conserva rentable en las condiciones del análisis de sensibilidad, para un incremento del costo de las obras de 10%, un decremento del TPDA de 10% y para la superposición de ambos efectos. Las mencionadas hipótesis del análisis de sensibilidad cubren las incertidumbres normales; la probabilidad de ocurrencia de un incremento de costo de obra se considera media, en tanto la probabilidad que ocurra una disminución del TPDA se considera muy baja.
	3. Asimismo, la rentabilidad del Proyecto es menos sensible al incremento del costo de las obras que a la disminución del TPDA. En virtud de ello, el Proyecto se mantiene rentable ante un incremento del costo de las obras del 20%; como fue señalado en este informe, la variación del costo de las obras es la condición más importante a prever, pues la probabilidad de disminución del TPDA es muy baja.

.

.

**Apéndice I**

**PROYECTO: RUTA N° 1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Parámetros HDM-4 y Costos Económicos de Operación de Vehículos en Costa Rica (2012)**



**Apéndice II**

**PROYECTO: RUTA N° 1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Parámetros HDM-4 y Costos Económicos de Intervenciones Viales (2012)**



**Apéndice III**

**PROYECTO: RUTA N°1 Tramo BARRANCA - LIMONAL**

**Flujo de Beneficios de Usuarios por Tipo de Vehículo**



1. Inicialmente denominado Corredor Pacífico. [↑](#footnote-ref-1)
2. RICAM: Red Internacional de Carreteras Mesoamericanas. [↑](#footnote-ref-2)
3. Highway Development and Management (HDM-4). [↑](#footnote-ref-3)
4. 65 % pavimentada y 35 % en lastre (material granular) o tierra. [↑](#footnote-ref-4)
5. 17 % pavimentada y 83 % en lastre o tierra. [↑](#footnote-ref-5)
6. La inversión pública en transporte se encuentra entre 2,0% y 2,5% del PIB, llegando a 4,0% en los países que requieren construir su infraestructura (http://www.unescap.org/pdd/publications/themestudy2006/9\_ch3.pdf). [↑](#footnote-ref-6)
7. TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual. [↑](#footnote-ref-7)
8. La metodología de evaluación económica requiere la definición de subtramos homogéneos, en cuanto al tipo de obra, el volumen de tránsito, etc. [↑](#footnote-ref-8)
9. Promedio ponderado por longitud de cada subtramo. [↑](#footnote-ref-9)
10. International Roughness Index (IRI). [↑](#footnote-ref-10)
11. El período de análisis será de 22 años, con un lapso de construcción de 2 años (Años 1 y 2 normalmente) y un lapso de utilización de 20 años (años 3 a 22). [↑](#footnote-ref-11)
12. Ver Nota N° 12. [↑](#footnote-ref-12)
13. "Adecuación, Mantenimiento y Operación de Tramos Viales del Corredor Pacífico de La RICAM (RG-T744)"; 2011. [↑](#footnote-ref-13)
14. Utilizado por el USDOT Highway Economic Requirements System (HERS), según “Generated Traffic and Induced Travel”, Victoria Transport Policy Institute; Canadá. 2012. [↑](#footnote-ref-14)
15. Estos resultados surgen de una primera evaluación del Proyecto con el modelo HDM-4 (¶5.1 a ¶5.6), por lo que para este análisis se ha efectuado un proceso iterativo de dos pasos en la aplicación del modelo. [↑](#footnote-ref-15)
16. Ver Nota N° 12. [↑](#footnote-ref-16)
17. Se estima que una reducción mayor de la accidentabilidad no depende de las condiciones físicas de la vía, sino de factores asociados a la educación vial, entre otros. [↑](#footnote-ref-17)
18. Se adopta la definición más reconocida para la relación Beneficio/Costo, consistente en el cociente del Valor Actual de Beneficios (operación y tiempo) y el Valor Actual de Costos (inversión y conservación), es decir VA(Beneficios)/VA(Costos). [↑](#footnote-ref-18)
19. Si bien la relación Beneficio/Costo es de uso tradicional, el ratio VANE/Inversión es un indicador más útil para comparar y priorizar inversiones, puesto que incluye directamente el monto de la inversión (el objeto del financiamiento en los proyectos del Banco). [↑](#footnote-ref-19)
20. A solicitud del Consultor, el MOPT realizó medidas de velocidad media actual real en los cuatro tramos de carretera incluidos en el Programa, en dos horarios diferentes del día; para ello, el vehículo utilizado para la medición circuló “flotando” en el flujo de tránsito. [↑](#footnote-ref-20)
21. No fue posible utilizar los parámetros “XNMT” o factor de incidencia del tránsito no motorizado sobre el tránsito motorizado (bicicletas sobre el resto de los vehículos) y “XMT” o factor de incidencia del tránsito motorizado sobre el tránsito no motorizado (vehículos sobre las bicicletas), pues los aforos de tránsito no consideran el conteo de bicicletas u otros vehículos no motorizados. [↑](#footnote-ref-21)
22. Factor Estándar de Conversión (FEC) o Razón de Precio de Cuenta (RPC). [↑](#footnote-ref-22)
23. "Adecuación, Mantenimiento y Operación de Tramos Viales del Corredor Pacífico de la RICAM (RG-T744)" de 2011. [↑](#footnote-ref-23)
24. Las obras de “reinversión” frecuentemente se denominan como obras de “mantenimiento extraordinario” (como forma de diferenciarlo del mantenimiento ordinario o rutinario). [↑](#footnote-ref-24)
25. Las tareas se asignan por el HDM-4 en el momento (año) en que se alcanzan las condiciones prefijadas para el estado de deterioro del pavimento (cantidad de baches y fisuras, IRI promedio, capacidad de la vía), por lo que estas condiciones actúan como “disparadores” (en función del algoritmo que modela el deterioro del pavimento con el uso y las condiciones de circulación en la vía). [↑](#footnote-ref-25)
26. Se consideró 100% recuperable la inversión en obras de terracería, parcialmente recuperable la inversión en obras de puentes u obras similares (para las que se asume una vida útil de 50 años), etc. [↑](#footnote-ref-26)
27. Limpieza de calzada, hombros y alcantarillas, reparaciones puntuales menores, cuidado y reposición de señales, etc. Se han considerado costos recurrentes acordes al número de carriles para la condición “Sin Proyecto” y “Con Proyecto”. [↑](#footnote-ref-27)
28. Idem Nota N° 27. [↑](#footnote-ref-28)
29. Idem Nora N° 28. [↑](#footnote-ref-29)
30. En proyectos viales, ocasionalmente se considera la variación de los costos de mantenimiento (ordinario y extraordinario) como un beneficio, pues suele ocurrir que resultan en ahorros. No obstante, ello no es correcto, por lo que estos costos se analizaron en el anterior apartado de este Informe. [↑](#footnote-ref-30)
31. Este efecto fue analizado en el estudio "Adecuación, Mantenimiento y Operación de Tramos Viales del Corredor Pacífico de La RICAM (RG-T744)", elaborado en 2011. [↑](#footnote-ref-31)
32. Este valor en el incremento de costos es consistente con un estudio de consultoría realizado con el objeto de calcular los posibles sobrecostos que podrían generarse durante la ejecución del programa. El citado estudio concluye que el porcentaje de variación en costo con respecto al presupuesto inicial, que combina la incertidumbre asociada a precios de mercado, cantidades de obra, obras no previstas, y variación de precios de mercado hasta la ejecución del proyecto (4 años), se estima con un nivel de certeza de 90%, en 9.17%. En base a este resultado, se recomienda presupuestar un valor de 10% para contingencias y reajuste en precios, sobre el presupuesto inicial [↑](#footnote-ref-32)