



Iniciativa para la Conservación
en la Amazonía Andina - ICAA



The Nature
Conservancy 

Conservando la naturaleza.
Protegiendo la vida.





Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 32 | marzo de 2015

Análisis económico y socioambiental de los proyectos de interconexión Pucallpa-Cruzeiro do Sul

alvaro hopkins
alfonso malky
manuel glave
rocío ventocilla
juan carlos ledezma
alexs arana

CSF sustenta ecosistemas naturales y comunidades humanas a través de estrategias de conservación impulsadas por la economía. Nuestros cursos de capacitación, investigaciones y amplia experiencia, generan un desarrollo inteligente, cuantificando los beneficios de la naturaleza y creando incentivos

Revisor Externo: Leonardo Fleck

Edición: Wylly Camacho

Foto de portada: Thomas Müller / SPDA - ICAA

Diseño: Courtney Lewis Cheng y Adriana Berrios

7151 Wilton Avenue, Suite 203

Sebastopol, CA 95472

Teléfono: +707-829-1802

Fax: +707-829-1806

1160 G Street, Suite A-1

Arcata, CA 95521 USA

Teléfono: +707-822-5505

Fax: +707-822-5535

info@conservation-strategy.org

Estrada Dona Castorina, 124

Horto, Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 22460-320, Brazil

Teléfono: +55 31 3681-4901

info@conservation-strategy.org

Calle Pablo Sánchez No. 6981 (entre Calles 1 y 2)

Irpavi. La Paz, Bolivia

Casilla: 3-12297

Teléfono: +591 2 2721925

Contacto: andes@conservation-strategy.org

Calle Larco Herrera No. 215

Miraflores. Lima, Peru

Teléfono: +511 6020775

Contacto: andes@conservation-strategy.org

www.conservation-strategy.org

Análisis económico y socioambiental de los proyectos de interconexión Pucallpa-Cruzeiro do Sul

alvaro hopkins

alfonso malky

manuel glave

rocío ventocilla

juan carlos ledezma

alexs arana

Índice

| | |
|---|----|
| LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS | 4 |
| <i>DISCLAIMERS</i> | 5 |
| AGRADECIMIENTOS | 7 |
| RESUMEN EJECTIVO / <i>EXECUTIVE SUMMARY</i> | 9 |
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| OBJETIVO | 18 |
| ÁREA DE ESTUDIO | 19 |
| Ubicación geográfica | 20 |
| Perfil socio-demográfico | 21 |
| Perfil socio-económico | 22 |
| METODOLOGÍA | 25 |
| Descripción del Modelo de Decisiones Económicas Viales | 26 |
| Modelo RED para el proyecto carretero propuesto | 27 |
| Estimación del Tráfico | 28 |
| Análisis costo-beneficio del proyecto ferroviario | 32 |
| Cálculo del COV y CT bajo el proyecto ferroviario | 33 |
| Cálculo de beneficios o ahorros en costos | 33 |
| Cálculo de beneficios diarios y anuales | 34 |
| Estimación de costos de operación vehicular y costos de tiempo de traslado | 36 |
| EXTERNALIDADES | 39 |
| Externalidades positivas | 41 |
| Externalidades sociales | 41 |
| Mayor acceso a servicios de educación | 41 |
| Mayor acceso a servicios de salud | 42 |
| Externalidades ambientales | 43 |
| Proyecciones de deforestación | 43 |
| Aprovechamiento de producción agropecuaria | 48 |
| Aprovechamiento de productos forestales maderables | 48 |
| Externalidades negativas | 49 |
| Externalidades ambientales | 49 |
| Contaminación del aire | 49 |
| Reducción de bienes y servicios medioambientales | 50 |
| Externalidades sociales | 54 |
| Accidentalidad | 54 |
| ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO CON EXTERNALIDADES | 57 |
| Análisis de sensibilidad del proyecto vial sin consideración de externalidades | 60 |
| Análisis de sensibilidad del proyecto ferroviario sin consideración de externalidades | 61 |
| CONCLUSIONES | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA | 67 |
| ANEXOS | 77 |

GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Estructura de sub-tramos IOS e IOC | 31 |
| Gráfico 2: Valores económicos totales de las externalidades positivas y negativas para los escenarios con carretera y ferrocarril (en US\$) | 59 |

MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1: Usos y ocupación del suelo | 24 |
| Mapa 2: Centros poblados alrededor del proyecto carretero | 29 |
| Mapa 3: Cobertura proyectada al año 2031 bajo el escenario sin proyecto | 46 |
| Mapa 4: Cobertura proyectada al año 2031 bajo el escenario con carretera | 47 |
| Mapa 5: Cobertura proyectada al año 2031 bajo el escenario con ferrocarril | 47 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Características y costos de los proyectos | 28 |
| Tabla 2: Transporte de productos por arribo y zarpe en el puerto de Pucallpa, 2008 (Toneladas métricas) | 29 |
| Tabla 3: Estimación del tráfico normal | 30 |
| Tabla 4: Tráfico inducido inicial estimado de Ucayali | 31 |
| Tabla 5: Costos de inversión, mantenimiento, operación e infraestructura por proyecto (en US\$) | 35 |
| Tabla 6: Costo de operación vehicular y costo del tiempo de traslado (US\$/vehículo-viaje), escenario base (sin proyecto), por tipo de vehículo | 37 |
| Tabla 7: Externalidades consideradas en el análisis costo-beneficio | 40 |
| Tabla 8: Cambios adicionales de cobertura en los escenarios con carretera y con tren, respecto al escenario sin proyecto, para los años 2011- 2031 (en ha) | 46 |
| Tabla 9: Valor económico de contaminación del aire, por tipo de transporte y carga | 50 |
| Tabla 10: Indicadores para la valoración de la reducción de la regulación hídrica | 51 |
| Tabla 11: Reducción del valor de producción neta anual por la erosión | 52 |
| Tabla 12: Variación de la biomasa por tipo de proyecto y cambio de uso de suelo (TM) | 53 |
| Tabla 13: Índices de accidentalidad por proyecto | 55 |
| Tabla 14: Costos por accidentes (unidades de US\$ a precios corrientes, 2001) | 56 |
| Tabla 15: Probabilidad de ocurrencia de accidentes viales, según el volumen de tránsito diario | 56 |
| Tabla 16: Resultados de las valoraciones por tipo de externalidad y proyecto (en US\$) | 58 |
| Tabla 17: Análisis económico de los proyectos carretero y vial, incluyendo externalidades ambientales y sociales (Valor Actual Neto en millones de US\$) | 60 |
| Tabla 18: Valores intercambiados para el análisis de sensibilidad del proyecto carretero (VAN=0) | 61 |
| Tabla 19: Valores intercambiados para el análisis de sensibilidad del proyecto ferroviario (VAN=0) | 62 |

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ACB: | Análisis Costo-Beneficio. |
| ALAF: | Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles. |
| ANP: | Áreas Naturales Protegidas. |
| ADIF: | Administrador de Infraestructuras Ferroviarias. |
| BCRP: | Banco Central de Reserva del Perú. |
| BID: | Banco Interamericano de Desarrollo. |
| BN: | Beneficio Neto. |
| CEPAL: | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. |
| CI: | Costo de inversión. |
| CIAM: | Consejo Interregional Amazónico. |
| CIUP: | Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. |
| CM: | Costo de mantenimiento. |
| COK: | Costo de capital. |
| COVISUR: | Concesionaria Vial del Sur. |
| DFID: | Department for International Development. |
| FAS: | Fundación Amazonas Sostenible. |
| FETAB: | Ferrovía Transcontinental “Brasil-Perú” – Atlántico-Pacífico. |
| GRADE: | Grupo de Análisis para el Desarrollo. |
| GOREU: | Gobierno Regional de Ucayali, Perú. |
| HDM-III: | Highway Design and Maintenance Standards Model. |
| IAP: | Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. |
| IIRSA: | Integración Infraestructura Regional Suramericana. |
| IMD: | Índice medio diario. |
| INEI: | Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú. |
| INRENA: | Instituto Nacional de Recursos Naturales. |
| IOC: | Interoceánica Centro. |
| IOS: | Interoceánica Sur. |
| IPCC: | Intergovernmental Panel on Climate Change. |
| IRI: | Indices de Rugosidad. |
| LCM: | Land Change Modeler. |
| MEA: | Millennium Ecosystem Assessment. |
| MINAGRI: | Ministerio de Agricultura y Riego, Perú. |
| MINAM: | Ministerio del Ambiente, Perú. |
| MTC: | Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú. |
| PBI: | Producto Bruto Interno. |
| PEA: | Población Económicamente Activa. |
| RED: | Road Economic Decision Model - Modelo de Decisiones Viales. |
| SERNANP: | Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. |
| SIRTOD: | Sistema Nacional de Información Regional para la Toma de Decisiones. |
| TIR: | Tasa Interna de Retorno. |
| TM: | Toneladas métricas. |
| UIC: | International Unión of Railways. |
| UNEP: | United Nations Environment Programme. |
| VAN: | Valor Actual Neto. |



Disclaimers

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajos los términos del convenio N° AID-OAA-A-11-00019.

Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de USAID ni del gobierno de los Estados Unidos.

Esta investigación ha sido producida por encargo del Consorcio Paisajes Indígenas de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) liderado por The Nature Conservancy (TNC) e integrado por las siguientes organizaciones: Nacionalidad Originaria A'I Kofan del Ecuador (NOA'IKE), Coordinadora de Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica (COICA), Instituto del Bien Común (IBC) y Conservation Strategy Fund (CSF).



Agradecimientos

Los autores agradecen a The Nature Conservancy (TNC) y al Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) por el apoyo y financiamiento brindado a la investigación a través del proyecto Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) - Consorcio Paisajes Indígenas.

También agradecen a Cristian Vallejos y Luis Dávalos por las importantes contribuciones realizadas a la investigación, de igual manera por todas las gestiones realizadas que permitieron el desarrollo de la misma.

A Leonardo Fleck, Juan Carlos Gonzales y John Reid por los valiosos comentarios realizados en la etapa de revisión final del documento.


A Alfredo Salinas por los valiosos comentarios y aportes realizados durante los talleres de difusión de resultados preliminares, así como por haber apoyado los procesos de recolección de datos y comunicación de resultados en Pucallpa.

A Sophia Vargas y Karla Vergara por los aportes realizados durante los talleres de discusión de resultados preliminares.

A William Camacho, Courtney Lewis y Ana Gabriela Gómez por las contribuciones en la edición y diseño final de esta publicación.

A la Organización de Jóvenes Indígenas de la Región Ucayali (OJIRU) por su participación en el proceso de recolección de información de campo.

Finalmente, un agradecimiento especial al Grupo de Monitoreo Pucallpa-Cruzeiro do Sul y al Gobierno Regional de Ucayali por los aportes realizados en las etapas de socialización y discusión de resultados, así como por la provisión de información relevante y oportuna para el análisis.



Resumen ejecutivo

Executive summary

Las grandes obras de infraestructura, como los proyectos de interconexión terrestre, juegan un rol estratégico para el desarrollo de las naciones. No obstante, muchas de estas obras se llevan a cabo sin que se pruebe previamente su eficiencia. La magnitud de las pérdidas que puede generar un proyecto con ausencia de condiciones necesarias para alcanzar su viabilidad económica, ambiental y social depende, en gran medida, de la región geográfica donde se desarrolle. Así, los proyectos viales construidos en ecosistemas tropicales frágiles suelen estar asociados a altos costos económicos y ambientales.

En la actualidad, tres ejes transversales buscan conectar al Perú con Brasil, todos ellos atraviesan la Amazonía. Estos ejes, que forman parte de la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA), se han ido construyendo sin que su factibilidad económica quede probada de un modo categórico, y sin que se proyecte, con una visión de largo plazo, la magnitud de sus impactos ambientales y sociales. Tales han sido los casos de la carretera Tarapoto-Yurimaguas (Interoceánica Norte) y los diferentes tramos en la Interoceánica Sur (IOS).

El presente estudio se ocupa del tercer y último eje pendiente de culminación: la interconexión vial entre la ciudad de Pucallpa, capital del departamento de Ucayali, Perú, y la ciudad de Cruzeiro do Sul, en el Estado de Acre, Brasil. El análisis indica que con la carretera las pérdidas alcanzarían los US\$ 308,9 millones, y además generaría costos ambientales y sociales negativos de hasta US\$ 456,7 millones. Por otro lado, una alternativa ferroviaria generaría pérdidas de US\$ 662,9 millones, más US\$ 19,2 millones por los costos externos. La pérdida económica global de la alternativa de tren es menor, a pesar de los altos costos de construcción.

El análisis considera la evaluación de la factibilidad económica del proyecto carretero, utilizando datos actualizados provenientes del estudio de preinversión preparado por el Consorcio Vial Pucallpa-Cruzeiro do Sul. Asimismo, el estudio considera la evaluación económica de la alternativa de interconexión ferroviaria, actualmente analizada por el Gobierno Regional de Ucayali (GOREU) y el Estado de Acre. La evaluación de ambas alternativas de interconexión considera la cuantificación de beneficios y costos generados por las principales externalidades ambientales y sociales.

Para poder asignar valores a las externalidades ambientales y sociales, además de aplicarse diferentes metodologías de valoración en cada uno de los casos, fue necesario proyectar la deforestación en consideración de tres escenarios distintos: con proyecto ferroviario, con proyecto carretero y, finalmente, sin proyecto. Estas proyecciones se realizaron en base a mapas quinquenales de cambio de cobertura entre 1985 y 2011, considerando un grupo de variables explicativas de los cambios de uso de suelo ocurridos en el periodo mencionado.

Por otro lado, se desarrolló también un análisis de costos de oportunidad de evitar la deforestación en el área de influencia de los proyectos de interconexión. A través de ese análisis fue posible establecer los niveles de rentabilidad de las principales actividades productivas en la región, los beneficios o costos que generaría su expansión geográfica y las condiciones socioeconómicas de quienes se verían eventualmente afectados por el proyecto.

A partir de las evaluaciones de factibilidad realizadas, se pudo concluir que el proyecto carretero sería económicamente eficiente si, además de los tráficos proyectados para la carretera, más del 70% del tráfico de la Interoceánica Sur, del tramo Iñapari-Puerto Maldonado, fuera desviado hacia la Interoceánica Centro. Es decir, para que el proyecto sea factible tendrían que desviarse 249 vehículos diarios adicionales al tráfico local estimado, desde la carretera mencionada. Esto, sin considerar los impactos ambientales o sociales del proyecto, pues si se consideran esos impactos el proyecto vial no sería viable, incluso si todo el tráfico del tramo Iñapari-Puerto Maldonado fuese desviado hacia la IOC.

En el caso del proyecto ferroviario, las estimaciones sugieren que, aún sin internalizar los costos socio-ambientales, los altos costos de inversión del proyecto y la reducida demanda de transporte proyectada hacen que el proyecto no sea económicamente deseable. La inviabilidad del proyecto se agrava aún más cuando se consideran los costos socio-ambientales, los cuales, a pesar de ser significativamente menores a los del proyecto carretero, no dejan de incidir negativamente en el balance neto de beneficios y costos de esta alternativa.

Al realizar la comparación de ambas alternativas de transporte, sin considerar la valoración económica de las externalidades ambientales y sociales, se pudo establecer que el proyecto que generaría menores pérdidas a la sociedad peruana es el proyecto carretero. Sin embargo, cuando se internaliza en el análisis los valores de las externalidades positivas y negativas, se observa que el proyecto ferroviario generaría menos pérdidas.

Ante la ausencia de alternativas que garanticen la satisfacción de las demandas de transporte de la región de un modo costo-eficiente, y sin que se generen impactos ambientales irreversibles, los resultados del presente estudio invitan a continuar la búsqueda de alternativas que satisfagan las necesidades de desarrollo, sin que estas acarreen costos económicos y ambientales similares a los de los proyectos propuestos.

Large transportation infrastructure projects play a strategic role in economic development, but many are implemented without clear evidence that they provide a net benefit to the economy. The magnitude of potential losses from such projects depends, to a large degree, where they are built. Specifically, road projects in fragile tropical ecosystems tend to be associated with substantial economic and environmental costs.

There are three important roads in different stages of planning and construction connecting Peru and Brazil through the Amazon region. These roads are part of the Integration of Regional South American Infrastructure program (the Spanish acronym is IIRSA), and have been developed without conclusive proof of economic feasibility, or long run projections of their environmental and social impacts. This has been the case of the Tarapoto-Yurimaguas road (Northern Interoceanic highway) and different stretches on the Southern Interoceanic highway (Abbreviated as IOS in Spanish). The routes are called “Interoceanic” because they form missing links in the road networks that reach to the Pacific and Atlantic oceans.

The present study focuses on the third Peru-Brazil connection, proposed between Pucallpa, the capital of the Ucayali Region in Peru and the city of Cruzeiro do Sul, in the state of Acre, Brazil. The road is also known as the Central Interoceanic highway (Abbreviated as IOC in Spanish). Our analysis indicates that a road would lose up to US\$ 308,9 millions and, in addition, would generate negative environmental and social costs of as much as US\$ 456,7 millions. A rail alternative would lose US\$ 662,9 millions, plus US\$19,2 millions in external costs. The overall economic loss from the rail alternative is less, despite the higher construction costs.

We evaluated the economic feasibility of the road, using new data from the pre-investment study prepared by the Pucallpa-Cruzeiro do Sul Road Association. The railroad option analyzed the railroad to which is based on a proposal currently being considered by the Regional Government of Ucayali (GOREU) and the State of Acre. The evaluation of both alternatives includes quantitative analysis of the benefits and costs generated by the main environmental and social externalities.

To assign values to the environmental and social externalities it was necessary to project deforestation in each of three different scenarios: with a railway project, with the road project and without either. The projections were made based on a map of forest-cover change between 1985 and 2011, taking into account key variables that explain land use change during that period.

To complement these analyses, we performed an analysis of the opportunity cost of avoided deforestation in the area of influence by the interconnection projects. This analysis entailed estimating the profitability of the main productive activities, the benefits and costs their expansion would produce and the socioeconomic impact on people affected by the project.

The road project would be economically infeasible unless 70 percent of the traffic from the Iñapari-Puerto Maldonado stretch of Southern Interoceanic highway was diverted to the Pucallpa-Cruzeiro do Sul route. In other words, 249 vehicles would need to be diverted daily, added to the projected local traffic. That figure doesn't consider the environmental or social impacts of the project. When those impacts are taken into account the road project would not be feasible under any circumstances, even if all of the traffic from the Iñapari-Puerto Maldonado stretch were diverted to the Central Interoceanic route.

The railway project is economically unsound even before considering environmental and social costs, due to the high construction costs and limited transport demand in the area. The net environmental and social costs are much less than those caused by the road alternative but still negatively impact the economic viability of the railroad proposal.

Before considering externalities, the road project imposes a lower economic loss than the rail alternative on Peru's economy. After integrating externalities, however, the railroad is preferable, generating a lower overall level of loss.

Given the apparent economic and environmental disadvantages of the transport alternatives analyzed here, this study highlights the need to seek better options to satisfy the needs for regional development and conservation of the area's natural resources.



{ Introducción

Actualmente, en el Perú, el proyecto de interconexión vial Pucallpa-Cruzeiro do Sul representa una alternativa de transporte, cuya construcción conlleva riesgos de generar costos ambientales y sociales significativos, los cuales podrían poner en cuestión su pertinencia. Estos riesgos se explican principalmente porque el proyecto cruzaría un área de abundante riqueza biológica y forestal, afectando áreas de influencia de la Zona Reservada Sierra del Divisor y de la Reserva Territorial Isconahua, en la frontera con el Brasil, así como a los múltiples caseríos y comunidades nativas que viven de los recursos que les da el bosque y que se encuentran ubicados en la zona de influencia del proyecto.

El proyecto de interconexión, de ejecutarse, sería la segunda carretera que conecte al Brasil con el océano Pacífico, y al Perú con el Atlántico, y haría parte de la ruta Interoceánica Centro (IOC), Eje Amazónico de la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA). Su importancia radicaría en el carácter articulador de la ciudad de Pucallpa, la cual conecta gran parte de la selva peruana (Glave et ál., 2012).

Este proyecto –que fue planteado por primera vez hace más de 40 años– fue propuesto nuevamente como alternativa de inversión el 12 de marzo de 2004, cuando se firmó el Acta de Intención entre el Gobierno Regional de Ucayali y el Estado de Acre. En este documento se acordó fijar una agenda de trabajo para iniciar la implementación de un eje comercial y de integración, a fin de viabilizar el mismo a través de convenios bilaterales, estudios de pre-inversión e inversión, evaluaciones del impacto ambiental y otros elementos que demostrasen la viabilidad económica, social y ambiental del proyecto. Posteriormente, este acuerdo fue ratificado mediante un comunicado conjunto de los presidentes de Perú y Brasil, suscrito el 11 de diciembre de 2009.

En 2010, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) lanzó una convocatoria para el estudio a nivel de perfil del último tramo peruano de la IOC, Pucallpa-Cruzeiro do Sul. Esta convocatoria fue declarada desierta. Posteriormente, en junio de 2011, Proviás Nacional inició la adjudicación por menor cuantía del estudio de pre-inversión a nivel de perfil del proyecto. El ganador fue el Consorcio Vial Pucallpa. La consultoría propuso un trazo carretero¹ de una longitud de 141,4 km. La ventaja de este trazo, sobre los propuestos anteriormente, es que la carretera estaría más distante de la Zona Reservada Sierra del Divisor y de la Reserva Territorial Isconahua.

¹ El trazo comienza en la carretera Federico Basadre y se dirige hacia el sur de la ciudad de Pucallpa, donde cruza el río Ucayali a la altura del caserío Mazaray. Luego, sigue al margen derecho del río Abujao, para finalmente terminar en el hito fronterizo 62, Intersección Varadero Repolla-Aquiniyaco, Divisoria Yurúa-Ucayali (ver Mapa 1).

A pesar de los acuerdos realizados para promover el proyecto vial y de la realización del estudio de pre-inversión a nivel de perfil de proyecto, la actual coyuntura en la economía política regional ha colocado al proyecto carretero en un segundo nivel de prioridad. Hoy, tanto el GOREU como el Estado de Acre le dan preferencia al proyecto ferroviario FETAB (Ferrovia Transcontinental "Brasil-Perú" – Atlántico-Pacífico) por considerar que este proyecto generaría menores impactos ambientales que una carretera. En ese contexto, el Gobierno de China anunció su apoyo a un proyecto ferroviario entre Perú y Brasil, luego de la reunión sostenida entre los Presidentes de Perú y China en Julio de 2014 en Brasilia, tal como se informó en el diario Gestión.

En 2011, un estudio de análisis multivariable realizado por Malky et ál., estableció que el proyecto de interconexión vial Pucallpa-Cruzeiro do Sul sería el tercer proyecto más riesgoso, de un conjunto de 36 proyectos viales que se encontraban en proceso de planificación en ese momento en la Amazonía. Este estudio considera un conjunto de 17 variables cualitativas, cuantitativas y geográficas, a través de las cuales se establecen los riesgos económicos, ambientales, sociales y culturales de cada uno de los proyectos viales. Posteriormente, en 2012, Glave et ál. realizaron el análisis económico de la alternativa carretera de interconexión, sin considerar la internalización de las externalidades ambientales y sociales que serían ocasionadas. Este estudio estableció que el proyecto vial sería económicamente inviable debido al limitado tráfico proyectado.

El presente estudio representa una ampliación del análisis realizado por Glave et ál. (2012), a partir del cual se realizó un nuevo análisis económico en base a datos actualizados provenientes del estudio de pre-inversión preparado por el Consorcio Vial Pucallpa-Cruzeiro do Sul, y se identificaron, cuantificaron e internalizaron las principales externalidades ambientales y sociales del proyecto vial. Paralelamente, se analizó la factibilidad económica de la alternativa de interconexión ferroviaria, que es actualmente analizada por el GOREU y el Estado de Acre, considerando también la internalización de externalidades.

El estudio se organiza de la siguiente manera. Luego de exponer el objetivo y describir las características del área de estudio, se presentan las cuestiones metodológicas consideradas para establecer la factibilidad económica del proyecto vial y los resultados de esa evaluación. Posteriormente, se presentan las consideraciones metodológicas, información recopilada y supuestos para el análisis del proyecto ferroviario, seguido de su evaluación económica. A continuación, se muestran los métodos y cálculos correspondientes a la valoración de cada una de las externalidades ambientales y sociales consideradas, para luego internalizar esos valores en el análisis económico. Finalmente, en las conclusiones se presenta una interpretación de los datos alcanzados, así como algunas recomendaciones. Esperamos que los resultados sirvan para ampliar el debate sobre ambos proyectos de transporte y contribuyan a una toma de decisiones mejor informada.

Objetivo

El objetivo del estudio es presentar una evaluación económica de las alternativas de interconexión carretera y ferroviaria entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, considerando, en ambos casos, las principales externalidades sociales y ambientales generadas por los proyectos, a fin de establecer independientemente la viabilidad económica de cada uno de ellos, y comparar ambas alternativas en función a sus costos y beneficios.



{ Área de estudio

Ubicación geográfica

El trazo del proyecto analizado se sitúa en la provincia de Coronel Portillo, en el departamento de Ucayali, localizado en la parte central de la zona oriental del Perú. Por el norte limita con el departamento de Loreto; por el oeste, con Huánuco, Pasco y Junín; por el sur, con Cusco y Madre de Dios; y por el este, con el Estado de Acre del Brasil. Los principales ecosistemas que lo componen son ceja de selva, selva alta y selva baja. Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) del departamento abarcan principalmente las zonas montañosas de la región, tanto en el flanco oriental de las últimas estribaciones de la Cordillera de los Andes, como la zona montañosa en la frontera con el Brasil. Ucayali cuenta hoy con el Parque Nacional del Purús, el más grande del Perú, el Parque Nacional Cordillera Azul y la Reserva Comunal El Sira.

La capital del departamento de Ucayali es la ciudad de Pucallpa (véase el Mapa 1), la cual sirve como nodo articulador para gran parte de la selva peruana, conectando por vía fluvial con Yurimaguas e Iquitos por el norte, y con Sepahua (límite departamental de Ucayali con el Cusco) por el sur (Glave, Hopkins, Malky y Fleck, 2012; Barrantes, Fiestas y Hopkins, 2014).

La importancia de los ecosistemas que cubren la mayor parte del territorio donde se ubica el trazo de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, queda reflejada en el mosaico de áreas protegidas que lo rodean: el Parque Nacional Serra do Divisor y Reserva Indígena Vale do Javari, en Brasil, colindando con la Zona Reservada Sierra del Divisor hacia la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, en Perú. Este mosaico forma parte de un corredor biológico internacional de gran escala (desde áreas protegidas en la Amazonía boliviana hasta la frontera peruana-colombiana), que permite la conectividad de ecosistemas completos, la protección de nacientes de ríos importantes para las poblaciones humanas, la conservación de la diversidad biológica y cultural, así como de las especies endémicas y en situación de amenaza (MINAM, 2012).

El Expediente Técnico del Parque Nacional Sierra del Divisor, publicado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), señala que esta área, al ser un bosque húmedo tropical, “es un ecosistema complejo en cuanto a su diversidad florística, tamaño de los individuos que lo conforman, distribución de los mismos, especies y otros”. Utilizando como evidencia la información de lado de Brasil del parque nacional, resalta la alta diversidad de mamíferos, así como el alto valor científico del área, la cual ha sido poco investigada. Producto de estas investigaciones se ha descubierto nuevas especies, lo que justifica aún más la importancia de la conservación de esta área natural (SERNANP, 2013).

Respecto a las características de la zona de influencia del trazo de interconexión, cabe mencionar que, en una primera sección, el trazo presenta cursos de agua, aguajales y pantanos (restos de meandros antiguos) que son parte del lecho mayor del río Ucayali, para luego ingresar a una topografía ondulada hasta el inicio de la cadena de cerros de la Sierra del Divisor. Una presentación más detallada del espacio del trazo se encuentra en los documentos originales de la propuesta de interconexión (Solís, 1967).

Perfil socio-demográfico

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en 2007, el departamento de Ucayali contaba con 432.159 habitantes, que representaban el 1,58% de la población total del Perú (BCRP, 2013). De la población mencionada, el 75,3% residía en área urbana y el 24,7% restante, en zonas rurales (BCRP, 2013).

La Región Ucayali alberga una multiplicidad étnica de gran riqueza cultural. Según el segundo Censo de Comunidades Indígenas de la Amazonía Peruana, realizado en 2007, Ucayali abarcaba una población de más de 40 mil nativos amazónicos, representando el 9,35% de la población total del departamento en dicho año (INEI, 2010). Esta población indígena se reparte en 14 etnias, las cuales ocupan 13 distritos de la región (INEI, 2010). Entre los grupos étnicos más importantes se encuentran los Shipibo-Conibo, que representan el 36,21% del total de población nativa amazónica en la región. El segundo grupo más importante es el Asháninka (22,32%), y el tercero es el Ashéninka (21,71%) de la población mencionada². La principal familia lingüística en este espacio, después del castellano, es el Pano, a la cual pertenecen las etnias Isconahua, Shipibo-Conibo y Shipibo.

Respecto a los servicios de salud, los dos únicos hospitales se encuentran en la ciudad de Pucallpa y en Yarinacocha, ambos pertenecientes a la provincia de Coronel Portillo. A lo largo del trazo de la carretera hay pocos establecimientos de salud. Trasladar un enfermo de un centro poblado en el área de influencia del trazo del proyecto carretero hasta la ciudad de Pucallpa implicaría, en la mayoría de los casos, elevados costos de transporte y un tiempo de viaje desde cuatro horas hasta varios días, dependiendo del tipo de transporte fluvial (desde la boca del Abujao la duración del viaje es menor, mientras que desde las poblaciones más cercanas a la frontera con Brasil el viaje demanda varias jornadas). Además, en muchos casos, la posibilidad de que los pobladores accedan al centro de salud dependerá de la disponibilidad de embarcaciones en el momento de la emergencia.

A nivel de educación, los datos obtenidos en la encuesta de hogares realizada³ reportan un 12% de analfabetismo dentro de una población donde, el 53% de los habitantes tiene como lengua materna el castellano, seguido del shipibo (37%). Otras lenguas presentes en la zona de estudio son el pano y el ashaninka. Con respecto al último nivel de estudios alcanzado, el 25,4% de los mayores de 15 años que no se encontraba estudiando al momento de la encuesta tenía educación primaria completa, el 24,6% tenía educación secundaria completa, el 2,7% tenía educación técnica completa y el 1,3% tenía educación universitaria completa; mientras que el 46% solo tenía primaria incompleta o no había asistido a la escuela.

² Según cálculos realizados a partir de la información publicada en el INEI (2010).

³ Durante el mes de junio de 2013, se realizó una encuesta de hogares en la zona de influencia del trazo del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, habiendo cubierto 164 centros poblados, con una población cercana a los 26.000 habitantes y alrededor de 5.700 hogares, a través de una muestra representativa de 250 observaciones.

El principal motivo de inasistencia a la escuela está relacionado a la carencia económica, que obliga a los alumnos a dejar los estudios para apoyar a sus padres en la generación de ingresos. Respecto al acceso a centros educativos, el 80% de alumnos que asisten a una escuela manifestó demorar entre 5 y 10 minutos de caminata para llegar a su centro de estudios, mientras que el 20% restante demora entre 20 y 60 minutos de caminata.

De la población total de Ucayali, se estima que la que estaría directamente afectada por el proyecto de interconexión, que cruzaría la provincia Coronel Portillo, sería aquella ubicada dentro de un rango de 50 km a ambos lados del trazo. Esto implica una población total de 147.885 personas, lo que representa el 29% de la población de Ucayali (Glave, Hopkins, Malky y Fleck, 2012).

Perfil socio-económico

El producto bruto interno (PBI) de Ucayali representó, en promedio, el 1% del PBI del Perú en el periodo 2001-2012. En el último año de dicho periodo, el PBI llegó a 2.188,41 millones de nuevos soles⁴. Durante esos años, la tasa de crecimiento promedio anual fue de 5,48% (SIRTOD, 2013), cercana al promedio nacional.

Con respecto a la fuerza laboral, la población en edad de trabajar mayor de 14 años fue de 325.757 habitantes en 2012, de la cual, el 81,1% conformó la Población Económicamente Activa (PEA) (BCRP, 2012). La PEA ocupada de dicho año, estuvo conformada por 253.144 personas (95,8% de la PEA), y la PEA desocupada por 11.146 personas (BCRP, 2012). Por último, los principales sectores que ocupan la fuerza laboral, en orden importancia, son los sectores agropecuario y pesca, minería e hidrocarburos, comercio, transportes y comunicaciones. Sectores con menor participación en la ocupación de la PEA son los de educación y construcción.

La Región Ucayali tiene una población indígena de 40.407 personas, equivalente al 12% del total de población indígena amazónica del país, con mayores concentraciones en las provincias de Atalaya (más de la mitad de esta población) y Coronel Portillo (un tercio de la población). Posee una población mayoritariamente joven, con una ligera preponderancia masculina sobre la población femenina (BCRP, 2012). Entre las actividades económicas más importantes dentro de las comunidades indígenas se encuentra el cultivo de cereales, frutas, nueces y plantas; en segundo lugar de importancia están las prácticas agrícolas y actividades pecuarias. Por último, en cuanto al sector de servicios se identificó que también se realizan actividades de hotelería, transporte y enseñanza, entre otras (INEI, 2010).

⁴ Precios constantes de 1994.

En lo que respecta a la agricultura, dentro de la zona de influencia del proyecto, la mayor proporción de superficie cosechada corresponde al maíz, plátano y yuca (70% de la superficie), mientras que los productos que alcanzan mayores niveles de rentabilidad neta⁵ son la papaya, camu camu, caña de azúcar y sandía, con 2.100, 1.700 y 1.600 US\$/Ha/año, respectivamente. En relación a otros productos, cuya importancia está dada por el volumen de producción y la superficie sembrada cada año, tenemos que los niveles de rentabilidad varían entre 600 y 900 US\$/Ha/año, como es el caso de la yuca, maíz y plátano. Dependiendo del tipo de producto y la distancia al mercado, los costos de transporte impactan sobre la rentabilidad neta de estos productos en un 11%, como promedio. A nivel de la comercialización, de acuerdo a los datos de la encuesta realizada, más del 80% de productores realiza la venta de su producto en el mercado final, principalmente Pucallpa, mientras que el resto vende sus productos en su propia comunidad o centro poblado.

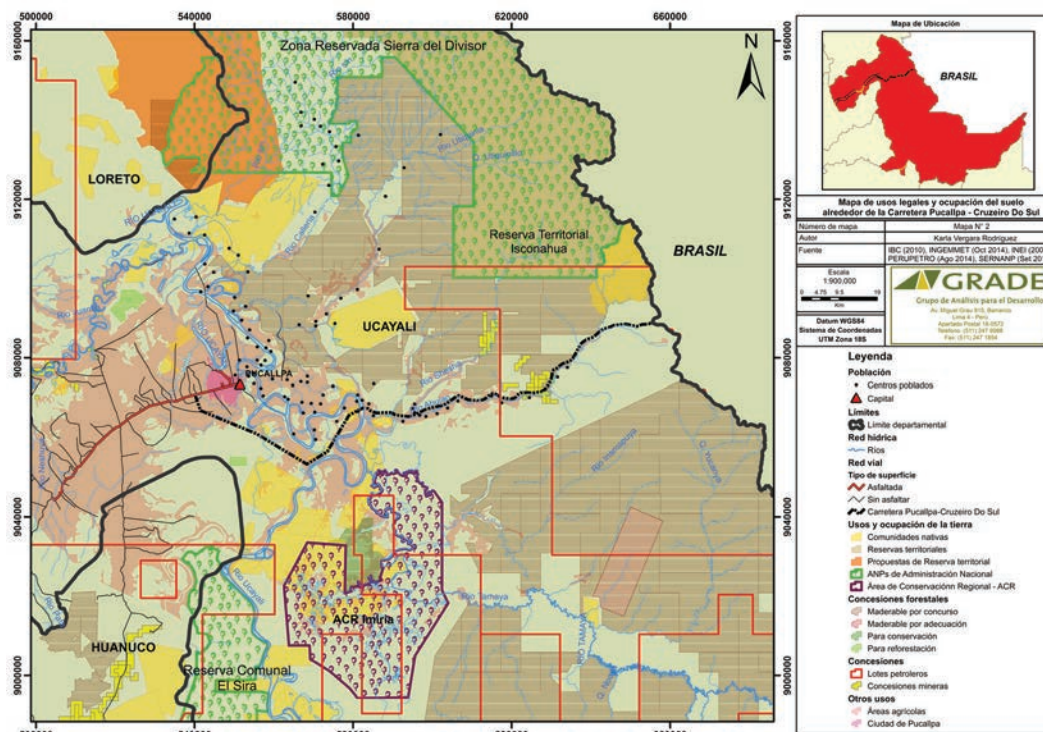
La actividad ganadera se desarrolla con mayor énfasis en los distritos de Campo Verde y Yarinacocha, que se caracterizan por tener mayor acceso a través de vías carreteras y estar relativamente cerca de la ciudad de Pucallpa. La principal especie criada es el ganado vacuno, especialmente con el propósito de engorde, donde la mayor proporción de cabezas corresponde a vacunos mejorados, con una rentabilidad neta estimada en US\$ 1300/Ha/año, en comparación al desarrollo de la actividad ganadera con vacunos criollos, cuya rentabilidad alcanza los US\$ 450/Ha/año.

El aprovechamiento de especies maderables se caracteriza por realizarse sin manejo forestal. Se ha observado que el desarrollo de la actividad no cumple con la normativa en cuanto a tenencia de planes de manejo, permisos otorgados, etc. Las principales especies aprovechadas son la quinilla, catahua, capirona, cumala, bolaida y mashimango. La especie maderable que registra la mayor rentabilidad es la cumala, con un valor de US\$ 170/Ha/año, seguida de bolaina (US\$ 450/Ha/año) y quinilla y mashimango (US\$ 410/Ha/año).

⁵ Incluye costos de transporte.

El principal puerto de Ucayali es el de la ciudad de Pucallpa, que comunica la selva del Perú con el resto del país. Según la base de datos de la Dirección de Tráfico Acuático del MTC, el año 2008 arribaron al puerto 292.561 TM de productos, de las cuales el 57% eran maderas y derivados. Del mismo modo, zarparon un total de 328.563 TM de productos, de las cuales solo el 0,003% fueron maderas y derivados (Glave, Hopkins, Malky y Fleck, 2012). Es decir, la ciudad de Pucallpa es un importador neto de maderas y derivados, siendo Ucayali uno de los principales centros productores de madera aserrada del país⁶. Un total de 4.227 TM (2,5%) de la madera y derivados que llegan a Pucallpa provienen del área del trazo propuesto del proyecto carretero⁷. Sin embargo, tal como se menciona en el trabajo de Glave, Hopkins, Malky y Fleck (2012), estos datos pueden ser una subestimación de la magnitud real de la madera y derivados que llegan a la ciudad de Pucallpa (no necesariamente por el puerto), procedentes de la tala ilegal del bosque.

MAPA 1: USOS Y OCUPACIÓN DEL SUELO



Fuente: Elaboración propia.

⁶ Entre los años 2004 y 2006, llegó a representar más del 40% de la producción nacional, pero en 2007 cayó a 29,9% por el aumento de la producción de madera aserrada en Loreto.

⁷ Información disponible para Alfonso Ugarte, Miguel Grau, Nueva Jerusalén, Santa Elena, Santa Rosa y el área del río Sheshea que desemboca en el río Abujao.



{ Metodología

Descripción del Modelo de Decisiones Económicas Viales⁸

Como se menciona en el estudio realizado por Glave et ál. (2012), el proyecto de la carretera Pucallpa-Cruzeiro do Sul sería de bajo volumen de tránsito debido a su ubicación, con un índice medio diario (IMD) cercano a los 300 vehículos. Ese nivel de tránsito representa un reto para las metodologías estándar de evaluación de proyectos carreteros, como el *Highway Design and Maintenance Standards Model* (HDM-III), debido a los requerimientos de información de dichas metodologías. En consecuencia, se eligió el *Road Economic Decision Model* (RED), modelo de decisiones viales propuesto por el Banco Mundial, el cual constituye un modelo simplificado para la evaluación de proyectos carreteros de bajo volumen de tránsito.

El modelo RED estima los beneficios netos de un proyecto vial a partir de un enfoque del excedente del consumidor, es decir, se estiman los beneficios de los usuarios del proyecto de transporte, a través de los costos que serían reducidos como consecuencia del mismo proyecto, en comparación a los costos en los que se incurre en la situación actual⁹. Los costos considerados en el modelo RED son de dos tipos: por un lado el costo de operación vehicular (COV), y por otro, los costos asociados al tiempo de traslado (CT). El primer costo hace referencia a los costos que representan el desgaste del automóvil en combustible y en repuestos, y el CT valora el tiempo que le toma a una persona trasladarse desde el punto inicial hasta el final del trazo del proyecto. Todos los costos son estimados a partir de: una determinada estructura vehicular¹⁰, las características propias de la vía y el tráfico proyectado para el periodo de análisis.

El modelo RED utiliza como indicadores de eficiencia el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). El cálculo del VAN se realiza con los flujos netos y una tasa de descuento que puede ser el costo de capital (COK) o una tasa mínima de rendimiento aceptable (Baca, 2010). Para el caso de proyectos públicos en el Perú, se utiliza una tasa mínima de rendimiento aceptable de 9%. Asumiendo esa tasa, un proyecto vial será económicamente atractivo si se obtiene un VAN positivo y una TIR mayor a 9%.

El modelo básico del beneficio neto (BN) utilizado en el RED es el que se muestra a continuación¹¹:

$$BN=f(\Delta COV-, \Delta CT-, \Delta SV+, \Delta IA+/-, \Delta DL-, \Delta C-);$$

⁸ *Road Economic Decision Model, Modelo RED, por sus siglas en inglés.*

⁹ *La situación actual (sin proyecto) también es llamada situación base en el Modelo RED.*

¹⁰ *La estructura vehicular está dada por el tipo de vehículos que transitan una ruta. Esta estructura dependerá de las características propias de la carretera, así como de las actividades que se desarrollen en el área de influencia de la misma.*

¹¹ *Los signos positivos y negativos en la fórmula representan el efecto del cambio de la variable en el beneficio neto.*

Donde:

- Δ:** Cambio de la variable (Proyecto alternativo respecto a la situación sin proyecto).
- COV:** Costo de operación vehicular.
- CT:** Costo de tiempo de traslado.
- SV:** Seguridad vial.
- IA:** Impactos adicionales (ambiental, social).
- DL:** Desarrollo local.
- C:** Costo total de inversión y mantenimiento.

Se considera como análisis económico sin externalidades si solo se utiliza los datos de COV, CT y C; mientras que un análisis económico con externalidades incluye información sobre SV, DL e IA. Más adelante se desarrollará el concepto de externalidades (se detallará aquellas que se han identificado) y el método de medición para incluirlas en el análisis económico.

Modelo RED para el proyecto carretero propuesto

En la primera parte del presente análisis se realiza el análisis costo-beneficio del proyecto carretero entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, a través del Modelo RED, sin considerar los impactos indirectos del mismo (externalidades ambientales y sociales o impactos en el desarrollo local). Tampoco se consideran los costos asociados a la seguridad vial (costos de accidentabilidad).

El modelo RED requiere una serie de parámetros que son utilizados para la estimación de los costos de operación y tiempo de traslado. Siguiendo el ejercicio realizado por Glave, et ál. (2012), los parámetros fueron definidos en base a rangos y opciones establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y de acuerdo a las características propias del proyecto. Estos parámetros están relacionados con la estructura de la flota vehicular, los costos unitarios de transporte de estos vehículos, el número de pasajeros y carga, las características de la carretera, su índice de rugosidad y la distancia (ver Tabla 1). Para un mayor detalle de la metodología y los procedimientos realizados, revisar el estudio de Glave et ál. (2012).

Se utilizaron los costos de inversión y mantenimiento del estudio de pre-inversión a nivel de perfil realizado por el Consorcio Vial Pucallpa (2012). En dicho estudio, se consideran distintas alternativas, las cuales son comparadas para determinar cuál de ellas da como resultado un TIR y un VAN más favorables. La alternativa ganadora del estudio de pre-inversión tiene como características una estructura de carpeta asfáltica y la construcción de dos balsas cautivas en el río Ucayali. Adicionalmente, la calzada considerada es de 7 metros de ancho, bermas de 2,50 metros de ancho y un espesor total de 28 pulgadas (Provías Nacional, 2011).

¹² Parámetros requeridos y opcionales para el uso del HDM (Highway Design and Maintenance Standards Model). Oficina General de Planeamiento y Presupuesto, Oficina de Inversiones. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, Noviembre de 2010.

En cuanto a los costos de inversión considerados, vinculados principalmente a la ejecución de las obras, estos ascienden a un monto total de US\$ 453.703.876,19, es decir, un costo por kilómetro de US\$ 3.208.655,42. Los costos de mantenimiento de la vía son de carácter rutinario y periódico, y para el caso de la carpeta asfáltica se consideró un mantenimiento anual y uno periódico de cada 3 años. El costo de mantenimiento anual se estimó en US\$ 4.150 por kilómetro, y en US\$ 25.000 por kilómetro para el mantenimiento periódico (Provías Nacional, 2011).

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS Y COSTOS DE LOS PROYECTOS

| | Estudio de pre-inversión 2011 (Consortio Vial Pucallpa) |
|---------------------------|--|
| Distancia | 141,4 km |
| Ancho de superficie | 7 metros |
| Profundidad de asfalto | 90 milímetros |
| Tipo de pavimento | Carpeta Asfáltica |
| Bermas | 2,5 metros de ancho |
| Índice de Rugosidad (IRI) | 3 |
| Infraestructura adicional | Dos balsas cautivas en el río Ucayali |
| Costo por km | US\$ 3.208.655,42 |
| Total Inversión | US\$ 453.703.876,19 |
| Rutinario (anual) | US\$ 4.150/km |
| Periódico (cada 3 años) | US\$ 25.000/km |

Fuente: MTC-Provías (2010); Glave et ál. (2012)

Estimación del Tráfico

En vista de que actualmente no existe una conexión vial entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, fue necesario estimar un tráfico potencial que permita aplicar el modelo. Para esto, seguimos la metodología desarrollada por Glave et ál. (2012), a fin de estimar cuatro tipos de tráfico: normal, generado, inducido y desviado. Cada estimación requiere una metodología holística debido a sus diferentes características. A continuación, se brinda una breve explicación para la estimación de cada tipo de tráfico. Más detalles pueden consultarse en Glave et ál. (2012).

El tráfico normal se estimó a partir de información secundaria del flujo de toneladas de arribo y zarpe al puerto de Pucallpa, de la Dirección General de Transporte Acuático del MTC del año 2008. Se seleccionaron los centros poblados de origen-destino en el área de influencia del trazo carretero (véase Mapa 2); luego, con la información de toneladas transportadas de ida y vuelta, se estimó el máximo número de vehículos que, en función a su capacidad de carga, podrían transportar estas toneladas (ver Tabla 2 y Tabla 3). Se asume que el tráfico normal aumentará según la tasa de crecimiento promedio del PBI de Ucayali del periodo 2001-2009 (DFID, 2005).

MAPA 2: CENTROS POBLADOS ALREDEDOR DEL PROYECTO CARRETERO

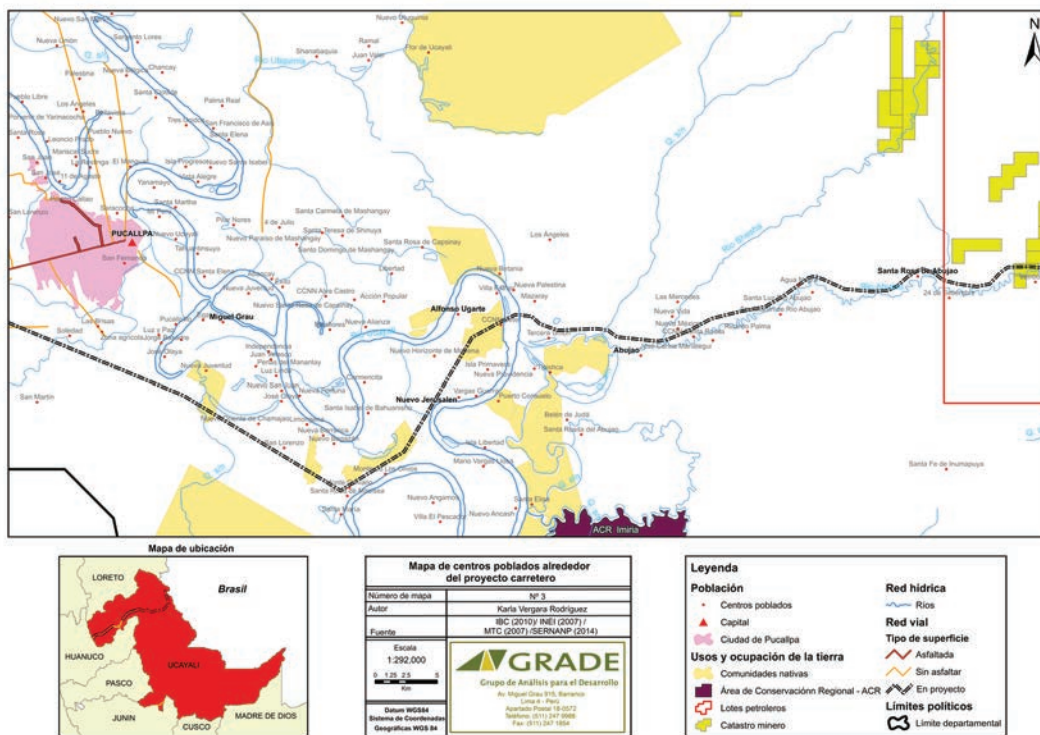


TABLA 2: TRANSPORTE DE PRODUCTOS POR ARRIBO Y ZARPE EN EL PUERTO DE PUCALLPA, 2008 (TONELADAS MÉTRICAS)

| Centro poblado | Productos | | | | | Total TM/año | Total TM/día |
|-----------------|------------|---------------------|-----------|---------------------------------|--------------|----------------|--------------|
| | Alimentos | Maderas y derivados | Vehículos | Maquinaria, motores y repuestos | Varios | | |
| Abujao | | | | 60 | | 60 | 0,2 |
| Alfonso Ugarte | | 354 | | 8 | | 362 | 1,0 |
| Miguel Grau | 1,8 | 2.224 | 3 | 204,4 | 912,2 | 3.345,2 | 9,2 |
| Nueva Jerusalén | | 183 | | 10 | | 193 | 0,5 |
| Santa Elena | | 320 | | 20 | | 340 | 0,9 |
| Santa Rosa | | 527 | | 20 | | 547 | 1,5 |
| Sheshea | | 619 | | 30 | | 649 | 1,8 |
| Total | 1,8 | 4.227 | 3 | 352,4 | 912,2 | 5.496,2 | 15,1 |

Fuente: Dirección de Transporte Acuático del MTC.

Elaboración propia.

TABLA 3: ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO NORMAL

| Vehículo | TM* | Nº de vehículos |
|-------------------|-------|-----------------|
| Automóvil | 0,32 | 2 |
| Pick up | 0,62 | 6 |
| Bus | 4,13 | 0 |
| Camión ligero | 3,84 | 1 |
| Camión mediano | 7 | 1 |
| Camión pesado | 12,05 | 0 |
| Camión articulado | 24,5 | 0 |

Fuente: MTC (2010).

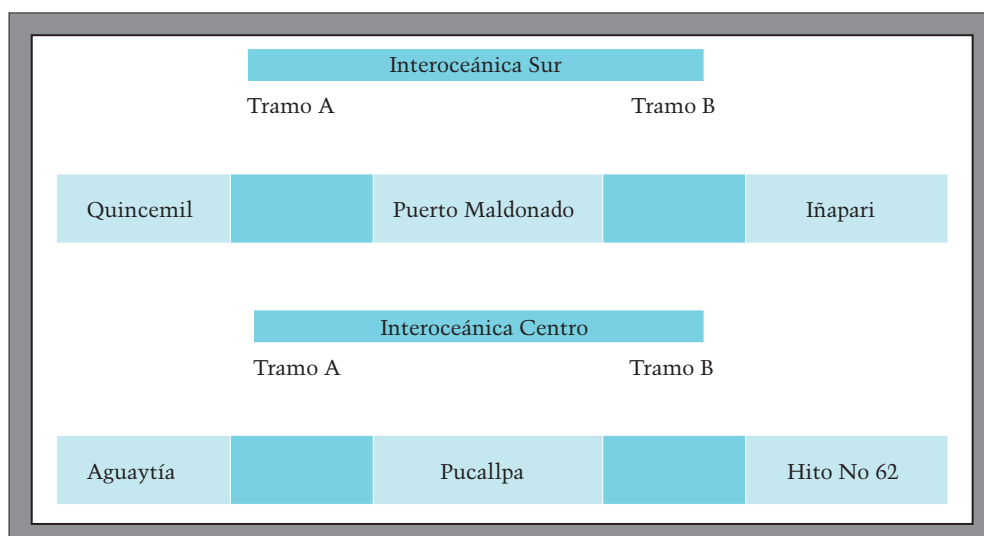
* Carga útil de los vehículos típicos del Perú.

El tráfico generado se estimó a partir del tráfico normal, asumiendo una elasticidad entre la reducción del costo de transporte y el incremento del tráfico diario. De acuerdo al DFID (2005), esta elasticidad toma valores entre 0,6 y 2, con un promedio de 1. La elasticidad del transporte de pasajeros tiende a ser mayor a 1 y superior a la de transporte de bienes de consumo, la cual tiene una elasticidad de 0,6. Entonces, para fines de este estudio, se asumió una elasticidad de 1 para vehículos de pasajeros (automóviles, buses y pickups), y de 0,6 para vehículos de carga (camiones) (Fleck, Painter y Amend, 2007; DFID, 2005). Ante una reducción de 1% de los costos de transporte, el tráfico de vehículos de pasajeros aumentará 1% del tráfico normal de pasajeros, y 0,6% el de camiones de carga.

Con respecto al tráfico inducido, se utilizó la misma metodología desarrollada por Glave, et ál. (2012). Se tomó como referencia el tráfico inducido observado en la Interoceánica Sur (IOS). La IOS es la única ruta terrestre del Perú al Brasil que además tiene características similares a la Interoceánica Centro (IOC) por el tipo de vía y por las clases de terrenos que atraviesa. De este modo, se decidió segmentar la IOC¹³ y la IOS en dos tramos, para abordar la estimación del tráfico inducido. El supuesto es que el tráfico del nuevo tramo de la IOC tendrá un comportamiento similar al tráfico de la IOS. Se utilizó la ciudad capital de cada región como punto de corte de cada tramo, tal como se muestra en el Gráfico 1.

¹³ El proyecto de interconexión vial Pucallpa-Cruzeiro do Sul haría parte de la IOC.

GRÁFICO 1: ESTRUCTURA DE SUB-TRAMOS IOS E IOC



Fuente: Elaboración propia.

La principal diferencia entre ambos tramos es que antes de la IOS ya existía una trocha que conectaba al Perú con la frontera del Brasil por Madre de Dios. Entonces, ya había una relación fronteriza y un tráfico normal. En Ucayali no hay una trocha que conecte al Perú con el Brasil y, por tanto, no existe un tráfico terrestre. Por otro lado, el diferente peso de la minería en ambas regiones es un factor de distorsión en el análisis. Debido a estas diferencias, se descontaron los parámetros estimados para el cálculo del tráfico inducido, de tal forma que se ajuste a la realidad del área de estudio. Así, se calcularon los valores de tráfico iniciales para los tramos A y B de Ucayali.

TABLA 4: TRÁFICO INDUCIDO INICIAL ESTIMADO DE UCAYALI

| Año | Ucayali | |
|------|---------|---------|
| | Tramo A | Tramo B |
| 2008 | 931 | - |
| 2016 | 1.407 | 230 |

Fuente: Elaboración propia.

El tráfico inducido inicial, 230 vehículos/día, será la base para proyectar el tráfico hasta el año 2031, siguiendo la estructura de tasas especificada anteriormente (ver Tabla 4). Por lo tanto, se proyecta este tráfico de 230 vehículos/día hasta el año 2031.

Finalmente, la variable de tráfico desviado se utilizó como parte de un análisis de sensibilidad para estimar el máximo tráfico que debería desviarse de la IOS para que el proyecto sea mínimamente rentable.

Análisis costo-beneficio del proyecto ferroviario

El transporte ferroviario presenta diferencias en comparación al transporte por carretera. La primera de ellas corresponde al nivel de accesibilidad que ofrecen ambos sistemas de transporte. Mientras que la accesibilidad a una carretera es amplia, dado que se puede acceder desde cualquier punto de la misma, no sucede lo mismo con un ferrocarril, donde el acceso es posible solo a través de estaciones. Esta característica del sistema de transporte ferroviario afecta la demanda, dado que la focaliza en áreas circundantes a las estaciones.

Otra de las diferencias está relacionada con los costos en los que incurren los usuarios. Por un lado, los usuarios de una carretera pueden asumir tanto costos directos como indirectos: quienes poseen sus propios autos tendrán costos directos (como el costo del combustible y repuestos), mientras que los usuarios de la carretera que se trasladan en transporte público asumirán costos indirectos (es decir, una tarifa de transporte carretero). Por otro lado, en un sistema de transporte ferroviario, los usuarios asumirán solo costos indirectos, correspondientes a la tarifa de transporte.

Respecto al tiempo de traslado invertido, de acuerdo a las características de ambos medios de transporte, dadas las condiciones geográficas y de la estructura vehicular establecida por el modelo RED, se obtuvo que para algunos tipos de vehículos, como el auto o pickup, la velocidad de viaje era mayor a la velocidad establecida para el escenario ferroviario (80 km/h) mientras que en otros casos, como el del camión mediano o pesado, la velocidad de viaje sería menor a la velocidad establecida para el escenario ferroviario. Por lo tanto, para los primeros casos, bajo el escenario carretero, se tendrá un ahorro en el tiempo de traslado, y para los casos posteriores ocurrirá lo contrario.

El análisis costo-beneficio (ACB) para la alternativa ferroviaria asume la misma lógica de estimación de los beneficios de una alternativa de carretera, a partir de los excedentes del consumidor, como se muestra a continuación:

$$\pi^{\text{Ferrocarril}} = (\text{COV}^{\text{A}} - \text{COV}^{\text{F}}) + (\text{CT}^{\text{A}} - \text{CT}^{\text{F}}) - \text{CF}^{\text{F}} - \text{CM}^{\text{F}}$$

Donde:

COV^A: Costo de operación vehicular en el escenario actual (sin proyecto).

¹⁴ La diferencia entre las velocidades asumidas se sustenta en un estudio del Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (España) de 2010, en el que se estableció que, en promedio, el valor del ahorro del tiempo en un medio de transporte por carretera era mayor al ahorro de tiempo que se derivaba de un viaje similar en ferrocarril. Sin embargo, dado que el modelo RED asume una estructura vehicular donde cada tipo de vehículo implica tiempos de traslado diferentes para una misma carretera, se asume que el ferrocarril tendría un tiempo de viaje mayor en relación a ciertos tipos de vehículos y menor en relación a otros.

- COV^F:** Costo de operación relacionado al uso del ferrocarril o tarifa de transporte.
- CT^A:** Costo de tiempo de traslado en el escenario actual (sin proyecto).
- CT^F:** Costo de tiempo de traslado con el proyecto ferroviario.
- CI^F:** Costo de inversión del proyecto ferroviario.
- CM^F:** Costo de mantenimiento del proyecto ferroviario.

Las ganancias de los usuarios del ferrocarril se derivarán de la reducción de los costos indirectos de usar esta vía con respecto al escenario actual (carretera en mal estado), y de la reducción del tiempo de traslado en ferrocarril, también con respecto al escenario actual.

Los datos de COV y CT del escenario actual, en el que no hay ningún proyecto de transporte, serán los mismos del escenario sin proyecto, que fueron utilizados para el caso de la carretera. Es decir, se compara el ferrocarril con una carretera en mal estado. Posteriormente, y para estimar los beneficios netos del proyecto ferroviario, se siguió el siguiente procedimiento:

a. Cálculo del COV y CT bajo el proyecto ferroviario

i. COV Ferroviario: Se calcula a partir de la tarifa por pasajero-km, tarifa por tonelada-km, longitud del trazo y la capacidad de transporte de pasajeros y toneladas de carga.

ii. CT Ferroviario: Se calcula utilizando los mismos parámetros del modelo RED y asumiendo una estructura de capacidades de transporte de personas y carga, que sería equivalente a la estructura que tendría el proyecto ferroviario. Es decir, se asume la cantidad de carga y pasajeros que sería transportada por el tren de acuerdo a las estimaciones de demanda (tráfico¹⁵) y la velocidad promedio del tren. A esos datos se le asignan los costos promedio que asigna RED a tiempo de traslado de pasajeros y carga.

b. Cálculo de beneficios o ahorros en costos

i. Ahorro COV Ferroviario: La reducción del costo de operación vehicular se calcula restando el COV bajo el escenario actual, sin proyecto, menos el COV Ferroviario calculado.

ii. Ahorro de CT Ferroviario: De manera semejante, la reducción del costo de tiempo de traslado se calcula restando el CT bajo el escenario actual, sin proyecto, menos el CT Ferroviario calculado.

¹⁵ La demanda de tráfico considerada para el proyecto ferroviario es similar a la considerada para el proyecto carretero. Esto, tomando en cuenta que, dadas las características de los potenciales usuarios y actividades económicas que se beneficiarían de cualquiera de los proyectos de interconexión, no se encontraron argumentos suficientes para estimar niveles de tráfico diferenciados entre ambos proyectos.

iii. Ahorro Total de Costos: El ahorro total de costos se obtiene sumando el ahorro COV Ferroviario y el Ahorro del CT Ferroviario.

c. Cálculo de beneficios diarios y anuales

i. Beneficios diarios: Se obtienen multiplicando el ahorro total de costos por la cantidad de carga y pasajeros (o su equivalente en vehículos), proyectados diariamente para un horizonte de 20 años.

ii. Beneficios anuales: Se obtienen multiplicando por 365 los beneficios diarios.

Los costos de construcción, operación y mantenimiento del proyecto ferroviario se estimaron a partir del perfil de proyecto elaborado para el ferrocarril Yurimaguas-Iquitos, dado que este tendría muchas similitudes con un posible ferrocarril en la zona de estudio. Con respecto a los costos de adquisición del material rodante (locomotoras y vagones), estos se calculan a partir del tráfico anual, de acuerdo al siguiente procedimiento:

i. Equivalencia de tráfico: Como primer paso, se realiza la transformación del tráfico de vehículos en número de personas o toneladas, según la tabla de equivalencias establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. El incremento de la demanda de transporte durante el periodo de análisis implica la adquisición de nuevos vagones y locomotoras.

ii. Número de vagones: Luego de obtener el tráfico diario expresado en número de personas y toneladas, se puede determinar la cantidad de vagones para personas y carga necesarios cada año. Esto se calcula dividiendo el tráfico diario por la capacidad diaria máxima de cada vagón de personas o carga. Cabe enfatizar que la capacidad diaria máxima de cada vagón es determinada mediante la multiplicación de su capacidad de carga por el número de viajes realizados al día (se asume que se harían 6 viajes al día).

iii. Número de locomotoras: Se realiza un ejercicio similar, calculando el total de toneladas que las locomotoras deberán trasladar y dividiéndolo por la carga máxima de las locomotoras; así se obtienen el total de locomotoras necesarias para cada año.

iv. Costo de material rodante: Resulta de la suma de costos por vagones y locomotoras. Ambos costos se obtuvieron multiplicando precios unitarios por tipo de vagones por el número de total de vagones y locomotoras que se necesita comprar cada año.

Costo de construcción: El costo total de construcción se calculó a partir del costo de construcción por kilómetro del proyecto ferroviario Yurimaguas-Iquitos. La información de costos

de construcción fue obtenida de un Estudio de Factibilidad a nivel de Estudios Definitivos de Ingeniería e Impacto Ambiental realizado para dicho proyecto ferroviario. Tal como se observa en la Tabla 5, el costo por kilómetro para el proyecto Yurimaguas-Iquitos (US\$ 5,678 millones por km) se multiplica por la longitud del proyecto Pucallpa-Cruzeiro do Sul (141,4 km).

Costo de operación: Este costo fue obtenido utilizando el ratio costo de operación-costo total de inversión del proyecto ferroviario Yurimaguas-Iquitos (Perfil de Proyecto de Inversión Pública que se encuentra en el Sistema de Inversión Pública). Ese ratio fue aplicado al costo total de inversión para el proyecto Pucallpa-Cruzeiro do Sul.

Mantenimiento anual y periódico: El costo de mantenimiento fue calculado con el mismo método utilizado para hallar los costos de operación, y empleando dos nuevos ratios: costos de mantenimiento anual-costo total de inversión y costo de mantenimiento periódico-costo total de inversión.

TABLA 5: COSTOS DE INVERSIÓN, MANTENIMIENTO, OPERACIÓN E INFRAESTRUCTURA POR PROYECTO (EN US\$)

| | Carretera* | Ferrocarril** |
|---|-------------|---------------|
| Costos de inversión | | |
| Costo por km | 3.208.655 | 5.678.473 |
| Total Inversión | 453.703.876 | 802.936.083 |
| Costos de mantenimiento¹ | | |
| Rutinario ² | 4.150 | 9.193 |
| Periódico ³ | 41.667 | 324.043 |
| Costos de operación | | |
| Anual | | 129.985 |
| Costos de material rodante⁴ | | |
| Locomotora | | 4.047.900 |
| Vagón de carga | | 40.000 |
| Vagón de pasajeros | | 51.853 |

Fuente: Provias Nacional (2011); MEF (2008); Congreso de la República (2013).

*Costos obtenidos a partir del estudio de preinversión realizado por el Consorcio Vial Pucallpa.

**Costos obtenidos a partir del Estudio de Factibilidad a nivel de Estudios Definitivos de Ingeniería e Impacto Ambiental del proyecto Yurimaguas-Iquitos.

¹Costos de mantenimiento por kilómetro.

²Costo rutinario, se realiza cada año.

³Costo periódico, se realizará cada 5 años en el caso del ferrocarril, y cada 3 años en el caso de la carretera.

⁴Costo de material rodante por unidad.

¹⁶ A pesar de que no fue posible acceder al estudio de factibilidad, dicha información fue encontrada en un oficio de un informe de actividades de representación del congresista peruano Víctor Isla, representante de la región Loreto. Según lo descrito en el oficio, se realizó una reunión de información y coordinación entre el Presidente Regional de Loreto (principal impulsor del proyecto ferroviario Yurimaguas-Iquitos) y el congresista mencionado. En esa reunión, al congresista Isla se le hizo entrega de un informe resumido con la información de costos de construcción, elaborada a partir del Estudio de Factibilidad.

Como se puede observar en la Tabla 5, el proyecto carretero representa costos menores para los conceptos de construcción y mantenimiento. Asimismo, el proyecto ferroviario requiere de gastos adicionales en material rodante y operación, los cuales no se observan bajo el proyecto carretero, dado que no conforma un sistema de transporte que necesite un operador e infraestructura que tenga que ser provista como parte de la constitución del sistema para su funcionamiento.

Por último, los costos referentes a infraestructura o material rodante requieren determinar el total de vagones y locomotoras necesarias año a año, para lo cual se transformó el tráfico total de cada año al equivalente en toneladas métricas y pasajeros.

Estimación de costos de operación vehicular y costos de tiempo de traslado

A partir de la información de tráfico del escenario base (sin proyecto), se busca determinar cuál de los proyectos alternativos es más eficiente, en términos del costo de transporte para los usuarios. El modelo RED estima el vector de Costo de Operación Vehicular (COV) y el vector de Costo de Tiempo de Traslado (CT) para siete tipos de vehículos en el escenario sin proyecto (carretera en malas condiciones) y con proyecto carretero. Los siete tipos de vehículos considerados son: auto, pickup, bus, camión ligero, camión mediano, camión pesado y camión articulado.

Para el caso del proyecto ferroviario, el cálculo de los costos de operación vehicular se obtuvo asumiendo los costos de las tarifas de pasajeros y de carga de otros proyectos ferroviarios peruanos y de otros países, como Argentina, Bolivia y Chile. La información obtenida indica que la tarifa más frecuente por pasajero/km es de US\$ 0,03, mientras que la tarifa más frecuente de carga es de US\$ 0,09 por tonelada/km. Estas tarifas se utilizan para hallar los costos de operación vehicular por tipo de vehículo bajo el escenario ferroviario.¹⁷

Por otro lado, los costos de tiempo de traslado para el proyecto ferroviario se estimaron definiendo una velocidad promedio de 80 km/h para el ferrocarril, transformando la estructura vehicular en una estructura de capacidad de carga y personas (para estimar la capacidad de material rodante), y considerando el valor del tiempo de los pasajeros y la carga, según los mismos parámetros utilizados para el escenario con carretera. La Tabla 6 muestra los costos de operación vehicular y tiempo de transporte estimados para ambos proyectos. A partir de estos costos, se calcularon los beneficios de los escenarios de los proyectos carretero y ferroviario.

¹⁷ Cabe enfatizar que el tráfico considerado en el escenario ferroviario está expresado, para fines comparativos, en una estructura vehicular que tiene una determinada capacidad para transportar pasajeros y toneladas, dependiendo del vehículo en cuestión.

TABLA 6: COSTO DE OPERACIÓN VEHICULAR Y COSTO DEL TIEMPO DE TRASLADO (US\$/VEHÍCULO-VIAJE)*, ESCENARIO BASE (SIN PROYECTO), POR TIPO DE VEHÍCULO

| Tipo de vehículo | Base (sin proyecto) | | | Carretera | | | Ferrocarril | | |
|-------------------|---------------------|--------|--------|-----------|-------|--------|-------------|-------|--------|
| | COV | CT | Total | COV | CT | Total | COV | CT | Total |
| Auto | 57,23 | 28,89 | 86,12 | 28,18 | 9,49 | 37,66 | 12,73 | 9,88 | 22,61 |
| Pickup | 70,90 | 30,08 | 100,98 | 28,70 | 9,83 | 38,53 | 12,73 | 10,16 | 22,89 |
| Bus | 221,05 | 256,22 | 477,27 | 107,90 | 92,36 | 200,26 | 169,68 | 79,22 | 248,90 |
| Camión ligero | 203,45 | 6,81 | 210,47 | 75,01 | 2,59 | 77,60 | 48,87 | 2,17 | 51,04 |
| Camión mediano | 267,91 | 6,82 | 274,73 | 85,52 | 2,89 | 88,41 | 89,08 | 2,17 | 91,25 |
| Camión pesado | 384,30 | 6,98 | 391,28 | 160,20 | 2,17 | 162,37 | 153,35 | 2,18 | 155,52 |
| Camión articulado | 467,49 | 7,97 | 475,46 | 191,19 | 2,58 | 193,77 | 311,79 | 2,17 | 313,96 |

Fuente: Elaboración propia.

*La distancia correspondiente al viaje es de 141,4 km.



{ Externalidades

Los sistemas de transporte carretero y ferroviario dan origen a distintos costos y beneficios que no son necesariamente traducidos en los precios de mercado de uso de un sistema u otro. Estos “beneficios” y “costos” que afectan a terceros, sin que estos paguen o sean compensados por ellos, son conocidos en la literatura económica como externalidades. Al representar estas externalidades costos y/o beneficios que no son capturados por los mecanismos de mercado, su omisión daría como resultado evaluaciones incompletas, que no permitirían ofrecer información necesaria para que los gobiernos y los individuos tomen decisiones adecuadas respecto a un proyecto determinado. En este sentido, la evaluación de un proyecto de transporte que no considere dichos costos puede generar una oferta de servicios inadecuada, debido a que los costos privados posiblemente serían menores a los costos sociales (Brey, 2009).

En el caso específico de un sistema de transporte, hay distintos tipos de externalidades que afectan a la sociedad. Para incluir estos costos y beneficios en el ACB de los proyectos, carretero y ferroviario, de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, se procedió a identificar las principales externalidades positivas y negativas asociadas a cada proyecto, para luego valorarlas económicamente e internalizarlas en el ACB. A continuación, se listan las externalidades que fueron consideradas (ver Tabla 7).

TABLA 7: EXTERNALIDADES CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

| Positivas | | Negativas | |
|--|---------------------------------------|--|-------------------|
| Sociales | Ambientales | Ambientales | Sociales |
| 1. Mayor acceso a servicios de educación | 1. Mayor aprovechamiento agropecuario | 1. Contaminación del aire | 1. Accidentalidad |
| 2. Mayor acceso a servicios de salud | 2. Mayor aprovechamiento forestal | 2. Deforestación (reducción de bienes y servicios ambientales): 2.1. Reducción de la producción agrícola producida por la erosión del suelo 2.2. Reducción de la provisión de agua de fuentes naturales 2.3. Reducción de la capacidad de captación y fijación de carbono | |

Fuente: Hajek y Martínez de Anguita (2012); Brey (2009); ALAF (2003).
Elaboración propia.

Las externalidades consideradas en el análisis son aquellas que fueron identificadas como las más relevantes, y cuya estimación era posible tomando en cuenta la información secundaria y primaria disponible. Otras externalidades relevantes, como la contaminación de los ríos o la pérdida de biodiversidad, no fueron consideradas por la carencia de información; no obstante, es previsible que ambas externalidades generarían costos ambientales significativos.

Externalidades positivas

a. Externalidades sociales

i. Mayor acceso a servicios de educación

La construcción de un sistema de transporte, carretero o ferroviario, representa una mayor conectividad entre centros poblados. Por ello, en los centros poblados más cercanos a los proyectos de transporte, los niños que se encuentren en edad escolar y actualmente no asisten a la escuela, tendrían mayor posibilidad de asistir a la misma, debido a que los costos y tiempos de transporte se reducirían. Aquellos niños y jóvenes que mejoren sus posibilidades de terminar la escuela, gracias a los proyectos de transporte, también podrían acceder a mejores salarios en el futuro.

La valoración de la externalidad positiva en el acceso a educación, considero a los niños y jóvenes entre 6 y 16 años que potencialmente podrían terminar sus estudios básicos (primarios y secundarios) y, por tanto, acceder a mejores fuentes de trabajo e ingresos en el futuro. La estimación se realizó en base a la siguiente ecuación:

$$\text{ExtPosEdu} = \Sigma (\text{NAE}_{\text{p,CP}} \times \text{TAE}_{\text{CP}}) \times (\text{ILACE} - \text{ILASE})$$

Donde:

NAE_{p,CP}: Número de niños y jóvenes, entre 6 y 16 años, que mejorarán su acceso a educación como consecuencia de los proyectos carretero o ferroviario.

TAE_{CP}: Tasa de asistencia escolar por centro poblado.

ILACE: Ingreso laboral anual de la población económicamente activa de la región Ucayali con educación secundaria.

ILASE: Ingreso laboral anual de la población económicamente activa de la región Ucayali sin educación.

La definición del número beneficiarios para cada uno de los proyectos de transporte considero un ámbito de influencia para cada tipo de proyecto.

- *Carretera*: Se consideraron centros poblados que se encuentran en un área de 5 kilómetros alrededor del trazo de la vía, y que no cuentan con establecimientos educativos¹⁸. A ese universo de posibles beneficiarios se aplicó la tasa de asistencia escolar de cada centro poblado, con lo que se obtuvo el total de beneficiarios.

¹⁸ El Censo Escolar 2013 identifica los centros poblados que tienen instituciones educativas (primaria y/o secundaria) con alumnos.

- *Ferrocarril*: Para el escenario del proyecto ferroviario, se hizo un cálculo similar, pero considerando los centros poblados ubicados a una distancia menor a 5 kilómetros de las estaciones ferroviarias. Se asume que las estaciones ferroviarias serían cinco, y se ubicarían en los extremos del trazo y en los centros poblados de Santa Rosa de Masisea, Abujao y 28 de Julio.

En ambos casos se considera una tasa de crecimiento poblacional de 9%, correspondiente a la proyección realizada por el MTC para la provincia de Coronel Portillo, para el periodo 2013-2023.

Con respecto a los ingresos laborales anuales, se tomó información del Ministerio de Trabajo para establecer las diferencias de ingresos entre quienes tienen y no tienen acceso a educación formal en la región de Ucayali. Para estimar el valor de los ingresos anuales de una persona, se asumió un total de 14 remuneraciones en un año, de acuerdo a las regulaciones laborales vigentes en el Perú (MTC, 2012).

Según los cálculos realizados, el proyecto carretero beneficiaría a 488 niños en un periodo de 20 años¹⁹, facilitándoles el acceso a un centro educativo. En tanto que el ferrocarril llegaría a beneficiar a 82 niños.

ii. Mayor acceso a servicios de salud

Las mejoras en el acceso a centros de salud, generadas por los proyectos de transporte, fueron valoradas indirectamente. Es decir, se calculó el ahorro del tiempo de traslado a un centro de salud, comparando los escenarios analizados (carretera y ferrocarril) con el escenario sin proyecto. Esto, asumiendo que el tiempo de traslado a un centro de salud tiene un costo de oportunidad, el cual es estimado en base al nivel de pago por jornada agrícola²⁰. La ecuación de valoración del mejor acceso a servicios de salud es la siguiente:

$$\text{ExtPosSal} = (\text{PPE} \times \text{NP}_p) \times (\text{HTP}_p \times \text{CHT})$$

Donde:

PPE: Porcentaje de personas que se han enfermado en los últimos tres meses (9,43% de personas según la encuesta de hogares realizada).

NP_p: Número de personas que viven en el ámbito de influencia de cada proyecto que no cuentan con ningún centro de salud.

¹⁹ Los cuatro primeros años analizados son de construcción; el año 8 recién se observarían los beneficios para los niños que, debido al proyecto, pudieron terminar sus estudios secundarios y que en el año 8 obtendrían, en promedio, mayores ingresos laborales por tener un nivel de educación mayor.

²⁰ Claramente, este tipo de estimación asume que la probabilidad de muerte es nula. Con mayor información, se podría estimar el porcentaje de personas que muere debido a la falta de una vía de transporte que le permita llegar a un centro de salud.

HTP_p: Horas de trabajo perdidas para trasladarse a un centro de salud en un escenario con un proyecto de transporte. Se analizaron los dos escenarios (carretera y ferrocarril) por separado.

CHT: Parámetro de costo por hora de trabajo. Se consideró el jornal agrícola promedio estimado según la encuesta de hogares realizada (US\$ 1,01 por hora de trabajo).

Para determinar el número de beneficiarios por escenario, se hizo una estimación similar a la realizada en la valoración de mayor acceso a servicios de educación. También se consideró la misma tasa de crecimiento poblacional para determinar el número de beneficiarios durante todo el periodo de análisis.

b. Externalidades ambientales

Los ecosistemas naturales, como los bosques, proveen de bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad. El aprovechamiento de los bienes y servicios del bosque está relacionado a valores de uso directo e indirecto. El valor de uso directo concierne al consumo o disfrute de recursos como madera, extracción de frutos, semillas, látex, entre otros. Mientras que el valor de uso indirecto, también conocido como valor de uso funcional, representa el valor del aprovechamiento de servicios como protección de los suelos, provisión de agua, captación y fijación de CO₂, etc. (IIAP, 2009).

La valoración de las externalidades ambientales que serían generadas por el proyecto de interconexión, se realizó a partir de la proyección de deforestación descrita a continuación.

i. Proyecciones de deforestación

Las proyecciones de deforestación se realizaron en base a mapas quinquenales de cambio de cobertura entre 1985 y 2011, además de un grupo de variables explicativas de los cambios ocurridos en el periodo mencionado. Para desarrollar el modelo de predicción en base a dicha información, se utilizó el módulo LCM (Land Change Modeler) del software IDRISI Selva (Eastman, 2012). De esta manera, se obtuvieron proyecciones para dos tipos de cambio de cobertura vegetal: cambios de bosque a áreas agrícolas, y cambios de bosque a áreas de vegetación secundaria.

Para cada cambio, se analizó el poder explicativo de 19 variables provenientes de la base de datos de la Zonificación Ecológica-Económica del Gobierno Regional de Ucayali (GOREU, 2012), y otras nueve variables que resultaron significativas: altitud, distancia a ríos, distancia a caminos, distancia a centros poblados, distancia a Pucallpa, distancia a la deforestación existente, fisiografía, sistemas ecológicos y uso actual. Con estas variables, y considerando las coberturas de 1985 y 2006, se procedió a determinar el potencial de transición para los cambios Bosque-Agricultura con una precisión de 93%, y Bosque-Vegetación secundaria con una precisión de 89%. Como resultado de esta etapa del proceso de modelación, se obtuvieron mapas del potencial de transición para ambos tipos de cambio²¹.

Una vez obtenido el modelo que explica el cambio, se procedió a la predicción de la cobertura. Para ello, se especifica una fecha de finalización (en este caso 2031), donde la cantidad de cambio, entendido como la asignación de píxeles que se modifican, son modelados a través de un “Análisis de cadena de Márkov²²”. Este cambio se puede dar bajo diferentes escenarios, los cuales pueden ser introducidos en las predicciones mediante mapas de restricciones e incentivos, que son multiplicadores o reductores del potencial de transición.

Las restricciones hacen referencia a la presencia de áreas de conservación regional y áreas inundables con aptitud baja o nula para la agricultura, mientras que los incentivos representan las preferencias por el uso de la tierra en el área de construcción de los proyectos, ya sea una carretera o una ferrovía. Además, se considera como otro incentivo la potencial preferencia por el uso del espacio “nuevo” en el área este del río Ucayali, que actualmente cuenta con muy baja intervención y población debido a que no tiene conexión terrestre con el lado oeste, situación que cambiará radicalmente con la construcción de una carretera y, en menor medida, con una vía de tren. Las restricciones por áreas de conservación y áreas inundables se aplican por igual a los escenarios sin proyecto, con carretera y con tren. Luego, existen otros incentivos diferenciados para los escenarios con carretera y con tren, que se explican más adelante.

Como se dijo, las restricciones o incentivos son multiplicadores o reductores del potencial de transición. Así, las restricciones toman valores entre 0 y 1, de modo que, al multiplicarse por la capa de potencial de transición, reducen su valor; mientras que los incentivos, como tienen valores entre 1 y 2, aumentan el valor del potencial de transición. Respecto a las restricciones por áreas de conservación, se les aplicó un valor de 0,2, de tal manera que el

²¹ Todos los mapas y mayores detalles sobre la proyección de deforestación pueden verse en el informe: *Cambio de Cobertura de la Tierra en el área de influencia del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, Perú*, CSF, 2014.

²² En la teoría de la probabilidad, se conoce como cadena de Márkov o modelo de Márkov a un tipo especial de proceso estocástico discreto en el que la probabilidad de que ocurra un evento depende solamente del evento inmediatamente anterior.

potencial de cambio en estas áreas se reduce al 20% de lo que ocurriría si no existiesen restricciones de uso en estos espacios. Por otro lado, a las áreas de humedales se les aplico valores de 0,1, que reducen al 10% el potencial de uso; si bien en algunos casos este potencial puede ser nulo, se observan algunas áreas de humedales, o cercanas a estos, que sufren cambios.

Las proyecciones se desarrollaron bajo tres diferentes escenarios:

- *Escenario sin proyecto*: Se asume que no se construye la carretera ni la vía del tren. Este es el escenario base que sirve para comparar el impacto de los dos proyectos propuestos. Solamente se toman en cuenta las restricciones actuales que se dan por la existencia de áreas de conservación y áreas inundables.
- *Escenario con carretera*: Se asume que la carretera estará construida en 2016, y que existe un incentivo mayor para deforestar cerca del trazo principal. Además, se consideran las restricciones por áreas de conservación y áreas de humedales, por un lado, y el incentivo por migración hacia el lado este del río, por otro. Para este escenario, además de las restricciones del escenario sin proyecto, se aplicaron incentivos que están en función a la distancia a partir del eje del proyecto de carretera, además de la posibilidad de migración.
- *Escenario con tren*: Se asume que la vía del tren estará abierta a partir de 2016, y existe un incentivo para deforestar más cerca de las estaciones propuestas, tanto al inicio y al fin de la vía, como alrededor de estaciones intermedias, que se ubican de manera aproximadamente equidistante en Santa Rosa de Masisea (km 35), Abujao (km 66) y 28 de Julio (km 102). Además, se toman en cuenta las restricciones por áreas de conservación y áreas de humedales, así como el incentivo por migración hacia el lado este del río. En este escenario, además de las restricciones del escenario sin proyecto, se aplicaron incentivos que están en función a la distancia a las estaciones propuestas (a menor distancia, mayores incentivos).

Como resultado de la modelación del cambio de la cobertura vegetal, se puede observar que el total de hectáreas adicionales afectadas (áreas deforestadas más áreas con vegetación secundaria) bajo el proyecto carretero es de 22.618 ha; mientras que bajo el proyecto ferroviario se proyecta un total de 7.495 ha afectadas para el año 2031 (ver Tabla 8).

TABLA 8: CAMBIOS ADICIONALES DE COBERTURA EN LOS ESCENARIOS CON CARRETERA Y CON TREN, RESPECTO AL ESCENARIO SIN PROYECTO, PARA LOS AÑOS 2011-2031 (EN HECTÁREAS)

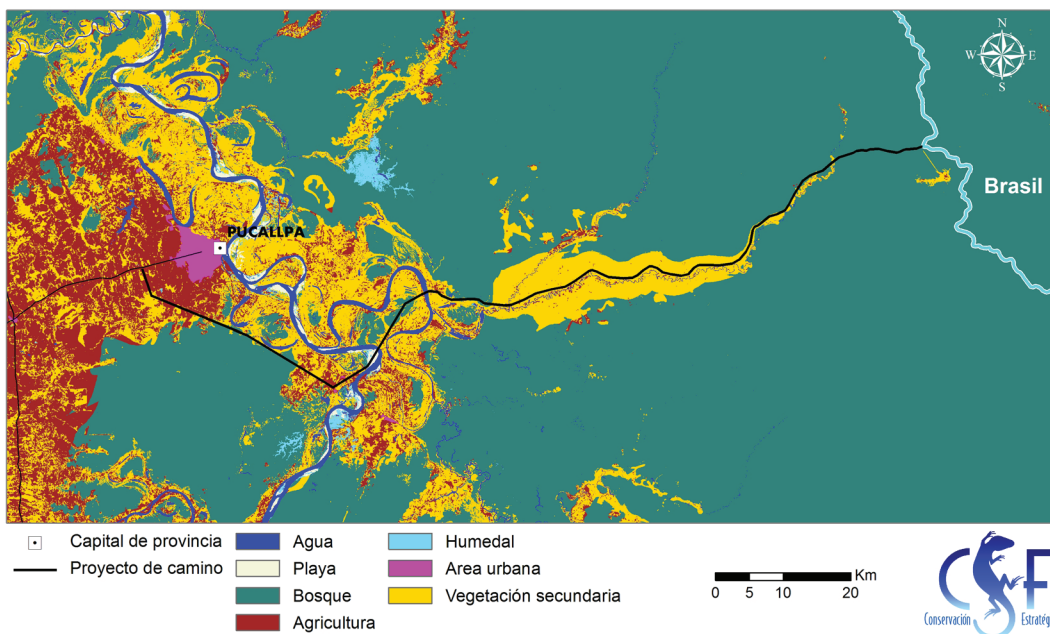
| Año | Tipo de cambio | Escenario | |
|------|-------------------------------|------------|----------|
| | | con camino | con tren |
| 2016 | Bosque-Agricultura | 234 | -219 |
| | Bosque-Vegetación intervenida | 5.869 | 4.566 |
| 2021 | Bosque-Agricultura | -1.576 | -1.723 |
| | Bosque-Vegetación intervenida | 90 | 49 |
| 2026 | Bosque-Agricultura | -1.472 | -1.472 |
| | Bosque-Vegetación intervenida | 6.584 | 1.315 |
| 2031 | Bosque-Agricultura | -1.579 | -1.794 |
| | Bosque-Vegetación intervenida | 10.075 | 1.565 |

Fuente: Elaboración propia.

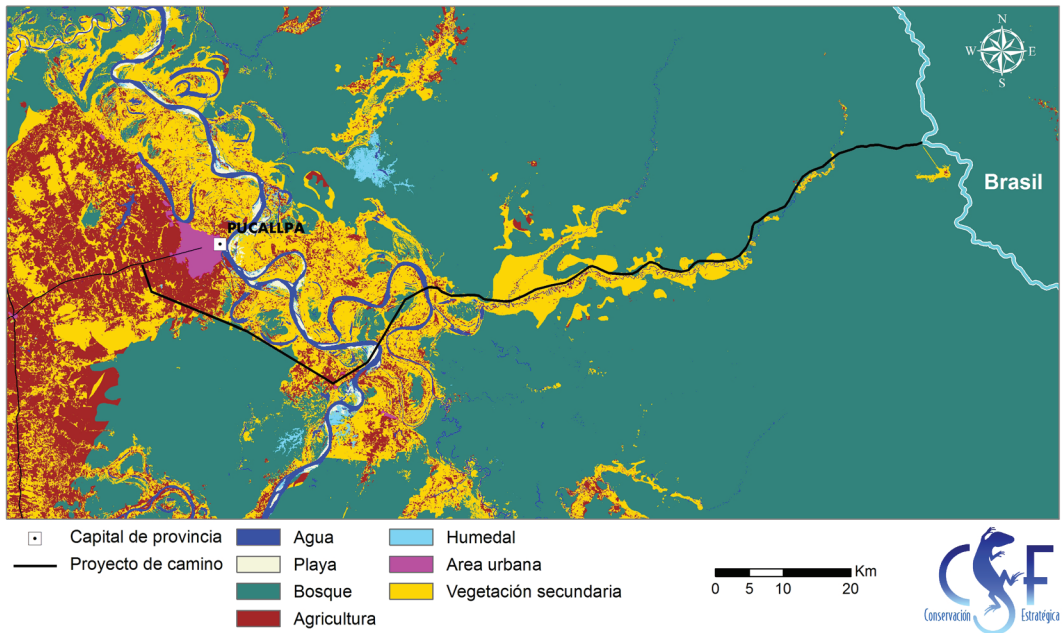
Los valores correspondientes al tipo de cambio Bosque-Agricultura están contabilizados en los valores descritos para el tipo de cambio Bosque-Vegetación intervenida.

Los cambios que se muestran en la tabla precedente ocurren en mayor medida alrededor del eje del camino propuesto o la vía de tren, tal como se muestra en los Mapas 3, 4 y 5.

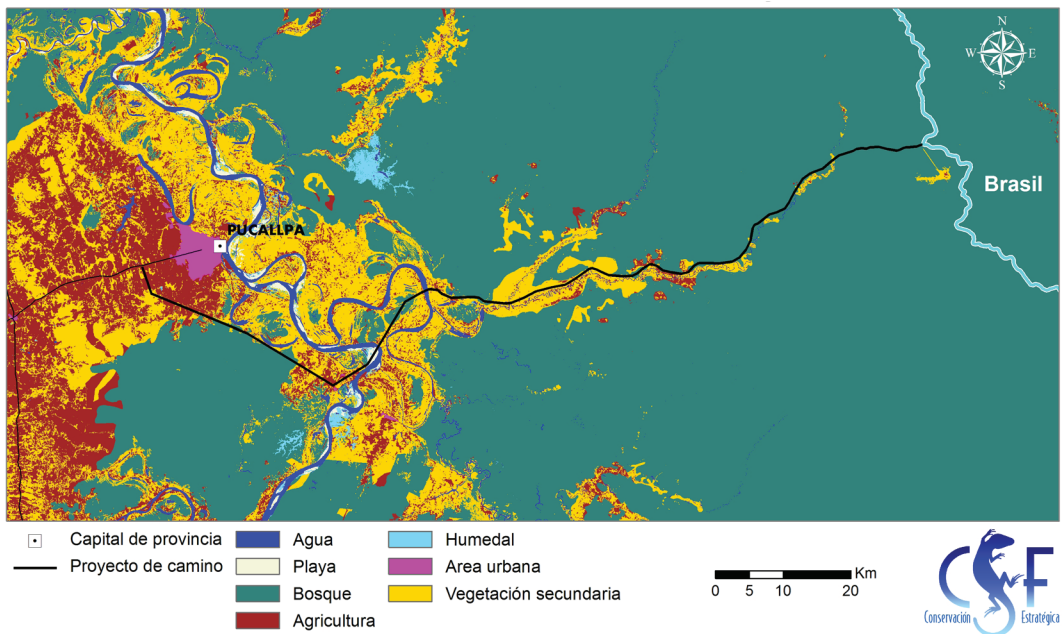
MAPA 3: COBERTURA PROYECTADA AL AÑO 2031 BAJO EL ESCENARIO SIN PROYECTO



MAPA 4: COBERTURA PROYECTADA AL AÑO 2031 BAJO EL ESCENARIO CON CARRETERA



MAPA 5: COBERTURA PROYECTADA AL AÑO 2031 BAJO EL ESCENARIO CON FERROCARRIL



ii. Aprovechamiento de producción agropecuaria

La deforestación que sería provocada por los proyectos de transporte estaría relacionada a un mayor acceso a tierras, lo cual facilita el uso de nuevas superficies para actividades agropecuarias. La superficie deforestada que se consideró para la valoración de esta externalidad es la que se debe exclusivamente al proyecto. Es decir, se excluye la deforestación que ocurriría de todas maneras bajo el escenario sin proyecto.

La rentabilidad considerada para la valoración de la externalidad es el promedio de la rentabilidad agrícola y pecuaria. La rentabilidad agrícola representa el promedio de la rentabilidad de cuatro tipos distintos de trayectorias agrícolas de producción, las cuales, a su vez, combinan distintos tipos productos agrícolas (permanentes y transitorios). Bajo esas consideraciones, el promedio de la rentabilidad agrícola en la zona de estudio, expresado en VAN, es de US\$ 9.365,88, para un periodo de 20 años. Por otro lado, la rentabilidad pecuaria para el mismo horizonte de tiempo es de US\$ 13.244,8. Así, el promedio ponderado de la rentabilidad agropecuaria es de US\$ 11.305,3, utilizando una tasa social de descuento de 9%. Estas rentabilidades fueron estimadas a partir de los datos de la encuesta de hogares.

La valoración de la externalidad positiva del mayor aprovechamiento agropecuario se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{ExtPosAgrop} = \text{HDA}_p \times \text{PRAG}$$

Donde:

HDA_p: Hectáreas deforestadas acumuladas según tipo de proyecto (se asume que el total de las hectáreas netas deforestadas tienen potencial de ser destinadas a actividades agropecuarias).

PRAG: Promedio de la rentabilidad agropecuaria.

iii. Aprovechamiento de productos forestales maderables

La madera que sería extraída debido al mejoramiento de las condiciones de acceso, podría comercializarse en distintos mercados. Según la información obtenida de la encuesta de hogares, entre las especies forestales más rentables en la región figuran la cumala, bolaida, quinillas y el mashimango. La rentabilidad promedio por hectárea de la actividad asciende a US\$ 15.034,12, expresada en VAN, para un horizonte de 20 años. A continuación, se muestra la fórmula mediante la cual se valorarán los productos maderables:

$$\text{ExtPosMad} = \text{NHDiP} \times \text{RFMH}$$

Donde:

NHDiP: Número de hectáreas deforestadas en el año *i* y bajo el proyecto *p*.

RFMH: Rentabilidad forestal maderable por hectárea para un periodo de 20 años.

Externalidades negativas

a. Externalidades ambientales

Esta sección describe algunas de las externalidades ambientales negativas que serían generadas por los proyectos. Otras externalidades ambientales previsibles, como la contaminación sonora, hídrica, los efectos de la vibración, etc., no se incluyen en este análisis por cuestiones metodológicas y restricciones de tiempo. En todo caso, su consideración resultaría en costos sociales mayores para ambos proyectos.

i. Contaminación del aire

Esta externalidad se produce por la emisión de elementos contaminantes que resultan de la operación de vehículos automotores o máquinas ferroviarias. Entre los principales elementos contaminantes se encuentran el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles (ALAF, 2003). A pesar de que el impacto de los gases contaminantes tiene un efecto en la población mundial, pues contribuyen al calentamiento global, en este caso se considera solo el efecto de la contaminación atmosférica en la población que habita y transitaría el espacio de influencia de los proyectos de transporte.

La Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF) propone, en su *Manual de Valorización de las Externalidades del Transporte Terrestre* (ALAF, 2003), la fórmula y los parámetros para la valoración de la contaminación del aire para ambos tipos de proyectos:

$$\text{ExtNegContAire} = \text{PCC}_{\text{PC}} \times \text{UKR}_{\text{C}} \times \text{FADP}$$

Donde:

PCC_{PC}: Parámetros de costo de contaminación por tipo de proyecto de transporte y tipo de carga, que valora la contaminación del aire (expresados en dólares americanos por cada 1.000 toneladas-kilómetros opasajeros-kilómetros recorridos).

UKR_C: Unidades de kilómetros recorridos, expresado en toneladas-kilómetros o pasajeros-kilómetros, según el tipo de carga (expresado en miles).

FADP : Factor de ajuste calculado a partir de la diferencia de densidad poblacional existente entre los países europeos tomados como base del estudio de International Unión of Railways (UIC), con respecto a la población de la provincia de Coronel Portillo, donde se ubica el proyecto de interconexión. Así, FADP es equivalente a $L/152,5$, donde L representa la densidad poblacional de la provincia de Coronel Portillo, y 152,5, la densidad poblacional de los países considerados en el estudio de la UIC (expresado en habitantes por km²).

A continuación, se muestran los parámetros de costos de contaminación por proyecto de transporte y tipo de carga, propuestos por ALAF.

TABLA 9: VALOR ECONÓMICO DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE, POR TIPO DE TRANSPORTE Y CARGA

| Tipo de Transporte | Carretera | Ferrocarril |
|---------------------------|-----------|-------------|
| Transporte de pasajeros * | 8,22 | 2,35 |
| Transporte de carga * * | 38,75 | 2,35 |

Fuente: ALAF (2003).
Elaboración propia.

*Unidades en dólares por 1.000 pasajeros-kilómetro.

**Unidades en dólares por 1.000 toneladas-kilómetro.

ii. Reducción de bienes y servicios medioambientales

En la presente sección se analizan las externalidades ambientales que son consecuencia de la deforestación. Entre las externalidades consideradas se encuentran la reducción de la provisión de agua de fuentes naturales, la reducción de la productividad agrícola por la erosión de la tierra y la reducción de la captación y fijación de carbono. Como en el caso de las externalidades positivas relacionadas a la expansión de superficie de aprovechamiento agropecuario y forestal, las siguientes estimaciones consideran la deforestación adicional neta que sería generada por cada tipo de proyecto. La valoración de estas externalidades consideró un horizonte temporal de 20 años, tomando en cuenta que la deforestación ocurrirá también durante los años de construcción.

- *Reducción de la provisión de agua de fuentes naturales*

Los servicios ecosistémicos relacionados con la regulación y la calidad del agua provienen de ecosistemas que proporcionan una gran variedad de funciones hidrológicas importantes para el bienestar humano; dichas funciones se convierten en bienes y servicios ecosistémicos cuando son valoradas en términos del bienestar y desarrollo que proporcionan a la sociedad (MEA, 2005). La regulación del ciclo hidrológico es uno de los servicios ecosistémicos de mayor impacto en el mundo, y su perturbación ha incidido, en mayor medida, sobre la población más vulnerable, la cual depende del servicio para obtener agua potable, hidroenergía o riego (Martínez *et ál.*, 2010).

La deforestación altera la regulación hídrica de los ecosistemas que son afectados. La alteración de la regulación hídrica, a su vez, puede afectar la calidad y cantidad de agua proveniente de fuentes naturales, como ríos, manantiales, etc. Debido a que una parte significativa de la población situada en el área de influencia de los proyectos de transporte se abastece de agua proveniente de fuentes naturales, la afectación de estas provocaría que la población incurra en gastos adicionales de acarreo de agua, es decir, costos adicionales para el abastecimiento.

La valoración de la reducción de la provisión de agua de fuentes naturales es estimada a través del método planteado en el estudio de la Sociedad Peruana de Ecodesarrollo y Blue Moon Foundation (2014), aplicado al distrito Nueva Requena de la Provincia de Coronel Portillo. En dicho estudio se utiliza el método de costos de oportunidad para valorar las pérdidas ocasionadas por el uso alternativo.

Para determinar el número de centros poblados y de familias que serían afectadas por cada uno de los proyectos, se utilizó la proyección de deforestación. A mayor cantidad de hectáreas deforestadas, como es el caso del proyecto carretero, se afectará más centros poblados, y como resultado, más familias tendrán que incurrir en gastos adicionales para poder abastecerse de agua. Para establecer el número de familias por centro poblado afectado por la deforestación, se consideró la información del Censo Nacional y la proyección de población realizada por el INEI (2013).

La Tabla 10 describe el promedio del consumo de agua por familia para el distrito de Nueva Requena, así como los costos de acarreo de agua considerados para la valoración.

TABLA 10: INDICADORES PARA LA VALORACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA REGULACIÓN HÍDRICA

| Indicadores | Unidad | Carretera o Ferrocarril |
|--|---------------------|--------------------------------|
| Consumo por vivienda (zonas rurales y pequeñas ciudades) | m ³ /mes | 20 |
| Costo acarreo de agua al mes por familia | soles | 198 |
| Costo total de agua al año por familia | soles | 2.381 |
| Tipo de cambio promedio 2012 | S/. /1 US\$ | 2,63 |

Fuente: Sociedad Peruana de Ecodesarrollo y Blue Moon Foundation (2014).

Una vez seleccionados los centros poblados que serían afectados por cada proyecto, se estableció el número de familias por proyecto (1.710 y 797 familias bajo los escenarios carretero y ferroviario, respectivamente). El número de familias afectadas se estimó asumiendo que, según la encuesta de hogares, el 84% de las familias acceden actualmente a fuentes naturales de agua. Finalmente, se multiplicó el número de familias por el costo total anual de acarreo de agua. Se estimó que las familias afectadas se incrementarán a una tasa de 0,9% anual, en consideración a la tasa de crecimiento poblacional.

La ecuación de valoración de la reducción de la provisión de agua de fuentes naturales es la siguiente:

$$\text{ExtPosRegHidr} = \text{NFA}_p \times \text{CAA}$$

Donde:

NFA_p: Número de familias afectadas por la deforestación y la consecuente reducción de acceso a agua proveniente de fuentes naturales, según tipo de proyecto.

CAA: Costo anual de acarreo de agua por familia (se asume el costo para acceder a la misma cantidad de agua a la que accede antes de los proyectos de transporte).

- *Reducción de la productividad agrícola por la erosión de la tierra*

La erosión de la tierra, causada por la deforestación y las lluvias, provoca que los sedimentos que se forman sean arrastrados a los ríos (en este caso al río Ucayali), pudiendo afectar los embalses de los mismos (León, 2007). Al encontrarse el suelo expuesto, o con un menor grado de cobertura vegetal, la lluvia afecta la cohesión que tienen las partículas del suelo mediante el desgaste del mismo, provocando que este no sea igual de productivo. Esta externalidad es valorada en el estudio de Valoración de bienes y servicios ambientales perdidos por la deforestación en Tamshiyacu (Loreto) y Nueva Requena (Ucayali), llevado a cabo por la Sociedad de Ecodesarrollo y Blue Moon Foundation (2014). En dicho estudio se muestra que la erosión de la tierra puede generar una pérdida anual de hasta 5,27% en la rentabilidad agrícola. Tomando dicha información y multiplicándola por la rentabilidad agrícola en la zona de influencia de los proyectos de interconexión, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 11: REDUCCIÓN DEL VALOR DE PRODUCCIÓN NETA ANUAL POR LA EROSIÓN

| | |
|--|---------------|
| VAN de la rentabilidad agrícola promedio por hectárea (horizonte de 20 años) | US\$ 9.365,88 |
| Factor de pérdida de productividad agrícola por hectárea | 5,27% |
| Valor de la pérdida de la productividad agrícola por hectárea | US\$ 493,62 |

Fuente: Elaboración propia.

La valoración de la pérdida de producción agrícola por la erosión se realizó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{ExtNegErosión} = \text{HDA}_p \times \text{VPPA}$$

Donde:

HDA_p: Número de hectáreas deforestadas acumuladas, según tipo de proyecto.

VPPA: Valor de la pérdida de la productividad agrícola por la erosión del suelo por hectárea.

- *Reducción de la captación y fijación de carbono*

Los bosques proveen un servicio ecosistémico fundamental relacionado a la captura y fijación del carbono en la biomasa del bosque (León, 2007). El proceso de conversión de tierras forestales a no forestales no solo afecta el contenido del carbono por la remoción de la biomasa acumulada en la vegetación, sino también la cantidad de carbono liberado a la atmósfera.

Para determinar cuánto dióxido de carbono se emitiría por la deforestación resultante de los proyectos de transporte, primero se realizó un análisis de la biomasa existente en la superficie que sería deforestada, obteniéndose el flujo del cambio de biomasa por cada proyecto. En la Tabla 12 se observa el flujo de la variación de biomasa según proyecto y tipo de uso de tierra, para el periodo de análisis.

TABLA 12: VARIACIÓN DE LA BIOMASA POR TIPO DE PROYECTO Y CAMBIO DE USO DE SUELO (TM)

| Proyecto | Cambio de uso de suelo | 2011-2016 | 2016-2021 | 2021-2026 | 2026-2031 |
|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Carretera | Bosque | -21.347.006 | 20.972.723 | -24.511.935 | -13.540.538 |
| | Agricultura | 824.004 | -6.907.546 | 1.159.721 | -1.218.194 |
| | Vegetación secundaria | 20.523.002 | -14.065.177 | 23.352.214 | 14.758.732 |
| Ferrocarril | Bosque | -16.778.096 | 16.536.963 | -5.054.953 | -1.482.617 |
| | Agricultura | -721.524 | -5.800.743 | 820.029 | -1.193.194 |
| | Vegetación secundaria | 17.499.620 | -10.736.220 | 4.234.924 | 2.675.811 |

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se convirtió el flujo de biomasa a toneladas de carbono y a toneladas de dióxido de carbono, para poder determinar las emisiones netas totales y proceder a la valoración, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{ExtNegRedCFC} = \text{RBA}_p \times \text{FCBC} \times \text{FCDC} \times \text{PTDC}$$

Donde:

- RBA_p**: Biomasa acumulada que se reduce bajo el escenario *p*.
- FCBC**: Factor de conversión de biomasa a toneladas de carbono.
- FCDC**: Factor de conversión de toneladas de carbono a toneladas de dióxido de carbono.
- PTDC**: Precio por tonelada de dióxido de carbono en el Mercado Voluntario (US\$ 7,8/tCO₂e, de acuerdo al Ecosystem Marketplace y Bloomberg New Energy Finance, 2013).

b. Externalidades sociales

i. Accidentalidad

Los accidentes que puedan producirse en el desarrollo de operaciones de ambos proyectos de transporte, también representan una externalidad negativa. Esto se debe a que los accidentes generan pérdidas económicas, como daños humanos y materiales, inasistencia temporal o permanente al trabajo, etc. La valoración económica de esta externalidad, para cada tipo de proyecto, demanda realizar previamente estimaciones respecto a: índices de accidentalidad; costos directos e indirectos asociados a los accidentes y; probabilidades de ocurrencia.

- *Índices de accidentalidad*

La valoración de los costos generados por los accidentes requiere de estadísticas de ocurrencia de los mismos. Debido a la falta de índices oficiales de accidentalidad y mortalidad para zonas rurales en el Perú, para el caso de la carretera se consideraron estadísticas oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, respecto al número de accidentes ocurridos en el Departamento de Ucayali. A esas estadísticas, se aplicó la distribución porcentual según tipo de accidentes (fatales y no fatales), a nivel nacional, para el 2012. Obtenido el número de accidentes fatales, se estimaron los índices de accidentalidad y mortalidad aplicando las siguientes fórmulas:

$$IA_c = [NANF / (ITD \times 365 \times Km)] \quad \text{y} \quad IM_c = [NAF / (ITD \times 365 \times Km)]$$

Donde:

- IA_c**: Índice de accidentalidad (sin decesos) para la carretera.
- IM_c**: Índice de mortalidad para la carretera.
- NANF**: Número de accidentes no fatales.
- NAF**: Número de accidentes fatales.
- ITD**: Índice de tráfico diario.
- Km**: Distancia en kilómetros.

Por otro lado, para el caso del ferrocarril, se consideraron estadísticas oficiales de número de decesos y heridos, así como la cantidad de toneladas por kilómetro de distintas empresas ferroviarias en el Perú. En base a los promedios, se estimaron los índices de accidentalidad y mortalidad para el caso del ferrocarril de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$IA_T = [ND / (Ton/Km)] \quad y; \quad IM_T = [NH / (Ton/Km)]$$

Donde:

IA_T: Índice de accidentalidad (sin decesos) para el tren.

IM_T: Índice de mortalidad para el tren.

ND: Número de decesos.

NH: Número de heridos.

Los índices de accidentalidad estimados para cada tipo de proyecto son:

TABLA 13: ÍNDICES DE ACCIDENTALIDAD POR PROYECTO

| Tipo de índice | Carretera (veh-km) | Ferrocarril (ton-km) |
|--------------------------|--------------------|----------------------|
| Índice de accidentalidad | 0,00025963 | 0,00000527 |
| Índice de mortalidad | 0,00011044 | 0,00000001 |

Fuente: MTC (2010); ALAF (2003).
Elaboración propia.

- *Costos directos e indirectos asociados a la ocurrencia de accidentes*

Estos costos se estimaron a partir del estudio realizado por Bambarén (2001). Este estudio, propone que los costos directos son aquellos que están relacionados a la estancia hospitalaria y a los tratamientos de curación, mientras que los costos indirectos están asociados a la pérdida de producción futura, debido a muerte o reducción de producción futura.

La estimación de costos indirectos por la pérdida de producción futura por muerte, se fundamenta en el enfoque del capital humano y el supuesto de que el costo del fallecimiento prematuro de un individuo es representado por el valor presente de la producción o ingresos futuros del individuo (Ministerio de Desarrollo Social del Gobierno de Chile, 2011). Mientras que los costos indirectos por lesiones se calculan a partir de la pérdida de producción por estancia hospitalaria y el período de convalecencia de los heridos (Bambarén, 2011).

Así, a partir de los datos estimados por Bambarén, se realizó una conversión temporal y espacial de los costos, a fin de obtener dichos costos a precios constantes del 2012 y, para estimar los costos para el Departamento de Ucayali, en base a datos tomados en la ciudad de Lima. La conversión temporal se realizó considerando el Índice de Precios al Consumidor de Lima Metropolitana, mientras que la conversión espacial consideró las líneas de pobreza para Lima Metropolitana y Selva Rural. Como resultado, se obtuvieron los costos por tipo de accidente expresados en la tabla 14:

TABLA 14: COSTOS POR ACCIDENTES (UNIDADES DE US\$ A PRECIOS CORRIENTES, 2001)

| | Costos Directos | Costos Indirectos | Costo Total |
|----------------|-----------------|-------------------|-------------|
| Heridos | US\$ 1.785 | US\$ 388 | US\$ 2.173 |
| Decesos | US\$ 178 | US\$ 12.257 | US\$ 12.434 |

Fuente: Elaboración propia.

- *Probabilidad de ocurrencia*

Finalmente, otro de los factores a considerar en este cálculo está relacionado con la probabilidad de que ocurra un accidente. ALAF (2003) propone las siguientes probabilidades de ocurrencia de un accidente, que están directamente relacionadas con el volumen diario de tráfico que se observe.

TABLA 15: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ACCIDENTES VIALES, SEGUN EL VOLUMEN DE TRÁNSITO DIARIO

| IMD | Probabilidad de ocurrencia |
|----------------------|----------------------------|
| Menor o igual a 200 | 0,1 |
| Mayor de 200 a 1000 | 0,3 |
| Mayor de 1000 a 2500 | 0,5 |
| Mayor de 2500 a 5000 | 0,75 |
| Mayor a 5000 | 1,00 |

Fuente: ALAF (2003).

Así, y una vez realizadas las estimaciones previamente descritas, se estimó el valor económico de los accidentes, para cada tipo de proyecto, tal como se establece en la siguiente fórmula:

$$\text{ExtNegAcc} = \text{IA}_p \times \text{PKT} \times \text{CT} \times \text{P}_o$$

Donde:

- IA_p:** Índice de accidentalidad de decesos o heridos, según proyecto.
- PKT:** Pasajeros-kilómetros totales.
- CT:** Costo total por herido o deceso.
- P_o:** Probabilidad de ocurrencia de accidentes.



{ Análisis costo-beneficio con externalidades

La Tabla 16 describe los valores actuales netos de las valoraciones realizadas, por tipo de externalidad y según tipo de proyecto.

TABLA 16: RESULTADOS DE LAS VALORACIONES POR TIPO DE EXTERNALIDAD Y PROYECTO (EN US\$)

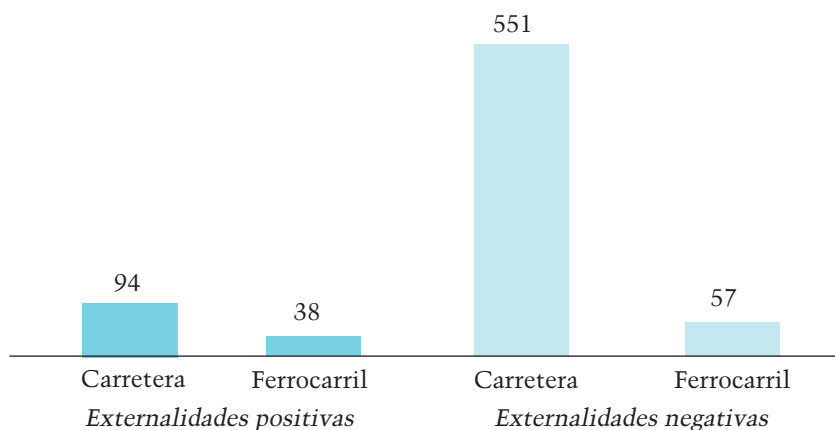
| Tipo | Externalidades positivas | | | Externalidades negativas | | |
|-------------|--|------------|-------------|--|-------------|-------------|
| | | Carretera | Ferrocarril | | Carretera | Ferrocarril |
| Sociales | Mayor acceso a servicios de educación | 2.773.808 | 468.161 | Accidentalidad | 76.177.841 | 2.466.565 |
| | Mayor acceso a servicios de salud | 11.645 | 2.454 | | | |
| Ambientales | Aprovechamiento agropecuario | 30.709.493 | 19.133.104 | Reducción de la provisión de agua de fuentes naturales | 16.338.214 | 7.613.221 |
| | Aprovechamiento de productos forestales maderables | 60.842.679 | 19.011.724 | Reducción de la producción agrícola por la erosión del suelo | 26.817.147 | 16.708.035 |
| | | | | Reducción fijación y captación de carbono | 429.470.584 | 30.826.929 |
| | | | | Contaminación del aire | 2.212.612 | 195.831 |
| Total | Externalidades positivas | 94.337.625 | 38.615.443 | Externalidades negativas | 551.016.398 | 57.810.581 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el valor económico de las externalidades positivas que serían generadas por el proyecto carretero es 2,4 veces más alto que el del proyecto ferroviario. Esto se debe, principalmente, a que la carretera facilita el acceso a servicios de salud y educación a un número mayor de beneficiarios y, por otro lado, la carretera conlleva una superficie mayor de deforestación, lo que hace que los valores por aprovechamiento agropecuario y forestal sean superiores.

No obstante, el valor de las externalidades negativas que serían generadas por la carretera es casi 9,5 veces mayor que el del ferrocarril. La diferencia entre el valor total de las externalidades negativas de uno y otro proyecto responde al hecho de que el 86% del valor de las externalidades negativas está directamente relacionado con la deforestación, la cual sería mayor en el caso de darse el proyecto carretero.

GRÁFICO 2: VALORES ECONÓMICOS TOTALES DE LAS EXTERNALIDADES POSITIVAS Y NEGATIVAS PARA LOS ESCENARIOS CON CARRETERA Y FERROCARRIL (EN US\$)



Fuente: Elaboración propia.

Analizando el valor de las externalidades positivas y negativas de cada alternativa de transporte, se observa que, en el caso de la carretera, las externalidades negativas serían 5,84 veces mayores que las externalidades positivas, mientras que en el proyecto ferroviario, esta relación alcanza solo a 1,5 veces. El Gráfico 2 ilustra esa situación.

A pesar de que el proyecto ferroviario generaría menos externalidades positivas, debido a su característica de acceso restringido, también evitaría que las externalidades negativas sean más grandes, en comparación a las que generaría el proyecto carretero. Así, los beneficios (costos) netos de las externalidades generadas por el proyecto carretero alcanzarían un valor económico de US\$ -456,7 millones, en valor presente neto. Para el proyecto ferroviario, ese valor sería de US\$ -19,2 millones. Es decir, el impacto negativo que generaría el proyecto ferroviario, en términos de externalidades sociales y ambientales, representaría solo el 4% del que generaría el proyecto carretero.

Una vez cuantificadas económicamente las externalidades, se procedió a internalizar sus valores en los flujos de caja. La Tabla 17 describe los resultados alcanzados para ambas alternativas de interconexión, con y sin externalidades.

TABLA 17: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PROYECTOS CARRETERO Y VIAL, INCLUYENDO EXTERNALIDADES AMBIENTALES Y SOCIALES (VALOR ACTUAL NETO EN MILLONES DE US\$)

| Tipo de proyecto | | Con externalidades | Sin externalidades |
|----------------------|-----|--------------------|--------------------|
| Proyecto ferroviario | VAN | -682,12 | - 662,93 |
| | TIR | <0 | <0 |
| Proyecto carretero | VAN | -765,46 | -308,90 |
| | TIR | <0 | <0 |

Fuente: Elaboración propia.

En base a estos resultados, se puede concluir que ninguna de las dos alternativas de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul es económicamente viable. Si se consideran las externalidades ambientales y sociales, el proyecto menos viable y que generaría mayores pérdidas para la sociedad peruana es el proyecto carretero; pero, si se omite la cuantificación de externalidades, el proyecto menos conveniente es el ferroviario. Esta situación se presenta debido al efecto de las externalidades negativas, que en el caso de la carretera son significativamente mayores. En consecuencia, a pesar de que ninguno de los proyectos sería económicamente conveniente para la sociedad, sería menos nocivo implementar el proyecto ferroviario.

Cabe destacar que, tal como se mencionó en la descripción metodológica, el ACB de la carretera sin externalidades asume un tráfico desviado nulo. Para que el proyecto carretero sea económicamente rentable, sin consideración de externalidades, se necesitaría que 249 vehículos por día se desviarán desde el tramo entre Iñapari y Puerto Maldonado hacia la IOC, es decir, alrededor del 70% del tráfico de esa carretera. Considerando externalidades, el proyecto no llegaría a ser viable incluso si el tráfico desviado fuese equivalente al 100% del tráfico entre Iñapari y Puerto Maldonado.

Análisis de sensibilidad del proyecto vial sin consideración de externalidades

Este análisis tiene como finalidad determinar los valores necesarios para una lista de variables, de tal manera que el VAN del proyecto vial sea igual a 0. El análisis se realiza de forma independiente, es decir, variable por variable. En la siguiente tabla se puede observar las variables, su valor actual y el valor que requieren para que el VAN del proyecto sea 0. Cabe enfatizar que en este tipo de análisis se considera un escenario de tráfico desviado nulo.

TABLA 18: VALORES INTERCAMBIADOS PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO CARRETERO (VAN=0)

| Variables | Valor actual | Valor para que VAN=0 | Cambio % |
|---|--------------|----------------------|----------|
| Tráfico normal | 10 | 393 | 3,828 |
| Tráfico generado | 3 | 532 | 17,624 |
| Rugosidad del proyecto base en temporada de sequía | 25 | (+) Fuera de escala | - |
| Rugosidad del proyecto alternativo en temporada de sequía | 3 | (-) Fuera de escala | - |
| Costo económico de inversión (US\$/km) | 2,535 | -312.1 | -112.3 |
| Costo económico de mantenimiento (US\$/km/año) | 9.9 | -21.6 | -319.3 |

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 18, las variables deben cambiar en gran medida para que el VAN sea cero. En cuanto al tráfico normal de vehículos por día, se observa que, para obtener un VAN igual a cero se requerirían 393 vehículos/día. Por otro lado, el tráfico generado es aquel originado por la reducción del costo de transporte, en este caso, se obtuvo que 532 vehículos de tráfico generado darían como resultado un VAN igual a cero.

De manera similar, el análisis de sensibilidad aplicado a los costos de inversión y mantenimiento dio como resultado costos negativos para que el VAN sea igual a 0. Por último, como se vio en el modelo RED, los beneficios netos se derivaban de la reducción de costos de operación vehicular (COV), los cuales, al mismo tiempo, dependían de la rugosidad de la vía (a menor rugosidad, menores costos). El análisis de sensibilidad establece que el IRI de la vía actual y del proyecto alternativo escapa de la escala IRI.

En conclusión, este análisis propone que los supuestos del modelo necesitarían cambios radicales para que el mismo sea económicamente viable, de modo que tenga como resultado una TIR mayor a 9% (necesaria para la aprobación del proyectos de inversión pública) o un VAN positivo.

Análisis de sensibilidad del proyecto ferroviario sin consideración de externalidades

A través de este análisis, se establecieron las variaciones que tendrían que ocurrir en ciertas variables para que el VAN del proyecto ferroviario sea igual a 0. Al igual que en el caso de la carretera, este análisis se realizó de forma independiente, es decir, variable por variable. La siguiente tabla muestra la magnitud de las variaciones que tendrían que darse en las variables seleccionadas.

TABLA 19: VALORES INTERCAMBIADOS PARA EL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO FERROVIARIO (VAN=0)

| Variables | Cambio % |
|--|----------|
| Beneficios (reducción de costos de transporte) | 720 |
| Monto de inversión | -15,8 |
| Costo de mantenimiento | -10,7 |

Fuente: Elaboración propia.

Los datos de la Tabla 19 indican que las variables seleccionadas deberían sufrir cambios significativos para que el VAN sea igual a cero. Los beneficios que serían generados por el proyecto, debido a la reducción de COV y CT, tendrían que incrementarse en más de 700%, la inversión reducirse en casi 16 veces y los costos de mantenimiento ser 10 veces menores. Al igual que en el caso de la carretera, se requerirían de variaciones significativas en las variables clave para que el proyecto ferroviario se torne viable.



{ Conclusiones

El análisis económico de las alternativas carretera y ferroviaria para la interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul es importante, a fin de evitar que la construcción de obras de infraestructura en ecosistemas frágiles se realice sin demostrar la existencia de un beneficio neto social positivo (Glave et ál., 2012).

El presente estudio concluye que el proyecto carretero sería económicamente eficiente si más del 70% del tráfico de la Interoceánica Sur del tramo Iñapari-Puerto Maldonado fuera desviado por la Interoceánica Centro. Es decir, se necesitaría que alrededor de 249 vehículos diarios, que no pertenezcan al tráfico local, se desvíen y tomen la carretera Pucallpa-Cruzeiro do Sul como alternativa. Esto, sin considerar los impactos ambientales y sociales del proyecto. Si se incluye el valor económico de tales impactos, el proyecto vial no sería económicamente eficiente, incluso si todo el tráfico del tramo Iñapari-Puerto Maldonado fuese desviado hacia la IOC.

En el caso del proyecto ferroviario, las estimaciones realizadas sugieren que, como en el caso de la carretera, aun sin internalizar los costos socio-ambientales, el proyecto no es económicamente eficiente, debido a los altos costos de inversión y la reducida demanda de transporte proyectada. Esta situación se agrava cuando se consideran los costos socio-ambientales, los cuales, pese a ser significativamente menores a los del proyecto carretero, no dejan de incidir negativamente en el balance neto de la alternativa ferroviaria.

Al estimar el valor de las externalidades para ambos proyectos de interconexión, se obtuvo como resultado que las externalidades negativas serían más grandes que las externalidades positivas en los dos casos. Sin embargo, se observó que el valor de las externalidades negativas del proyecto ferroviario representa solo el 10% del valor de las mismas externalidades del proyecto carretero.

Asimismo, se observa que las externalidades positivas del proyecto ferroviario representan algo más del 40% de las del proyecto carretero; no obstante, esta ventaja del proyecto carretero respecto a las externalidades positivas no compensa la desventaja de este respecto a las externalidades negativas. Es decir, las externalidades netas negativas del proyecto ferroviario (US\$ -19,2 millones) representan solamente el 3,9% del valor de las externalidades netas negativas de la carretera (US\$ -456,7 millones).

La consideración de la valoración de las externalidades en ambos proyectos permite comparar la viabilidad económica y socio-ambiental de un proyecto sobre el otro. En este caso, se obtuvo que ambos proyectos son económicamente inviables. Sin embargo, en base al resultado de la estimación de las externalidades, se puede concluir que el proyecto ferroviario generaría menos pérdidas para la sociedad peruana, aunque las pérdidas ocasionadas por esta alternativa serían, de todas formas, significativas.

Finalmente, el VAN negativo del proyecto ferroviario representa casi el 90% del VAN del proyecto carretero (incluyendo externalidades). Esta diferencia seguramente sería mayor si se hubiese valorado económicamente otro tipo de impactos sobre los bienes y servicios ecosistémicos, pero, con la contabilización realizada, no se llega a observar una diferencia significativa entre ambos proyectos. Por ese motivo, si se decide implementar alguno de los proyectos, el proyecto ferroviario representaría optar por costos de inversión y operación mayores, a cambio de impactos ambientales y sociales menores.



{ Bibliografía

- ADIF (2009). *Internalización de Costes Externos del Transporte: Impacto en el Ferrocarril*. Madrid: ADIF.
- Aguirre, Marcela; Leguía, Daniel y Alfonso Malky (2013). *Costos de oportunidad de evitar la deforestación en el Área de Amortiguamiento de la Zona Baja de la Reserva Ecológica Cotachi Cayapas (RECC), Ecuador*. Bolivia: ConservationStrategyFund-CSF.
- ALAF (2003). *Manual de Valorización de las externalidades en el transporte terrestre: Comparación de costos entre la carretera y el ferrocarril*. Buenos Aires: ALAF – RENFE.
- Archondo-Callao, Rodrigo (2004). *“The Roads Economic Decision Model (RED) for the Economic Evaluation of Low Volume Roads”*. Software User Guide & Case Studies. SSATP Working Paper n.º78.
- Archondo-Callao, Rodrigo (1999). *“Roads Economic Decision Model (RED) for Economic Evaluation of Low Volume Roads”*. Africa Transport Technical Note. SSATP Nota n.º.18, Abril.
- Archondo-Callao, Rodrigo y AsifFaiz (1994). *“Estimating Vehicle Operating Costs”*. World Bank Technical Paper n.º 234.
- Baca, Gabriel (2010). *Evaluación de proyectos*. Sexta edición. México: McGraw Hill.
- Bambarén, Celso (2004). *Características epidemiológicas y económicas de los casos de accidentes de tránsito atendidos en el Hospital Nacional Cayetano Heredia*. Lima: Revista Médica Herediana. N° 15(1)
- Bambarén, Celso (2003). *Perfil de Seguridad Vial: Perú*. Lima: Ministerio de Educación. BCRP, Banco Central de Reserva del Perú (s.f.). *Caracterización del departamento de Ucayali*. Lima: BCRP.
- BCRP, Banco Centro de Reserva del Perú (2012). *Informe Económico y Social de la Región Ucayali 2012*. Lima: BCRP.
- BCRP, Banco Central de Reserva del Perú. *Estabilidad Monetaria: Diseño e implementación de la Política Monetario*. Lima.
- BID (2010). *El Futuro del Ferrocarril en América Latina*. Montevideo: BID.
- BANCO MUNDIAL (1998) *Road Deterioration in Developing countries: Causes and Remedies*. Estudio Político del Banco Mundial. Washington, D.C.

- Banco Mundial (1999). Documento de Evaluación de proyecto de Acceso Rural de la Monarquía de Bután. Unidad de Infraestructura de la Oficina Regional del Sur de Asia.
- Banco Mundial (2005). Notas sobre la Evaluación Económica de Proyectos de Transporte: Caminos rurales de bajo volumen de tránsito. Washington D.C: Grupo temático de economía del transporte, política y pobreza del Banco Mundial.
- Brey, Raúl (2009). Valoraciones económicas de externalidades asociadas a proyectos de transportes. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Bonifaz, José Luis, Roberto Urrunaga y Carmen Astorne (2008). Estimación de los beneficios económicos de la carretera interoceánica. Lima: CIUP, Documento de trabajo N°81.
- Cáritas (2009). Estudio diagnóstico de la actividad minera artesanal en Madre de Dios. Lima: Cáritas.
- CIAM (2012). Evaluación de la Demanda Interna de Servicios ecosistémicos en la Amazonía Peruana. Lima: CIAM.
- Consejo Sudamericano de Infraestructura y Planeamiento (2012), Plan Estratégico 2012-202.
- Conservation Strategy Fund (2014) Cambio de Cobertura de la tierra en el área de influencia del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul. Bolivia: Documento de Discusión.
- Consorcio Vial Pucallpa (2011). "Estudio de preinversión a nivel de perfil para la construcción de la carretera binacional Pucallpa-Cruzeiro do Sul, en el tramo comprendido entre Pucallpa y la frontera con la República Federativa del Brasil". Encargado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Viceministerio de Transportes - Provías Nacional.
- Contraloría General de la República (2006). Manu: Auditoría de Gestión Ambiental al INRENA respecto al Parque Nacional del Manu. Lima: Contraloría General de la República.
- Corporación para el desarrollo del Ferrocarril del Carare (2009). Estudio Técnico, de logística y de mercado y la estructuración financiera económica del Ferrocarril Carare.
- Correa, Francisco y David Osorio (2011). Valoración Económica del Ruido: Una revisión analítica de los estudios. Medellín: Universidad de Medellín.

COVISUR (2006). Estudio Definitivo de Impacto Socio Ambiental para el mantenimiento, rehabilitación y el mejoramiento de la interconexión vial Iñapari- Puerto Marítimo del Sur. Tramo N°6: Puerto Matarani- Azángaro, Puerto Ilo- Juliaca. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Departamento de Investigación y Documentación Parlamentaria de Perú (2011). El Sistema Ferroviario Peruano y sus planes.

Diario Gestión, 2014. China propone trabajar con Perú y Brasil en construcción de ferrocarril transcontinental. Diario Gestión. Sección Política, Lima, Perú: 16 de Julio. Disponible en:<<http://gestion.pe/politica/china-propone-trabajar-peru-y-china-construccion-ferrocarril-transcontinental-2103133>.> [consulta: 18 de setiembre de 2014]

DFID, Department for International Development (2005). Overseas Road Note 5: A guide to road Project appraisal. Reino Unido: DFID.

Dourojeanni, Marc (2002) Impactos Socioambientales Probables de la Carretera Transoceánica (Rio Branco - Puerto Maldonado - Ilo) y la Capacidad de Respuesta del Perú. En: La Integración Regional entre Bolivia, Brasil y Perú 2002 Ed. por Allan Wagner y Rosario Danta Gadea Duarte CEPEI, Lima pp. 311-322. Boletín CF + S N° 19, Instituto Juan de Herrera, Madrid.

Dourojeanni, Marc (2006). "Estudio de caso sobre la carretera Interoceánica en la Amazonía sur del Perú". Bank of Information Centre.

Ecosystem Marketplace a Forest Trends Initiative (2012). Developing Dimension: State of the Voluntary Carbon Markets 2012.

Environmental Economics Programme (1999). Valuing Forest: A review of Methods and applications in developing countries. Londres: International Institute of Environmental and Development.

Ernst & Young (2012). The Future of global carbon markets: The prospect of and international agreement and its impact on business.

FAS (2008). The Juma Sustainable Development Reserve Project: Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the State of Amazonas, Brasil. Manaus: Fundación Amazonas Sostenible.

- Fleck, Leonardo, Lilian Painter y Marcos Amend (2007). Carreteras y áreas protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la Amazonía boliviana. Brasil: CSF.
- Fleck, Leonardo y LiaPeñarrieta Venegas (2007). Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo. Bolivia: CSF.
- Flyvbjerg, B; Skamris, M y Soren Buhl (2004). What causes cost overrun in transporte infrastructure Projects?
- Galilea, Sergio; Reyes, Mario y Camila Sanhueza (2007). Externalidades en proyectos urbanos: saneamiento de aguas servidas y del ferrocarril metropolitano en Santiago de Chile. Santiago de Chile : CEPAL.
- Glave, Manuel y Rodrigo Pizarro (2001). Valoración económica de la diversidad Biológica y Servicios Ambientales en el Perú. Lima: INRENA.
- Glave, Manuel; Hopkins, Álvaro; Malky, Alfonso; Fleck, Leonardo (2012). Análisis económico de la carretera Pucallpa - Cruzeiro do Sul. Lima: GRADE. 84p. Avances de Investigación, N°4
- Gliessman, Stephen R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: AGRUCO-CATIE.
- GOREU-Gobierno Regional de Ucayali (2009). Plan Vial Participativo de Ucayali 2009-2018.
- GOREU-Gobierno Regional de Ucayali (2012). Zonificación Ecológica Económica.
- Guevara, Susana (2009). Ucayali: análisis de situación en población. Lima: Fondo de Población de las Naciones Unidas.
- Hajek, Frank y Pablo Martínez de Anguita (2012). ¿Gratis?: los servicios de la naturaleza y cómo sostenerlos en el Perú. Lima: Servicios Ecosistémicos Perú.
- Houghton, R.A. (2005). "Aboveground forest biomass and the global carbon balance". Global Change Biologia. Vol.11, N° 6; 945-958.

IBC, TNC y USAID, Instituto del Bien Común, The Nature Conservancy y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (2010). Ponencia “Modelamiento de escenarios de posibles rutas del Proyecto de Carretera IIRSA entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul”. Taller Binacional “Hacia un desarrollo sostenible mediante la integración fronteriza Acre – Ucayali”.

ICAA, Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (2010). Proyectos de Infraestructura en la Amazonía Andina-Plataforma informativa.

INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática (2009). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2009. Lima: INEI.

INEI (2008). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2008. Lima INEI.

INEI (2010). Perú: Análisis Etnosociodemográfico de las comunidades nativas de la Amazonía, 1993 y 2007. Lima: INEI.

INRENA, Instituto Nacional de Recursos Naturales (2002). Expediente técnico de la Zona Reservada Sierra del Divisor. Lima: INRENA.

International Union of Railways (2000). Internalisation of External Costs. Holanda

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP (2009). Valoración económica de bienes y servicios en ecosistemas de bosques inundables y de altura de la Amazonía peruana: Marco conceptual y propuesta metodológica. Iquitos: Avances Económicos N°6.

Jordán, Ricardo y Felipe Livert- Aquino (2009). Guía para decisores: Externalidades de proyectos de infraestructura urbana. Santiago de Chile: CEPAL.

Kosoy, Alexandre y Pierre Guigon (2012). State and Trends of the Carbon Market 2012. Washington D.C: Banco Mundial.

Krieger, Douglas J. (2001). Economic Value of Forest Ecosystem Services: A review. Washington D.C: The Wilderness Society.

Lang, AlineEloyse (2007). Ferrocarriles en Brasil y evaluación económica de proyectos: Una aplicación en proyectos ferroviarios. Brasilia: Universidad de Brasilia. Facultad de Tecnología.

León, Fernando (2007). El Aporte de las Áreas Naturales Protegidas a la Economía Nacional. Lima: INRENA.

- Lohmann, Larry (2012). Mercados de carbono: La neoliberalización del clima. Quito: Fundación Rosa Luxemburg.
- Mailbach, M, Schreyer C. y D. Sutter (2008). Las externalidades del transporte en Europa. Barcelona: ISTAS.
- Malky A., Ledezma J.C., Reid J. y Fleck L. (2011). El filtro de carreteras: Un análisis estratégico de proyectos viales en la Amazonía. CSF.
- Mendoza, Ginés; Betanor, Ofelia y Javier Campos (2006). Manual de evaluación Económica de Proyectos de Transporte. Washington D.C: BID.
- Metzger, Jean Paul (2001). Effects of deforestation pattern and private nature reserves on the forest conservation in settlement areas of the Brazilian Amazon. Sao Paulo: Department of Ecology. Institute of Biosciencia, University of Sao Paulo.
- Ministerio de Agricultura – MINAG (2013). Anuario de precios de productos maderables y no maderables 2012. Lima: Dirección de Información Forestal y de Fauna Silvestre.
- Ministerio del Ambiente (2010). Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Lima: Fondo Editorial MINAM.
- Ministerio del Ambiente (2012) Expediente Técnico de Parque Nacional Sierra del Divisor. Propuesta en proceso de Consulta Previa. Lima.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2004). Guía de Gestión Ambiental: Subsector Ferreo. Bogotá.
- Ministerio de Desarrollo Social (2011). Estimación de los costos sociales por fallecimiento prematuro en Chile a través del enfoque de capital humano. Santiago: División de Evaluación Social e Inversiones.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2010). Anexo SNIP 10: Parámetros de Evaluación de Proyectos de Inversión Pública. Lima: Dirección General del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2008). Ficha de Registro- Banco de Proyectos. N° 86620. Lima. Sistema Nacional de Inversión Pública.

- Ministerio de Fomento del Gobierno Peruano. Dirección General de Ferrocarril (1951). Informe F.C Tambo del Sol- Pucallpa.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Gobierno de España (2010). Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transportes.
- Ministerio de Minas y Energía de la República de Colombia (2010). Estudio Técnico Sectorial Infraestructura de Transporte Multimodal y de Logísticas integradas para el desarrollo de la industria minera en Colombia, con énfasis en puertos.
- Ministerio de Trabajo (2012). Estadísticas de la Región Ucayali; Ingreso Laboral Promedio mensual de la PEA ocupada por nivel educativo, 2004-2012. Dirección de Investigación Socio Económico Laboral. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Gobierno de Chile (2013). Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte ferroviario.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2012). Actualidad Ferroviaria en el Perú.
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile (2011). Análisis de costos y competitividad de modos de transporte terrestre de carga interurbana.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006). Información de infraestructura vial en el departamento de Ucayali. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). Plan Intermodal de Transportes: Informe Final. Lima: MTC.
- MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2010). Parámetros requeridos y opcionales para uso de HMD. Lima: MTC-Oficina General de Planeamiento y Presupuesto.
- MTC (2004). Plan Intermodal de Transporte 2004-2023. Lima: MTC.
- Orihuela, Carlos (2009). Incorporando los servicios ambientales para el análisis de costo beneficio: Una aplicación al bosque tropical. Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social.
- Ortega-P., A. García-Guerrero, C-A. Ruíz, J. Sabogal y J.D Vargas (2010). Deforestación Evitada: Una Guía REDD+ Colombia. Bogotá: Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Palomares, B. (2001). Identificación de indicadores de servicios ambientales, manejo de cuencas y ecoturismo. Apoyo a la Estrategia Nacional. Documento de Trabajo N°10. Lima, Perú.
- Pearce, David (2001). The Economic Value of Forest Ecosystems. Londres: BlackwellScience.
- Provías Nacional (2011). "Estudio de preinversión a nivel de perfil para la construcción de la carretera binacional Pucallpa-Cruzeiro do Sul, en el tramo comprendido entre Pucallpa y la frontera con la República Federativa del Brasil". Encargado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Viceministerio de Transportes - Provías Nacional.
- Railtrack (1999). Corporate Responsibility Report 1998/1999. How we are measuring up. Our statement on social and environmental issues. Londres: Railtrack.
- Ramos, Victor Hugo. Irene Burgués, Leonardo Fleck, Byron Castellanos, Carlos Albacete, Gerardo Paiz, Piedad Espinosa, J. R. (2007). Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya.
- REID, J. (2009). Incentivos para la excelencia ambiental en el desarrollo de infraestructura. ConservationStrategyFund& Corporación Andina de Fomento.
- Saatch, S., R. Houghton, J. Dos Santos A., J. Soares y Y. Yu (2007). "Distribution of the above ground live biomass in the Amazon basin". Global Change Biology: 13; 816-837.
- Seeberg-Elverfeldt, Christina (2010). Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Roma: Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP (2013). Expediente Técnico: Parque Nacional Sierra del Divisor.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – SERNANP (2009). Pagos por servicios ambientales para la conservación de bosques en la Amazonía Peruana: Un análisis de viabilidad. Lima.
- Sociedad Peruana de Ecodesarrollo y Blue Moon Foundation (2014). Valoración de los bienes y servicios perdidos por la deforestación en Tamshiyacu (Loreto) y Nueva Requena (Ucayali). Lima.

Solís, Arturo (1967). Estudio preliminar de la ruta del tramo peruano comprendido entre la ciudad de Pucallpa y la frontera con el Brasil. Lima: Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

Solís Villa, Luis (2005). Anexo de seguridad vial en los proyectos de carreteras de la Red Regional de Castilla y León. Valladolid: Dirección General de Carreteras e Infraestructura.

Solís, Arturo y Pichilingue, Hermilio (1964). Reconocimiento Pucallpa-Frontera Brasil. Lima: Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

The Nature Conservancy (2014). Cambio de Cobertura de tierra en el área de influencia del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul.

UNEP (2000). IPCC Special Report: Land Use, land-use change, and forestry: Summary for policymakers.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria – ULPGC (2000). Números índices. España.

Bases de datos

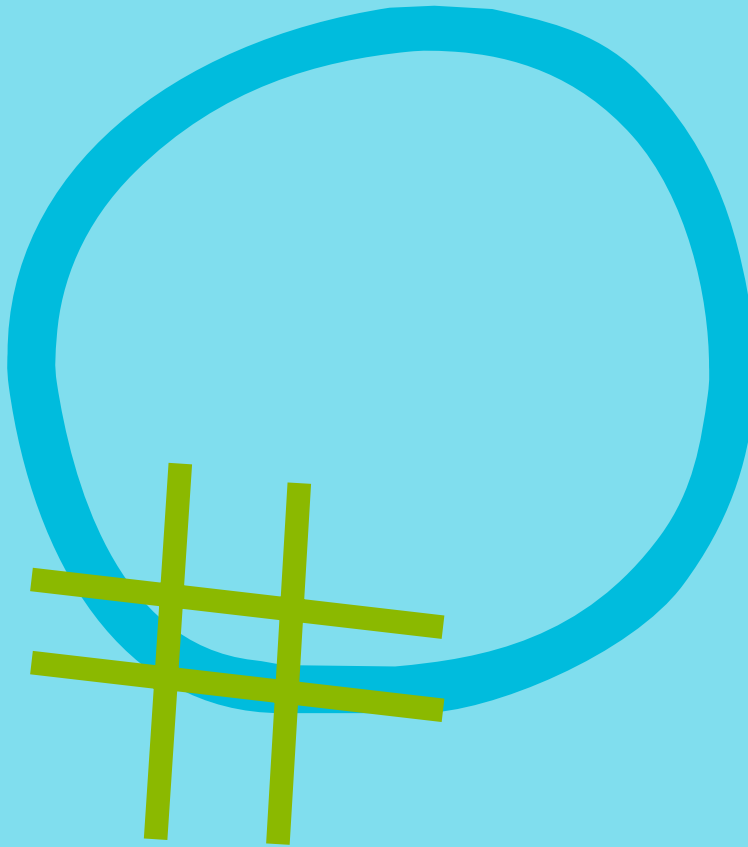
INEI<www.inei.gob.pe>.Sitio oficial con información de censos nacionales, pobreza e indicadores ambientales, sociales y económicos.

MINAGRI, Ministerio de Agricultura y Agricultura y Riego, Perú. SISAGRI-Series Históricas 2011.

MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección de Tráfico Acuático. Bases de tráfico fluvial del puerto de Pucallpa.

MTC. Estimaciones del Índice Medio Diario 2006, 2008 y 2010.

SIRTOD. Sistema Nacional de Información Regional para la Toma de Decisiones 2013.



Anexos

ANEXO 1: PARÁMETROS DE COSTOS DE TIEMPO Y NÚMERO DE PASAJEROS POR TIPO DE VEHÍCULO

| Vehículo | Número de pasajeros | Costo en tiempo por pasajero (S./pas-h) | Costo del tiempo de retención de la carga (S./veh-h) |
|-------------------|---------------------|---|--|
| Auto | 3 | 1,47 | 0 |
| Pick up | 3 | 1,47 | 0,12 |
| Bus | 40 | 0,88 | 0,12 |
| Camión ligero | 1 | 0,88 | 0,09 |
| Camión medio | 1 | 0,88 | 0,09 |
| Camión pesado | 1 | 0,88 | 0,09 |
| Camión articulado | 1 | 0,88 | 0,09 |

Fuente: MTC (2010).
Glave et ál. (2012).

| Costo económico unitario | Auto | Pickup | Bus | Camión ligero | Camión medio | Camión pesado | Camión articulado |
|--|--------|--------|--------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Nuevo vehículo (US\$/vehículo) | 12.386 | 18.009 | 87.630 | 71.070 | 87.147 | 104.901 | 120.095 |
| Combustible (US\$/litro) | 0,493 | 0,493 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | 0,593 | 0,593 |
| Lubricante (US\$/litro) | 3,946 | 3,946 | 3,946 | 3,946 | 3,946 | 3,946 | 3,946 |
| Par de neumáticos (US\$/par) | 41,70 | 70,60 | 313,70 | 126,70 | 313,70 | 393,10 | 393,10 |
| Costo laboral de mantenimiento (US\$/hora) | 2,41 | 2,41 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 |
| Tripulación (US\$/hora) | 0 | 1,03 | 3,53 | 2,07 | 2,59 | 3,02 | 3,02 |
| Tasa de interés (%) | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |

Fuente: MTC (2010).
Glave et ál. (2012).

ANEXO 2: ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO NORMAL, GENERADO E INDUCIDO, 2012-2031

| Año | Tráfico normal diario anual (veh/día) | Tráfico generado diario anual (veh/día) | Tráfico inducido diario anual (veh/día) | Total sin tráfico desviado (veh/día) |
|------------|--|--|--|---|
| 2012 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| 2013 | 11 | 0 | 0 | 11 |
| 2014 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2015 | 12 | 9 | 0 | 21 |
| 2016 | 12 | 9 | 226 | 248 |
| 2017 | 13 | 10 | 252 | 275 |
| 2018 | 14 | 10 | 281 | 305 |
| 2019 | 14 | 11 | 313 | 338 |
| 2020 | 15 | 11 | 348 | 375 |
| 2021 | 16 | 12 | 355 | 383 |
| 2022 | 17 | 13 | 374 | 403 |
| 2023 | 18 | 13 | 394 | 425 |
| 2024 | 19 | 14 | 415 | 447 |
| 2025 | 20 | 15 | 437 | 471 |
| 2026 | 21 | 16 | 460 | 496 |
| 2027 | 22 | 16 | 484 | 522 |
| 2028 | 23 | 17 | 510 | 550 |
| 2029 | 24 | 18 | 537 | 579 |
| 2030 | 25 | 19 | 565 | 610 |
| 2031 | 27 | 20 | 595 | 642 |

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: HECTÁREAS DEFORESTADAS AÑO Y ACUMULADAS POR CATEGORÍA Y PROYECTO

| Hectáreas deforestadas año a año | | | | | Hectáreas deforestadas acumuladas | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|
| Año | Agricultura | | Vegetación secundaria | | Año | Agricultura | | Vegetación secundaria | |
| | Carretera | Ferrocarril | Carretera | Ferrocarril | | Carretera | Ferrocarril | Carretera | Ferrocarril |
| 2012 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 | 2012 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 |
| 2013 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 | 2013 | 93,64 | 0,00 | 2.254,14 | 1.914,12 |
| 2014 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 | 2014 | 140,45 | 0,00 | 3.381,21 | 2.871,18 |
| 2015 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 | 2015 | 187,27 | 0,00 | 4.508,28 | 3.828,24 |
| 2016 | 46,82 | 0,00 | 1.127,07 | 957,06 | 2016 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2017 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2017 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2018 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2018 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2019 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2019 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2020 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2020 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2021 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2021 | 234,09 | 0,00 | 5.635,35 | 4.785,30 |
| 2022 | 65,45 | 50,22 | 1.233,36 | 202,88 | 2022 | 299,54 | 50,22 | 6.868,71 | 4.988,18 |
| 2023 | 65,45 | 50,22 | 1.233,36 | 202,88 | 2023 | 364,99 | 100,44 | 8.102,07 | 5.191,06 |
| 2024 | 65,45 | 50,22 | 1.233,36 | 202,88 | 2024 | 430,43 | 150,66 | 9.335,43 | 5.393,93 |
| 2025 | 65,45 | 50,22 | 1.233,36 | 202,88 | 2025 | 495,88 | 200,88 | 10.568,79 | 5.596,81 |
| 2026 | 65,45 | 50,22 | 1.233,36 | 202,88 | 2026 | 561,33 | 251,10 | 11.802,15 | 5.799,69 |
| 2027 | 0,00 | 0,00 | 764,05 | 114,52 | 2027 | 561,33 | 251,10 | 12.566,20 | 5.914,21 |
| 2028 | 0,00 | 0,00 | 764,05 | 114,52 | 2028 | 561,33 | 251,10 | 13.330,24 | 6.028,72 |
| 2029 | 0,00 | 0,00 | 764,05 | 114,52 | 2029 | 561,33 | 251,10 | 14.094,29 | 6.143,24 |
| 2030 | 0,00 | 0,00 | 764,05 | 114,52 | 2030 | 561,33 | 251,10 | 14.858,33 | 6.257,75 |
| 2031 | 0,00 | 0,00 | 764,05 | 114,52 | 2031 | 561,33 | 251,10 | 15.622,38 | 6.372,27 |

Fuente: Elaboración propia

