



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 14 | diciembre de 2007

## Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Ápolo

lia peñarrieta venegas  
leonardo c. fleck

“La misión de CSF es desarrollar y enseñar herramientas de análisis económicos estratégicos para conservar la naturaleza”.

© Conservation Strategy Fund-CSF

*Oficina Bolivia*

Conservación Estratégica-Bolivia  
Av. Sánchez Lima No. 2600  
Edificio Tango, Piso 7, Depto. 02  
La Paz, Bolivia  
Tel/Fax: (+591 2) 243-1038  
Email: csfbolivia@entelnet.bo

*Administrative Office*

Conservation Strategy Fund  
1160 G Street, Suite A-1  
Arcata, CA 95521-Estados Unidos  
Tel: 707-822-5505  
Fax: 707-822-5535

*Brazil Office*

Conservação Estratégica  
Praça Dr Lund 218 Sala 407  
Bairro Centro, Lagoa Santa  
Minas Gerais, 33400-000, Brazil  
Tel: +55 31 3681-1221  
Email: csfbrasil@conservation-strategy.org

Este documento puede ser descargado  
del sitio web de CSF

[www.conservation-strategy.org](http://www.conservation-strategy.org)

Fotografía de la tapa: Lia Peñarrieta Venegas

Depósito Legal: 4-1-540-08

ISBN: 978-99954-703-3-3

Impresión: EDOBOL  
Telf.: 241 04 48  
La Paz - Bolivia

Impreso en Bolivia  
*Printed in Bolivia*

# Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo

lia peñarrieta venegas [ Consultora ]

leonardo c. fleck [ Conservation Strategy Fund ]



# Agradecimientos

A USAID por el apoyo financiero brindado a través de CSF Bolivia.

A CSF por hacer realidad este trabajo.

A las siguientes personas que ayudaron al logro del presente estudio:

John Reid-Conservation Strategy Fund

Leonardo Fleck-Conservation Strategy Fund

Cecilia Ayala-Conservation Strategy Fund

Carol Fernández-Conservation Strategy Fund

Ruth Suxo-Conservation Strategy Fund

Ing. Roberto Jerez-Consultor

Lic. Jorge Ávila-Administradora Boliviana de Carreteras

Ing. Osvaldo Encinas-Administradora Boliviana de Carreteras

Ing. Gery Lozada-Administradora Boliviana de Carreteras

Ing. Fernando Navarro-Administradora Boliviana de Carreteras

Ing. Luis Vargas-Consultor Administradora Boliviana de Carreteras

Sr. Williams Mariscal-Técnico de campo

Ing. Luis Vilte-Consultor Administradora Boliviana de Carreteras

Ing. Rolando Céspedes-Director del ANMI Apolobamba

Ing. Carlos Espinoza-Técnico Proyecto MAPZA/SERNAP



## Lista de abreviaturas y siglas

ABC	Administradora Boliviana de Carreteras
ACB	Análisis Costo Beneficio
ANMI	Área Natural de Manejo Integrado
CORDEPAZ	Corporación Regional de Desarrollo de La Paz
COV	Costos de operación vehicular
CVT	Costos del valor del tiempo
HDM-4	Highway Development and Management Tool/Model
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
PMTS	Plan Maestro de Transporte por Superficie
PNANMI	Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado
RED	Road Economic Decision Model
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
SNC	Servicio Nacional de Caminos
TIR	Tasa Interna de Retorno
TPDA	Tráfico Promedio Diario Anual
USD	Dólares americanos
VAN	Valor Actual Neto



# { Índice

AGRADECIMIENTOS	2
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	4
ÍNDICE	6
LISTA DE CUADROS / LISTA DE FIGURAS	8
EXECUTIVE SUMMARY / RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN / OBJETIVOS	18
LA CARRETERA CHARAZANI-APOLO	22
ÁREA DE ESTUDIO	28
Hidrología	29
Cobertura vegetal y uso de la tierra	29
Accesibilidad a la zona	31
Población servida por el camino	31
DIAGNÓSTICO DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS DE LA RUTA	32
Antecedentes históricos y demográficos	33
Metodología	34
Resultados del diagnóstico turístico	34
ANÁLISIS ECONÓMICO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHARAZANI-APOLO	42
Metodología	43
Estimación de los costos de operación vehicular	45
Mantenimiento actual	45
Mantenimiento periódico	47
Estimación del tráfico	48
Determinación de la rugosidad media para cada alternativa, velocidad promedio y el IRI	49
Datos básicos de entrada al Modelo RED	49
Análisis de sensibilidad	50
Análisis de riesgo	50
RESULTADOS	52
Resultados de la TIR y el VAN	53
Resultados de análisis de sensibilidad	53
Resultados del análisis de riesgo	53
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	62



## Lista de cuadros / Lista de figuras

Cuadro 1. Descripción de la ruta Charazani-Apolo	23
Cuadro 2. Definición de tramos	45
Cuadro 3. Datos básicos de entrada al modelo	49
Cuadro 4. Datos básicos de entrada	50
Cuadro 5. Costos y beneficios del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo (en millones de USD)	53
Cuadro 6. Valores intercambiados para alcanzar VAN = 0	53
Figura 1. Ruta 16 de la Red Vial Fundamental de Bolivia	24
Figura 2. Mapa de ubicación	25
Figura 3. Mapa de ubicación en relación a las áreas protegidas	26
Figura 4. Mapa hidrográfico	30
Figura 5. Mapa turístico de la zona	40
Figura 6. Ubicación de puentes y alcantarillas	46







*Executive summary*

Resumen Ejecutivo

**I**n this study we evaluate the economic feasibility of various options for improving the Charazani-Apollo road, in northern La Paz. At the same time, we analyze the tourist attractions along the route that could be developed with better access.

Improved roads reduce vehicle operating costs and travel times, and thus can contribute to economic and social development. In this context, one of the priority tasks for the former Regional Development Corporation of La Paz (CORDEPAZ) was investment in roads linking northern La Paz towns, such as Apollo and Ixiamas, with the capital of the department.

The Charazani-Apollo road is part of Bolivia's Fundamental Road Network. It is 163.5 km long and is located in the provinces Bautista Saavedra and Franz Tamayo, crossing the Apolobamba protected area, which is classified as a National Natural Integrated Management Area (ANMIN is the Spanish acronym). The road is kept in good condition through routine maintenance, which consists of gravel replacement, grading, spot resurfacing with gravel, road stabilization with gravel, watering of the roadway and re-channeling of canals and rivers.

Recently, this stretch of road has been improved through the construction of several major bridges, which have markedly improved passability. Despite this, the road is reliably passable only in the dry season because it is located in an area where heavy rains cause large-scale flooding. These floods interrupt vehicle traffic, erode the road and force travelers to wait on the riverbanks until the water recedes. Further improving the Charazani-Apollo road would bring the area better access to health and education services, lower travel times and vehicle operating costs, and more tourists.

For this study we analyzed four road improvement alternatives:

**Alternative 1:** Re-graveling and widening, improving the alignment and berms. (Improving the surface).

**Alternative 2:** Re-construction of channels, construction of culverts, roadway crowning, lined ditches and related improvements. (Improved drainage).

**Alternative 3:** Alternatives 1 and 2.

**Alternative 4:** Building remaining bridges.

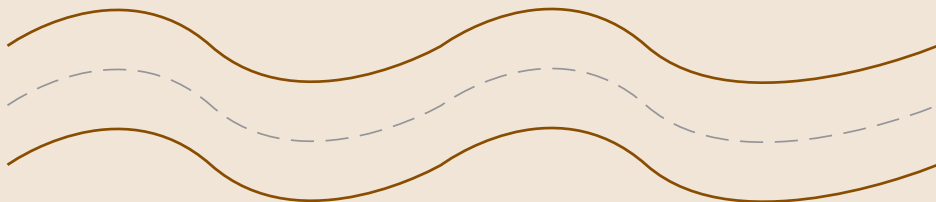
We performed a cost-benefit analysis of each of the alternatives using the Roads Economic Decision Model-RED (Roads Economic Decision Model), a tool developed by the World Bank for the analysis of low-volume road. We found that none of the alternatives is economically feasible at present because of the extremely low number of users.

A small increase in traffic, from 11 to 15 vehicles per day, would make Alternatives 2 and 4 feasible. Alternative 1 would be economically feasible only when traffic is greater than 43

vehicles per day, while the Alternative 3 only be feasible only when the number of vehicles per day is greater than 72. This is because the re-gravelling needs to be repeated every 5 years, and is therefore costly.

The inventory of tourist attractions on the route shows that there is great potential, due to natural, historical, cultural and scenic attractions which have not yet been exploited. These include the Apolobamba National Park and Integrated Management Area, the towns of Charazani, Curva, Pelechuco, Camata, Carijana, and Apollo. Other attractions are climbing routes, whitewater rivers, pre-Columbian roads, archaeological and historical sites, pre-Incan irrigation systems, colonial buildings and hot springs. The region is also the seat of Kallawaya culture. However, the current flow of tourists is minimal, apparently because the road infrastructure and services are precarious and the area has not been sufficiently promoted.

In conclusion, improvement of the Apollo-Charazani road without a simultaneous boost to tourism activities would be likely to bring economic losses. Therefore, we recommended that tourism development programs be implemented in tandem with road improvements, as a way to efficiently tap into the region's tourism potential.



**E**n este estudio se ha evaluado la factibilidad económica de diferentes alternativas de mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo, en el Norte de La Paz. Al mismo tiempo, se analizan los atractivos turísticos de la ruta que podrían desarrollarse con un mejor acceso a la zona.

El mejoramiento de carreteras reduce los costos operativos de los vehículos y los tiempos de viaje y, de esa forma, puede contribuir al desarrollo económico y social regional. En este contexto, una de las tareas prioritarias para la ex Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (CORDEPAZ) fue la inversión en caminos ligando a poblaciones como Ixiamas y Apolo, en el norte paceño, a la capital del departamento.

Este estudio se enfoca en el tramo carretero del norte paceño Charazani-Apolo, para determinar si tiene perspectivas de mejores resultados ambientales y económicos.

La carretera Charazani-Apolo es parte de la Red Fundamental de Carreteras de Bolivia. Cuenta con 163,5 km y está localizada en las provincias Bautista Saavedra y Franz Tamayo, cruzando el Área de Manejo Integrado Nacional de Apolobamba. El camino es mantenido en buen estado a través de trabajos de rutina que consisten en la reposición de ripio, nivelación con maquinaria, recubrimiento localizado con ripio, estabilización del camino con ripio, humedecimiento de calzada y re-conformación de canales y ríos.

Recientemente, este tramo ha sido optimizado a través de la construcción de varios puentes de importancia a lo largo de su recorrido, que han mejorado notoriamente la transitabilidad de la carretera. A pesar de ello, la carretera tiene buena transitabilidad sólo en época seca, pues se encuentra ubicada en una zona donde las lluvias son intensas y ocasionan crecidas de gran magnitud. Estas crecidas interrumpen el tráfico vehicular, deterioran la carretera y obligan a los usuarios a realizar largas esperas a la orilla de los ríos hasta que bajen las aguas. Nuevos mejoramientos de la carretera Charazani-Apolo traería beneficios a la zona, tales como mejor acceso a servicios de salud y educación, la disminución de tiempos de viaje y los costos de operación vehicular y, potenciaría el turismo.

Para el presente estudio, se han analizado cuatro alternativas de mejoramiento de este tramo:

**Alternativa 1:** Ripiado y ensanche, mejoramiento de la alineación y muros de contención. (Mejoramiento de la superficie).

**Alternativa 2:** Re-conformación de canales, construcción de alcantarillas, zanjas de coronamiento, cunetas revestidas y otros. (Mejoramiento del drenaje).

**Alternativa 3:** Alternativa 1 y 2.

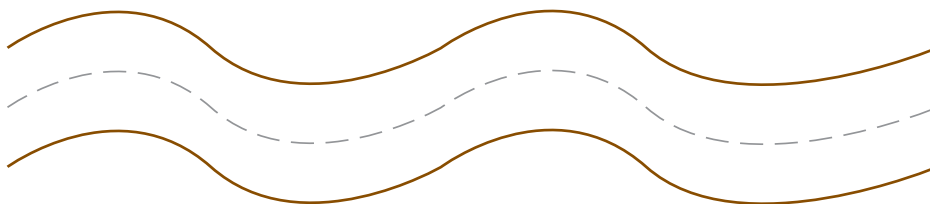
**Alternativa 4:** Construcción de los puentes faltantes.

Se realizó un análisis de costo-beneficio de cada una de las alternativas utilizando el *Roads Economic Decision Model-RED* (Modelo para Decisiones Económicas sobre Carreteras), herramienta desarrollada por el Banco Mundial para el análisis de carreteras de bajo volumen de tráfico. De acuerdo al análisis realizado, el mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo no es económicamente viable actualmente para ninguna de las cuatro alternativas analizadas, debido al nivel extremadamente bajo de usuarios.

Un pequeño incremento en el tráfico, desde 11 hasta 15 vehículos por día resultaría en que las alternativas 2 –construcción de alcantarillas– y 4 –construcción de puentes–, serían viables. La alternativa 1 sólo sería viable cuando el tráfico sea mayor a 43 vehículos por día, mientras que la alternativa 3 –ripiado y alineación– sería viable, solamente, cuando la cantidad de vehículos por día sea mayor a 72. Esto se debe a que el ripiado de la carretera tiene una vida útil corta, por lo que se requiere volver a rpiar la carretera cada 5 años para mantener la condición del camino.

El diagnóstico de los atractivos turísticos de la ruta muestra que existe un gran potencial debido a atractivos naturales, históricos, culturales y paisajísticos, que aún no han sido explotados y que están representados por el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba, y las poblaciones de Charazani, Curva, Pelechuco, Camata, Carijana, Apolo. Otros atractivos son las rutas de ascenso para andinismo, ríos torrentosos aptos para el canotaje, caminos precolombinos, sitios arqueológicos e históricos, sistemas de riego preincaicos, edificaciones coloniales y aguas termales. La región es también asiento de la cultura kallawayaya. Sin embargo, el flujo turístico actual es bajo, debido a que la infraestructura caminera y los servicios no son adecuados, y el área no ha sido promocionada suficientemente.

En conclusión, el mejoramiento de la carretera Apolo-Charazani –sin un impulso para actividades turísticas– tendría una alta probabilidad de traer pérdidas económicas. Por ello se recomienda la ejecución simultánea de programas de desarrollo turístico que aprovechen el alto potencial de la región, con proyectos de mejoramiento vial.







# { Introducción / Objetivos

## Introducción

El Gobierno de Bolivia, con el fin de incrementar los niveles de producción e ingreso, principalmente de las zonas marginales y rurales del país, y estimular el progreso nacional y regional, ha propuesto una serie de programas como la promoción del desarrollo sostenible, la implementación de programas en el campo educativo, el mejoramiento de la salud, el acceso a programas de vivienda y la ejecución de programas de infraestructura.

En el campo de infraestructura, los programas de mejoramiento, rehabilitación, conservación y construcción de la red vial del país cobran relevante importancia, dado que los mismos coadyuvan al desarrollo regional al incrementar las fuentes de empleo, reducir los costos de transporte y tiempos de viaje y fomentar, en términos generales, el desarrollo económico y social de las comunidades ubicadas en la zona de influencia de los proyectos. En este contexto, y como parte de la denominada “marcha hacia el norte”<sup>1</sup>, una de las tareas prioritarias para la Ex Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (CORDEPAZ)<sup>2</sup> fue la vertebración del norte paceño, con poblaciones como Ixiamas y Apolo.

La construcción de la carretera Apolo-Ixiamas, impulsada por la Prefectura del Departamento de La Paz, es una antigua exigencia local. La propuesta de su construcción ha provocado intensos conflictos entre las comunidades locales, los ambientalistas y agencias gubernamentales que trabajan en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi-PNANMI Madidi (Fleck *et. al.*, 2006). Esta carretera dividiría el área protegida provocando impactos ambientales significativos. Existen otras inversiones con mayor potencial para estimular el desarrollo económico y lograr mejoras reales en los estándares de vida en el norte de La Paz, como el mejoramiento de las carreteras Caranavi-Apolo y Charazani-Apolo, que vinculan La Paz con Apolo.

La vinculación caminera entre la ciudad de La Paz y la población de Apolo, a partir de la ruta La Paz-Achacachi-Ancoraimas-Charazani-Apolo, presenta dificultades, sobre todo, durante la temporada de lluvias. El tramo entre Charazani y Apolo fue mejorado con la construcción de varios puentes de importancia durante su recorrido.

Por otra parte, esta región posee un potencial turístico que, en el presente, ha sido poco explotado y que puede ser potenciado, estimándose que la generación de recursos económicos puede ser de importancia, no sólo para la región, sino también para el propio departamento de La Paz.

---

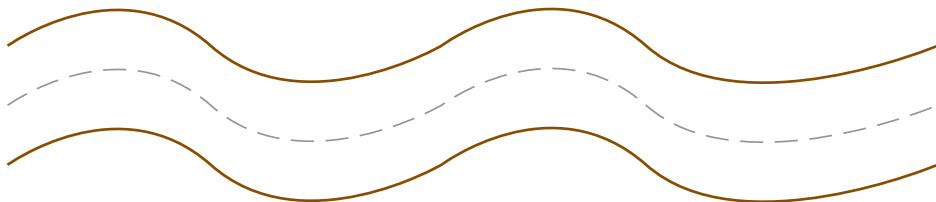
1 Política de creación de un polo de desarrollo en esa zona.

2 CORDEPAZ trabajó en el norte de La Paz con dos actividades que tuvieron impactos importantes. La primera fue la penetración vial, llegando hasta Apolo en 1978, vía Mapiri y Atén, construida por el proyecto OSCAR de la Iglesia Católica y otra vía por Charazani. La segunda actividad fue la creación de una zona industrial azucarera cerca de San Buenaventura.

Por lo tanto, en este estudio se pretende evaluar la factibilidad económica de diferentes alternativas de mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo utilizando la metodología del análisis costo/beneficio con el propósito de identificar las alternativas económicas más eficientes de inversión en el mejoramiento de la carretera. El acondicionamiento de esta ruta ayudará a incrementar el turismo de la zona, mejorará las condiciones de vida de los habitantes locales y podrá reducir la presión sobre inversiones viales dentro del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PNANMIM), como el proyecto de la carretera Apolo-Ixiamas, que generó mucha polémica debido a los impactos ambientales que causaría.

## Objetivos

- Realizar un diagnóstico de los atractivos turísticos de la carretera Charazani-Apolo en base a la revisión bibliográfica y visitas de campo
- Realizar la evaluación económica del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo considerando cuatro alternativas y utilizando el análisis costo/beneficio con el Modelo RED (*Road Economic Decision Model*).







## La carretera Charazani-Apolo

**L**a carretera Charazani-Apolo forma parte de la Red Vial Fundamental que une la ciudad de La Paz con Apolo, pasando por las poblaciones de Batallas, Huarina, Achacachi, Ancoraimes, Carabuco, Escoma, Charazani y Camata (Figura 1).

Este tramo es de construcción relativamente reciente. Fue ejecutado por el Comando de Ingeniería del Ejército, bajo la supervisión de CORDEPAZ, entre los años 1995 y 1998. Está localizado en el departamento de La Paz, en las provincias Bautista Saavedra y Franz Tamayo, en los municipios Gral. Pérez (Charazani) y Apolo respectivamente. Cuenta con una longitud de 163,95 km (Figura 2).

Esta carretera es la principal opción de vinculación con la comunidad de Apolo. Presenta buena transitabilidad en época seca; pero, en época de lluvias, ocurren crecidas de agua de gran magnitud. Debido a las precipitaciones torrenciales, las condiciones del camino se deterioran por lo cual la transitabilidad de los motorizados se interrumpe. Ello obliga a realizar esperas a la orilla de los ríos hasta que baje el nivel de las aguas. Así, el grado de deterioro, la falta de puentes, terraplenes y otras obras de drenaje hacen que las condiciones del camino sean malas en época de lluvias, lo cual constituye un perjuicio para la economía de la zona.

La principal actividad económica de la zona es la agricultura y, en menor escala, la ganadería. Además, tiene un gran potencial turístico que puede ser aprovechado para generar otras actividades económicas. Por lo tanto, es necesario realizar el mejoramiento de la red caminera, para lograr una fácil y segura accesibilidad a la zona desde la capital del departamento.

Es importante mencionar que la carretera se encuentra ubicada cerca del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi y que en algunos sectores de su trayecto bordea y cruza el Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba, como se puede observar en la Figura 3 y en el Cuadro 1.

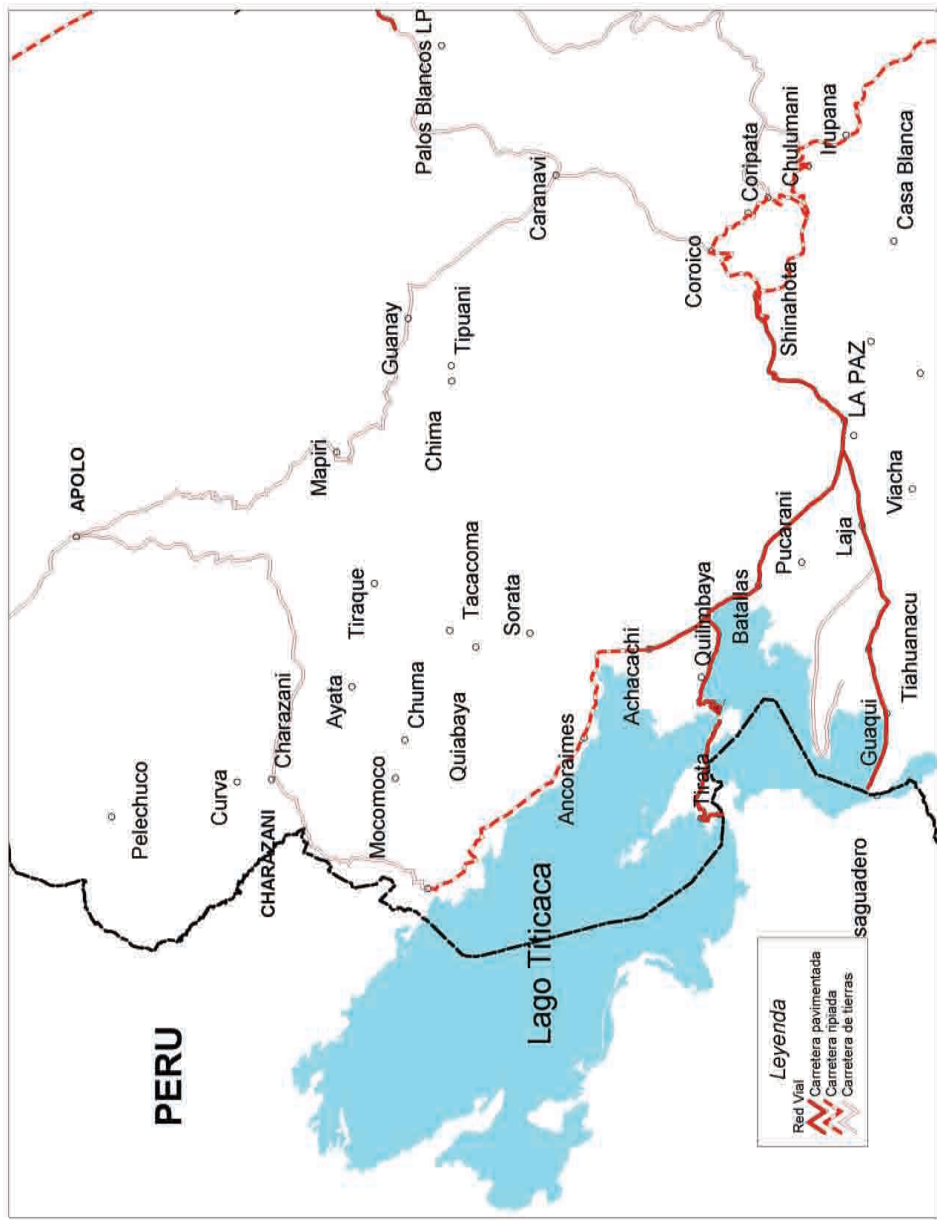
El desarrollo del tramo se presenta en el siguiente cuadro:

**CUADRO 1. DESCRIPCIÓN DE LA RUTA CHARAZANI-APOLO**

Nº	Tramo	Altitud	Longitud km	Descripción
1	Charazani-Camata	3.730-3.578	33,44	Dentro del ANMI Apolobamba
2	Camata-La Calzada	3.578-2.545	32,82	Bordeando el ANMI Apolobamba
3	La Calzada-Apolo	2.545-1.436	93,33	30 km cruzando el ANMI Apolobamba
Total Charazani-Apolo		3.730-1.436	160,00	60 km del tramo están dentro del ANMI Apolobamba

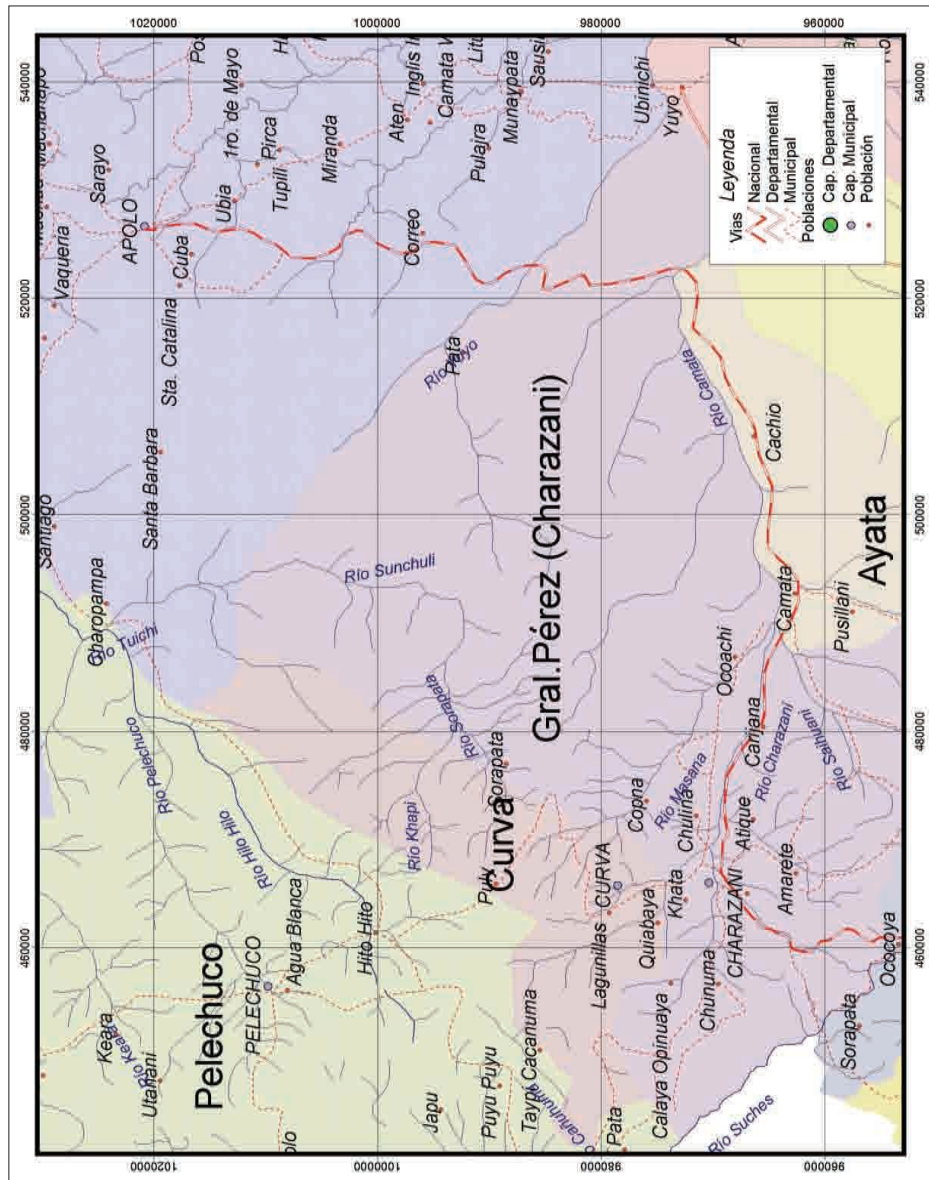
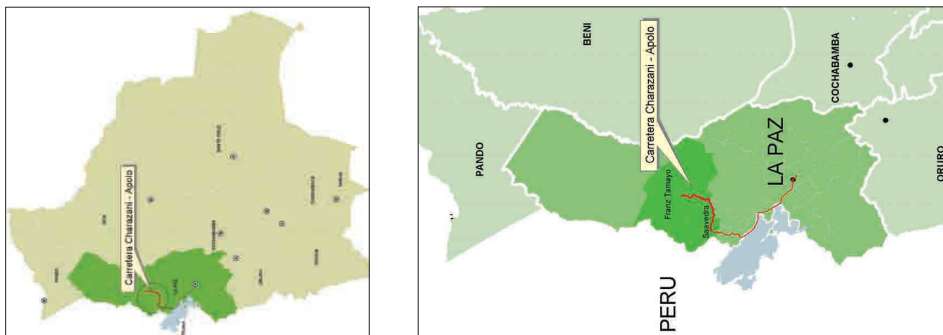
Fuente: Elaboración propia, 2007.

FIGURA 1. RUTA 16 DE LA RED VIAL FUNDAMENTAL DE BOLIVIA



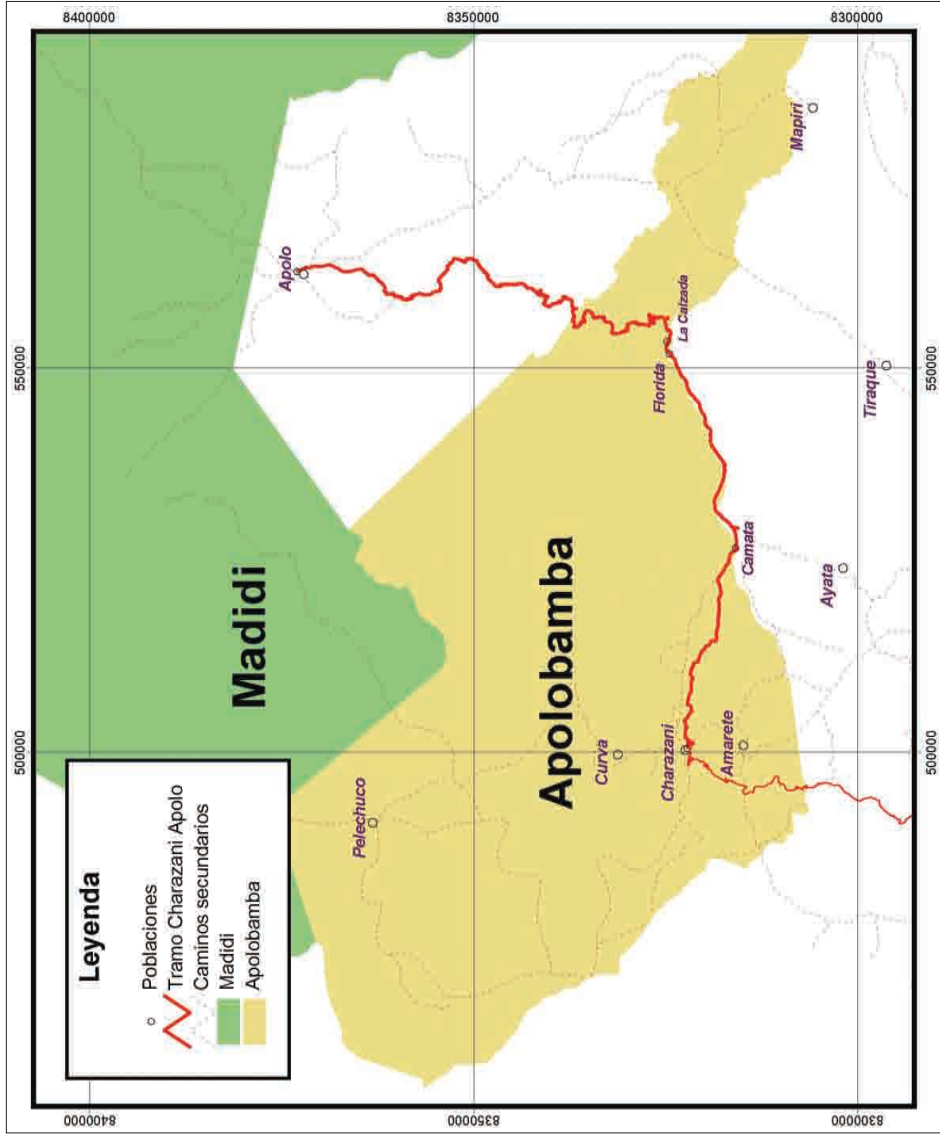
Fuente: Elaboración propia, 2007.

FIGURA 2. MAPA DE UBICACIÓN



Fuente: Elaboración propia en base a Ordenamiento Territorial-IGM, 2007.

FIGURA 3. MAPA DE UBICACIÓN EN RELACIÓN A LAS ÁREAS PROTEGIDAS



Fuente: Elaboración propia en base a Ordenamiento Territorial-IGM, 2007.





Área de estudio

**E**l inicio del tramo de estudio se encuentra dentro del Área Nacional de Manejo Integrado Apolobamba<sup>3</sup> (ANMIA) hasta llegar a Camata. Desde Camata hasta La Calzada, la carretera sale del ANMIA y su recorrido va paralelo al borde del área natural (Figura 3), atravesando tres unidades fisiográficas:

- Serranías altas, desde Charazani, con una longitud aproximada de 84 km en esta unidad fisiográfica.
- Serranías baja, con una longitud de 32 km.
- Colinas bajas, con 44 km en esta unidad fisiográfica.

Las variaciones de altura van desde 3.700 hasta 2.500 msnm desde Charazani hasta La Calzada. El segundo tramo, desde La Calzada hasta Apolo, cruza colinas bajas. En éstas, las alturas varían de 2.500 a 1.400 msnm.

## Hidrología

El emplazamiento del camino es parte de la subcuenca del río Beni. Entre los ríos más importantes del tramo Charazani-Apolo están los ríos Charazani y Camata, que corren paralelos al trazado de la carretera, los ríos Consata, Ñecos, Yuyo, Carpa, Ackohuaya, Kamickoya, Chiara, Trinidad, Turiapo y Palcamayu, que son atravesados por el camino (Figura 4).

## Cobertura vegetal y uso de la tierra

La vegetación a lo largo del camino varía notablemente. La vegetación característica de la zona de Charazani es dispersa: está compuesta de arbustos en sustrato rocoso. En la zona de Camata, corresponde a matorral siempre verde y herbácea graminoide. La zona de La Calzada es predominantemente de bosque denso, siempre verde, lluvioso, nublado. Cerca a la localidad de Apolo, la vegetación cambia a matorral semidecídulo xeromórfico esclerófilo, de acuerdo a la clasificación de la Superintendencia Agraria (Cobuso, 2001).

En las partes altas se observan cultivos de ámbito templado como maíz y cebada, y pastoreo extensivo. En las partes bajas, que son más extensas, la agricultura se reduce a cultivos perennes como los cítricos, los bananos, el café y la coca.

---

<sup>3</sup> Creada por Decreto Supremo N° 10070 del 7 de enero de 1972, como Reserva de Ulla Ulla y por DS 25652 del 14 de enero de 2000 como ANMI Apolobamba. Fue declarada como Reserva Mundial de la Biosfera por la UNESCO, en el año 1977, debido a su belleza paisajística y la gran riqueza en biodiversidad que alberga en el ecosistema cordillerano, el piso altoandino húmedo, el páramo yungueño y los bosques nublados.



## Accesibilidad a la zona

### *Comunicación terrestre*

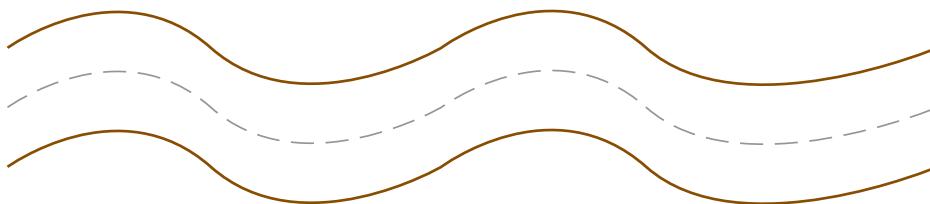
En la actualidad, varias empresas han iniciado viajes regulares diariamente desde la capital del departamento de La Paz hacia Apolo, tomando la ruta Charazani-Apolo. Esto se debió a la conclusión de siete puentes construidos el año 1996. Otra vía de acceso es el tramo caminero Apolo-Mapiri-Caranavi. Sin embargo, en algunos sectores el sistema de drenaje es deficiente y el ancho de plataforma varía de 3 a 4 m, lo que hace que sea intransitable por varios meses en época de lluvias.

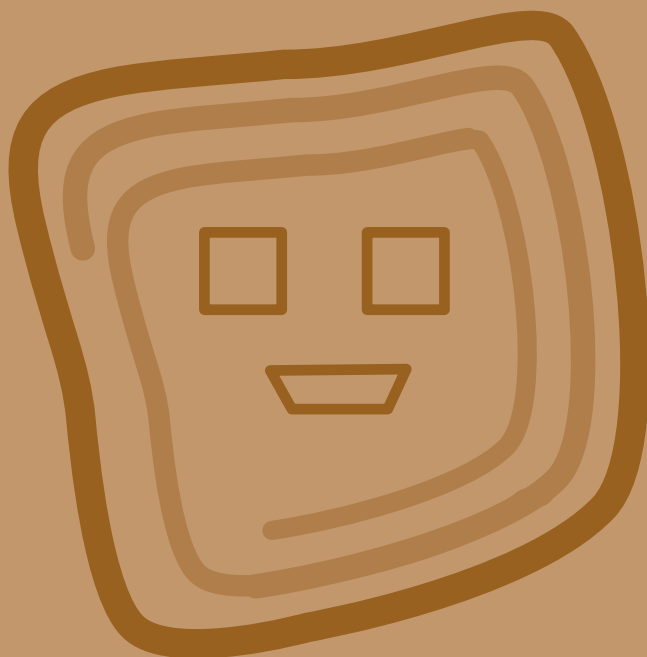
### *Comunicación aérea*

En el pasado, una empresa privada cubría la ruta a la ciudad de Apolo con avionetas. Ésta realizaba sus vuelos comerciales de manera regular una vez por semana. También Transportes Aéreos Militares (TAM), proporcionaba servicio de transporte aéreo. Pero, en la actualidad, no hay ninguna empresa operando en Apolo.

## Población servida por el camino

La población beneficiaria de este proyecto es la que actualmente utiliza el camino. Según los datos del INE-2001, se determina que la población en el área de influencia directa que será beneficiada por el proyecto corresponde a 22.432 habitantes de las poblaciones de Apolo y Charazani. En las zonas de influencia indirecta, se beneficiará a las poblaciones de Curva y Pelechuco, que cuentan con 4.599 habitantes.





## Diagnóstico de los atractivos turísticos de la ruta

La ruta Charazani-Apolo tiene un gran potencial turístico que es aún escasamente explotado por los visitantes procedentes de La Paz. En el trayecto por el valle de Charazani hacia Apolo, se puede apreciar el paisaje incomparable, conformado por imponentes nevados y lagunas de origen glacial y por rebaños de vicuñas y alpacas. Otros atractivos son las rutas de ascenso para andinismo, ríos torrentosos aptos para el canotaje, caminos precolombinos, sitios arqueológicos e históricos, sistemas de riego preincaicos, edificaciones coloniales, aguas termales, etc. También se encuentran en la zona vestigios de antiguos asentamientos de culturas prehispánicas que poblaron estas zonas, así como rastros del manejo de suelos a través de los andenes y terrazas que aún sobresalen en muchos cerros (SERNAP, 2006). La región es también asiento de la cultura kallawayá<sup>4</sup>.

A pesar de contar con estos atractivos, el flujo turístico es muy bajo, aproximadamente 300 visitantes por año. Esto se debe, principalmente, a la falta de infraestructura y servicios adecuados, limitada promoción del área y falta de interés de las empresas turísticas. Por lo tanto, la población local casi no se beneficia de esta actividad. Aún falta la implementación de un programa de fomento a la actividad turística consensuado, coordinado y con visión a largo plazo (PARKS WATCH BOLIVIA, 2005).

## Antecedentes históricos y demográficos

En el pasado prehispánico, esta región se constituyó en un espacio vital de intercambio cultural y económico entre las tierras altas y las tierras bajas, como lo atestiguan los restos arqueológicos, las representaciones simbólicas y las fuentes históricas. Los señoríos aymaras conocían esta zona como *Umasuyo* (húmedo, vegetal, femenino, interior) y poseían algunos sectores de valles, que ocupaban para tierras destinadas al cultivo del maíz y la coca.

El ingreso de los españoles a la zona (denominada entonces de los “chunchos”) se inicia en 1536, con una primera expedición militar, a la que le siguieron otras ocho, en busca de El Dorado o Paitití. Se sabe que en esos viajes, los españoles aprovecharon la infraestructura vial construida por los incas. Asimismo, a partir de 1564 se realizaron diversas incursiones con fines evangelizadores, si bien la fundación de los pueblos y misiones fue un proceso más largo y complejo, ya que la mayoría de ellas se fundaron varias veces.

Alrededor de 1832, comienza el auge de la cascarilla o corteza de la quina. En esa época, las zonas circundantes de Apolo, Atén, Santa Cruz del Valle Ameno, Pata y Mojos comenzaron a ser explotadas. La economía de la quina generó diversos impactos ecológicos y socioeconómicos en la región: la planta fue casi exterminada de los bosques y algunas poblaciones de especies de fauna silvestre disminuyeron por la caza y pesca intensiva. Posteriormente, a finales del siglo

---

<sup>4</sup> *Sociedad andina de sabios herbolarios, médicos y sacerdotes itinerantes, asentados en las zonas de Curva, Charazani, Pelechuco, Camata y Carijana.*

XIX, se produce el auge de la goma en la región del norte amazónico de Bolivia, lo cual genera un proceso acelerado de colonización y un movimiento económico de gran importancia.

A mediados de la década de los sesenta, la región experimentó un nuevo auge económico en torno a la venta de pieles de animales silvestres, especialmente de lagartos, felinos, lontras y chanchos de tropa. La caza de estos animales fue realizada por los pobladores tacanas y campesinos nativos, especialmente del sector de Apolo, y la comercialización, por las familias que anteriormente estuvieron involucradas en la quina, la goma y el comercio.

Por último, a partir de los años setenta, la extracción de madera fina del norte de La Paz se realizó de manera intensiva, sin cumplir los requisitos establecidos por la Ley General Forestal de 1974, lo que llevó a una actividad extractiva desordenada e insostenible. La madera se extraía de las concesiones forestales mediante permisos de aprovechamiento único otorgados a empresas y personas individuales. Esto dio lugar a la extracción selectiva de pocas especies de madera fina, como la mara (*Swietenia macrophylla*), lo cual la colocó al borde de la extinción (CARE).

## Metodología

La metodología utilizada para elaborar el presente capítulo se basó en revisión bibliográfica, visitas de campo y la valoración de los atractivos turísticos de la ruta.

## Resultados del diagnóstico turístico

A continuación se describen los atractivos y sitios turísticos cercanos a la ruta y se presenta un mapa turístico de la zona (Figura 5).

### *La carretera El Alto-Charazani*

Antes de iniciar el recorrido por el tramo Charazani-Apolo, el viaje comienza en la ex tranca de Río Seco en El Alto y sigue su trayecto por las poblaciones circundantes al lago Titicaca, como Batallas, Huarina, Achacachi, Ancoraimas, Carabuco y Escoma. Pasando Escoma, el camino se dirige hacia el norte de Ocobaya, población que se encuentra próxima al límite con la República del Perú, luego pasa cerca de Amarete y, finalmente, llega al valle de Charazani.

En el trayecto desde El Alto hasta Charazani, se puede disfrutar del paisaje variado que ofrece el Lago Mayor del Titicaca y la Cordillera Real con sus nevados: Illimani, Mururata, Huayna Potosí, Condoriri, Illampu, etc. En Carabuco, se puede apreciar el Cerro Quillima, que tiene la forma de un dragón dormido.

Al pasar por la población de Escoma y la cumbre, es posible encontrar pastores con sus rebaños de alpacas, llamas y ovejas y tropas de vicuñas pasteando en la Reserva de Ulla Ulla. A medida

que va bajando el camino hacia la población de Amarete y Charazani, se hallan los cultivos de cebada y maíz, que son realizados en ladera con manejo tradicional.

## *Amarete*

Es una población que se encuentra muy cerca de Charazani. Es característica por los cultivos en terraza y es un centro de etnoturismo. En esta población se conservan las costumbres y vestimentas ancestrales.

## *La carretera Charazani-Apolo*

Desde Charazani, se desciende a los Yungas; por lo tanto, la vegetación y el paisaje cambian notoriamente, con quebradas profundas adornadas por preciosas cascadas<sup>5</sup>, bosques nublados (Caballero, 2003), ríos de agua color verde y aguas termales<sup>6</sup>.

Otro atractivo interesante de la ruta son los cultivos en ladera en los diferentes pisos ecológicos<sup>7</sup> del tramo.

Todos estos lugares poseen valores paisajísticos naturales, culturales y místicos como los caminos precolombinos, que en esta zona están muy bien conservados. Esto le da al viaje una belleza única digna de ser visitada.

## *Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba*

Se encuentra ubicada en el noroeste del departamento de La Paz, en las provincias Bautista Saavedra, Franz Tamayo y Larecaja. Los habitantes de Apolobamba son de origen aymara y quechua, incluyendo las comunidades kallawayas y conservan casi inalterados sus modos de vida y tradiciones ancestrales.

Apolobamba posee una gran belleza escénica debida, principalmente, a los imponentes nevados como el Akamani, el Presidente y el Katantika, a las lagunas de origen glacial y a los impresionantes glaciares como el Chaupi Orcko, que es uno de los más grandes del mundo. En la región se hallan sitios arqueológicos y caminos precolombinos. Es el lugar de origen de la cultura kallawayas, también muy conocido por sus textiles, sus artesanías de gran calidad y su música originaria llamada kantus.

---

5 Como la cascada “El velo de las dos novias”. Según la gente del lugar en época de lluvia el agua llega hasta el camino mojando los vehículos que circulan por éstos.

6 En el camino se encuentra una quebrada con aguas termales que los viajeros pueden disfrutar bajando a la orilla del río.

7 Puna, valles interandinos y trópico con bosques nublados y bosques secos.

## *Cordillera de Apolobamba*

La cordillera de Apolobamba se inicia cerca del borde peruano al norte del lago Titicaca; en sus diferentes niveles va presentando una variedad de paisajes. Las cumbres más importantes de la cordillera de Apolobamba son: Cololo (5.915 msnm), Huila Kollo (5.816 msnm) y Chaupi Orko (6.040 msnm).

## *Reserva de Ulla Ulla*

Meseta occidental depositaria de importantes recursos genéticos relacionados con la cría y selección de camélidos domésticos (alpaca y llama) y camélidos silvestres (vicuña) (AECI, 1999).

## *Región Kallawaya*

Esta región se halla ubicada al norte del lago Titicaca, en el departamento de La Paz. Se define a través de dos jurisdicciones concretas: la provincia Bautista Saavedra y el ANMI de Apolobamba (AECI, 1999).

## *Ruinas arqueológicas de Apolobamba*

Las ruinas de Apolobamba se encuentran aproximadamente a 12 kilómetros de la pequeña población de Pelechuco, asentada en la cabecera del valle. Lo más sobresaliente de la zona es la forma tradicional de las viviendas campesinas, construidas en piedra y con cubierta de paja brava. Asimismo, se pueden observar estructuras de piedra (en forma de mesas) utilizadas como tumbas.

## *Charazani*

La población de Charazani se caracteriza por sus tradiciones milenarias, heredadas de los tiwanacotas e incas. Mucha gente visita esta población para ser atendida por los médicos naturistas denominados kallawayas<sup>8</sup>. Charazani también se destaca por sus aguas termales, su artesanía y sus tejidos. Además de que, en sus alrededores se encuentran evidencias arqueológicas de la cultura Mollo.

## *Curva*

La población de Curva se encuentra al pie del nevado de Akhamani, Cordillera de Apolobamba. Las construcciones de las casas de la región son de tapiales y adobe. Curva es considerada la capital de los kallawayas y de la medicina natural místico/esotérica.

---

<sup>8</sup> Médicos herbolarios y sacerdotes que curan enfermedades en base de plantas y hierbas naturales.

## *Pelechuco*

Se encuentra ubicado en las faldas de la cordillera Apolobamba, dentro del ANMI Apolobamba y es una población que muestra un estilo colonial.

## *Camata*

Se trata de ruinas de sitios arqueológicos. Son bastante comunes en las comunidades de Camata, especialmente en aquellas que se reconocen como las más antiguas. Tal es el caso de Cuasí, Millisí y Aylulaya (en las cercanías de Ayata), ubicadas, además, en la zona alta y cerca de la puna. El caso de Inka Zamana, ubicado varios kilómetros al este de Torre Pata, es interesante, ya que el camino en este sector tiene que elevarse debido a su abrupto relieve. Según Meyers, en Inka Zamana existirían ruinas de imponentes andenerías y construcciones destruidas cubiertas por la vegetación y asociadas al camino real hacia Apolo. Éstas igualmente habrían sido afectadas por la construcción del camino actual (Capriles y Revilla).

## *Ruinas de Iskanwaya*

Esta antigua ciudad andina fue construida en piedra por la cultura Mollo que vivió en Bolivia después de la caída del imperio tiwanacota. La ciudadela de Iskanwaya, cuyo nombre en quechua significa “dos casas” mide tres kilómetros cuadrados y está compuesta por 95 edificaciones de piedra. De éstas, sólo la mitad ha sido excavada (Revista ESCAPE).

## *Carijana*

Es el pueblo vecino cercano a Camata. Fue un importante asentamiento humano desde períodos prehispánicos. Es algo más pequeño que Camata y, al parecer, contiene un asentamiento y un cementerio de probable data Inka (Capriles y Revilla).

## *Apolo*

El área de Apolo encierra una rica historia escrita en su inicio por grupos étnicos como: lecos, aguachiles y apolistas que habitan actualmente esta región. Fue también invadida por los incas y, más tarde, por las misiones cristianas españolas. Al presente, su economía se basa en la agricultura. Produce arroz, caña, yuca, walusa, plátanos, piña y cítricos. También existe ganado. En Apolo, se explota madera y se extrae incienso y copal. El impacto al medio ambiente por las actividades humanas en las rutas cercanas a Apolo y sus valles es muy notorio, pues antiguos bosques de neblina han sido prácticamente degradados y han dejado algunos arbustos, pastizales y terrenos agrícolas que muestran signos de desertificación y erosión en alto grado. Respecto a la planta turística en la localidad de Apolo, se cuenta con dos alojamientos. El más acondicionado es el del Convento de Nazaret, que también presta servicios de alimentación.

Aparte del convento, no existe calidad en los servicios de alimentación y la higiene es precaria. El área cuenta con un centro de salud, unidades de educación secundaria y servicios de telefonía (Caballero, 2003).

## *Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi*

El Madidi es una de las áreas protegidas con mayor biodiversidad en el mundo gracias a la presencia de una enorme variedad biológica, unidades de vegetación, elevaciones, climas, geología y paisaje. Por lo tanto, es ideal para los amantes de la naturaleza y la aventura. Las ecoregiones que protege van desde la zona alto andina, pasando por los bosques húmedos de montaña, hasta los bosques húmedos de tierras bajas, valles secos mesotérmicos, sabanas, montañas y tierras bajas.

### *Caminata Curva-Pelechuco*

Consiste en un recorrido por quebradas y cultivos andinos, valles, cascadas, cerca de los glaciares del Akamani, las ruinas de Inca Kanchi, las minas precolombinas de Sunchili y caminos precolombinos. El tiempo de duración de la caminata es de siete días, partiendo de Curva. Se pasa por JatunPampa, Cascadas de Incachani, Sunchilli, Hillo Hillo hasta llegar a Pelechuco.

### *Caminata Central Ipuni (Apolo-Machua-Cuchiwani-Río Tuichi)*

Esta ruta pasa por bosques nublados y amazónicos ubicados entre los 1.300 y 300 msnm. La ruta permite visitar las ruinas de Cuchiwani y apreciar el impresionante paisaje de las últimas serranías de la cordillera oriental de Bolivia, específicamente con vista al norte de la parte central del PNANMI Madidi (Caballero, 2003).

### *Caminata Pelechuco-Apolo (Ruta nueva)*

El paisaje del área recorrida presenta paisajes de las montañas andinas, punas, valles y bosques nublados. Se cruza abras como el del Paso Sánchez, a 4.700 msnm, para luego descender hasta 1.450 msnm y llegar a Apolo. Este trayecto es propicio para la toma de fotografías. No hay ninguna infraestructura turística al presente (Caballero, 2003). El tiempo de duración de la caminata es de ocho días. En la ruta, se pasa por Halapampa Queara, Casi Quebrado, Mojos, Campo de Río, Pata, Río Tuichi, Santa Cruz del Valle Ameno de Apolo.

### *Caminata Pelechuco-Apolo (Ruta antigua)*

Esta antigua ruta entre Pelechuco y Apolo es más directa y era utilizada para el intercambio de comercio entre los pueblos de esa región. La ruta de herradura toca partes de caminos

pre-hispánicos y paisajes impresionantes entre Los Andes, punas, valles y bosques neblinosos (Caballero, 2003). Actualmente, muchos tramos necesitan mantenimiento y mejoras. No hay infraestructura turística.

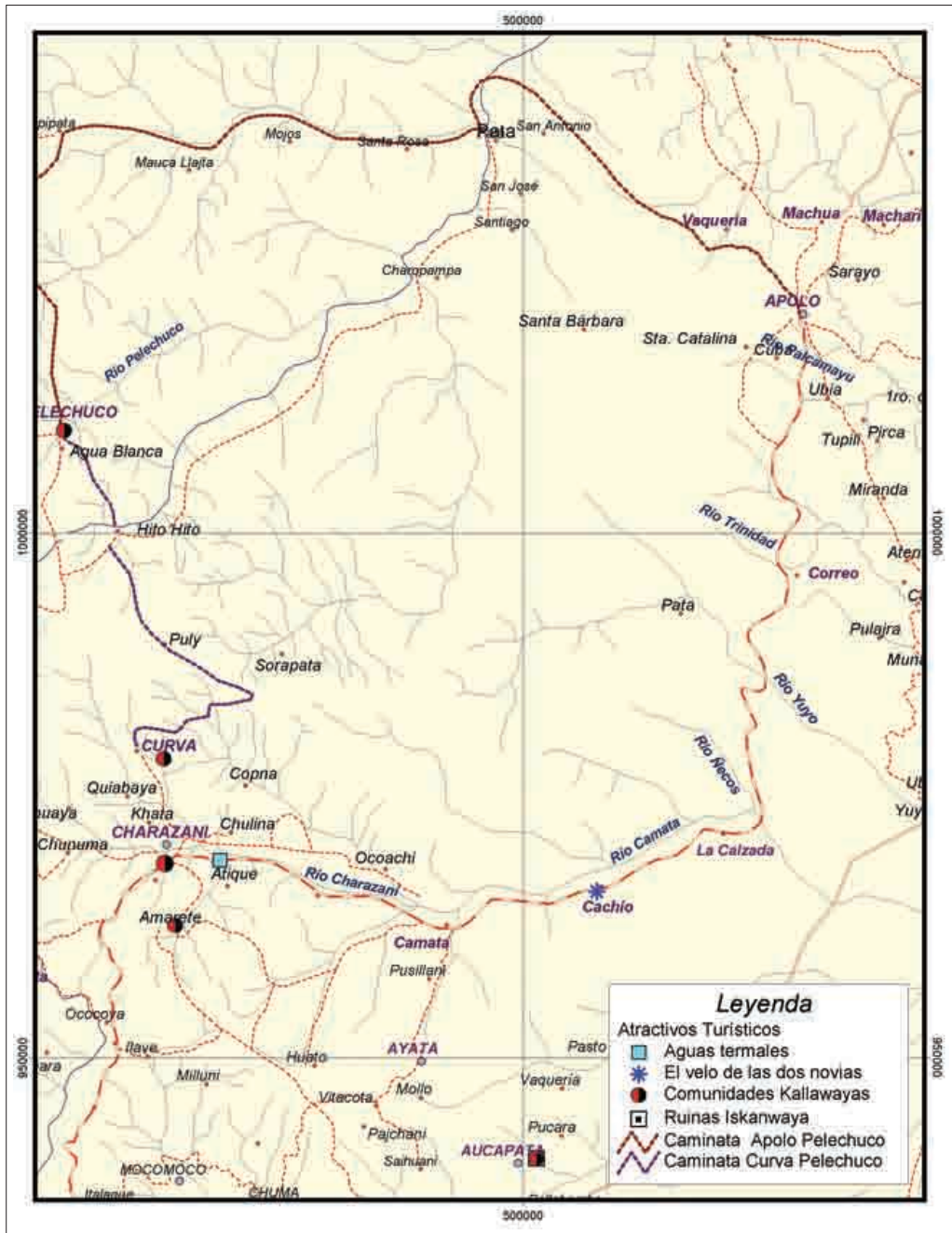
### *Circuito Azariamas (Tour potencial Apolo-Azariamas-Apolo)*

Es parte del paquete turístico de observación de vida silvestre e interpretación del bosque. Para recorrer este circuito, se debe viajar por tierra, navegar el río Tuichi y llegar al bosque seco tropical más grande de Sud América. Desde el albergue Azariamas, se puede visitar áreas donde habitan: el mono aullador, el anta, el jochi, el jaguar, el venado así como una gran diversidad de aves como la paraba militar y loros grandes y medianos (Caballero, 2003).

### *Circuito Apolo-Tuichi-Rurrenabaque (Tour existente-Apolo-Virgen del Rosario-Río Tuichi-Rurrenabaque)*

Es parte del paquete turístico de canotaje que se ofrece en el PNANMI Madidi. Este viaje nos lleva por los rápidos de la parte alta del Río Tuichi, pasando por la Puerta del Sol (Caballero, 2003).

FIGURA 5. MAPA TURÍSTICO DE LA ZONA



Fuente: Elaboración propia, 2007.



Foto 1. Camino Charazani-Apolo



Foto 2. Cascada El velo de las dos novias



Foto 3. Río Charazani



Foto 4. Iglesia de Apolo



Foto 5. Reserva de Ulla Ulla-ANMI Apolobamba



{ Análisis económico  
del mejoramiento de la carretera  
Charazani-Apolo

**S**e busca realizar el análisis económico con el propósito de identificar las alternativas económicas más eficientes de inversión en el mejoramiento de la carretera. Los beneficios más importantes del mejoramiento de caminos son: la reducción de los costos de funcionamiento de los vehículos, la reducción de los gastos futuros en mantenimiento de los caminos, el ahorro de tiempo para los pasajeros y la carga, la reducción de los costos debidos a los accidentes, el estímulo del desarrollo turístico, el aumento de la comodidad y la conveniencia (Queiroz, 1994).

## Metodología

Se ha evaluado la factibilidad económica de diferentes alternativas de mejoramiento, utilizando el análisis costo/beneficio, con el propósito de identificar las alternativas económicas más eficientes de inversión en el mejoramiento de la carretera.

El análisis costo/beneficio es uno de los instrumentos más utilizado en economía para la evaluación de políticas, proyectos e inversiones en general, mediante la comparación de los costos y los beneficios que se pueden obtener de una determinada política, iniciativa o inversión para el conjunto de la sociedad.

Este análisis requiere de una unidad de medida común de los costos y beneficios, por lo que se deben estimar los valores de los cambios en el bienestar de las personas, que pueden deberse a cambios en la cantidad de bienes que tiene en el mercado o de los bienes sin mercado.

Los indicadores que habitualmente se calculan en los análisis costo/beneficio son el Valor Actual Neto (VAN)<sup>9</sup> y la Tasa Interna de Retorno (TIR)<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Para calcular el VAN, se determinan los beneficios netos anuales de cada uno de los años de vida útil del proyecto, restando los costos de los beneficios:

$$VAN = \sum_0^t \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

Donde  $B_t$  = beneficios brutos en el periodo  $t$ .

$C_t$  = costos en el periodo  $t$ .

$t$  = tiempo

<sup>10</sup> El cálculo de la TIR puede ser un proceso complicado, ya que la solución requiere tratar como incógnita la tasa de interés de oportunidad, dentro de la ecuación del VAN, cuando esta ecuación se hace igual a cero:

$$\sum_0^t \frac{B_t - C_t}{(1 + i_{op})^t} = 0$$

Donde  $B_t$  = beneficios brutos en el periodo  $t$ .

$C_t$  = costos en el periodo  $t$ .

$t$  = tiempo

$i_{op}$  = tasa de interés de oportunidad

El VAN es la diferencia entre los beneficios y los costos en el período de análisis de un proyecto. Un VAN mayor a 0 significa que, a esa tasa de descuento, los beneficios superan a los costos. Cuanto mayor sea el VAN, mayor será el beneficio social de la carretera.

La TIR es la tasa de descuento en la que los costos y beneficios descontados son iguales; en otras palabras: el VAN = 0. La TIR actúa como guía de la rentabilidad de la inversión. Si es mayor que la tasa de descuento que se utiliza para seleccionar proyectos de inversión<sup>11</sup>, el proyecto se justifica en términos económicos. Por lo tanto, cuanto más alta la TIR, mejor será el proyecto.

Usamos el modelo RED para ejecutar el ACB de proyectos carreteros. Con este modelo, se puede realizar la evaluación económica de proyectos de mejora y mantenimiento de caminos, adoptando el abordaje del excedente del consumidor, que mide los beneficios de los usuarios del camino y la reducción de costos del transporte.

Esta herramienta permite determinar la conveniencia, desde el punto de vista económico, de efectuar distintos planes de inversión alternativos. Los beneficios económicos para las diferentes opciones analizadas se calculan por diferencia entre los efectos de la inversión sobre la mejora de las condiciones de tránsito, comparadas con una alternativa base, es decir, mantener la carretera en la situación actual.

Los beneficios del mejoramiento de una carretera son generalmente la reducción de los costos de transporte, que incluyen los costos operativos del vehículo (COV) y los costos de valor del tiempo (CVT). Ambos son calculados a partir de funciones que relacionan costos operativos de vehículo, velocidades y la rugosidad del camino<sup>12</sup>. El modelo también realiza un análisis básico de sensibilidad que incluye el análisis de riesgo, basado en distribuciones triangulares definidas por el usuario para los datos de entrada principales.

El año calendario inicial se refiere al año en que se iniciará el proyecto de mejoramiento del tramo. Para el presente estudio, se considera el año 2008.

El periodo de evaluación es el que define el número de años a considerar en la evaluación. Para este estudio, se considera un periodo de 20 años, en el caso de que se decida por la opción de la construcción de obras de arte mayor, que tiene la mayor vida útil.

---

<sup>11</sup> Tasa de descuento de proyectos de inversión = 12,07%. Tasa que ha sido definida por el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo como la menor tasa interna de retorno aceptable para seleccionar proyectos de inversión y porque las tasas de interés comercial están fluctuando alrededor de este valor (resolución Ministerial Razón Precio Cuenta).

<sup>12</sup> IRI, Índice Internacional de Rugosidad. Es la medida de referencia que expresa en m/km la rugosidad en forma de valor estadístico de pendiente rectificadora media del perfil longitudinal.

Se define como el factor de costos económicos de la agencia de caminos a la razón entre los costos económicos de agencia de caminos (neto de impuesto y subsidios) y costos financieros de agencia de caminos (valores de mercado), que para el estudio es igual a 0,84<sup>13</sup>.

## Estimación de los costos de operación vehicular

Dentro del proceso de evaluación financiera y económica del proyecto, es preciso identificar y cuantificar los diferentes costos y beneficios que su ejecución implica (Anexo 4).

De acuerdo a la condición del camino y el tipo de mejoramiento requerido, se pueden diferenciar tres tramos como se muestra en el Cuadro 2 y la Figura 6 (Ver también Anexo 5).

CUADRO 2. DEFINICIÓN DE TRAMOS

Tramo	Progresiva		Longitud km	Mejoramiento	Observaciones
	desde	hasta			
1	186	257	71	Ripiado y alcantarillas	Mayor densificación de alcantarillas
2	257	322	65	Ripiado	Suelo arcilloso
3	322	345	24	Alineamiento horizontal	Curvas cerradas
Total			160		

Fuente: Elaboración propia, 2007.

## Mantenimiento actual

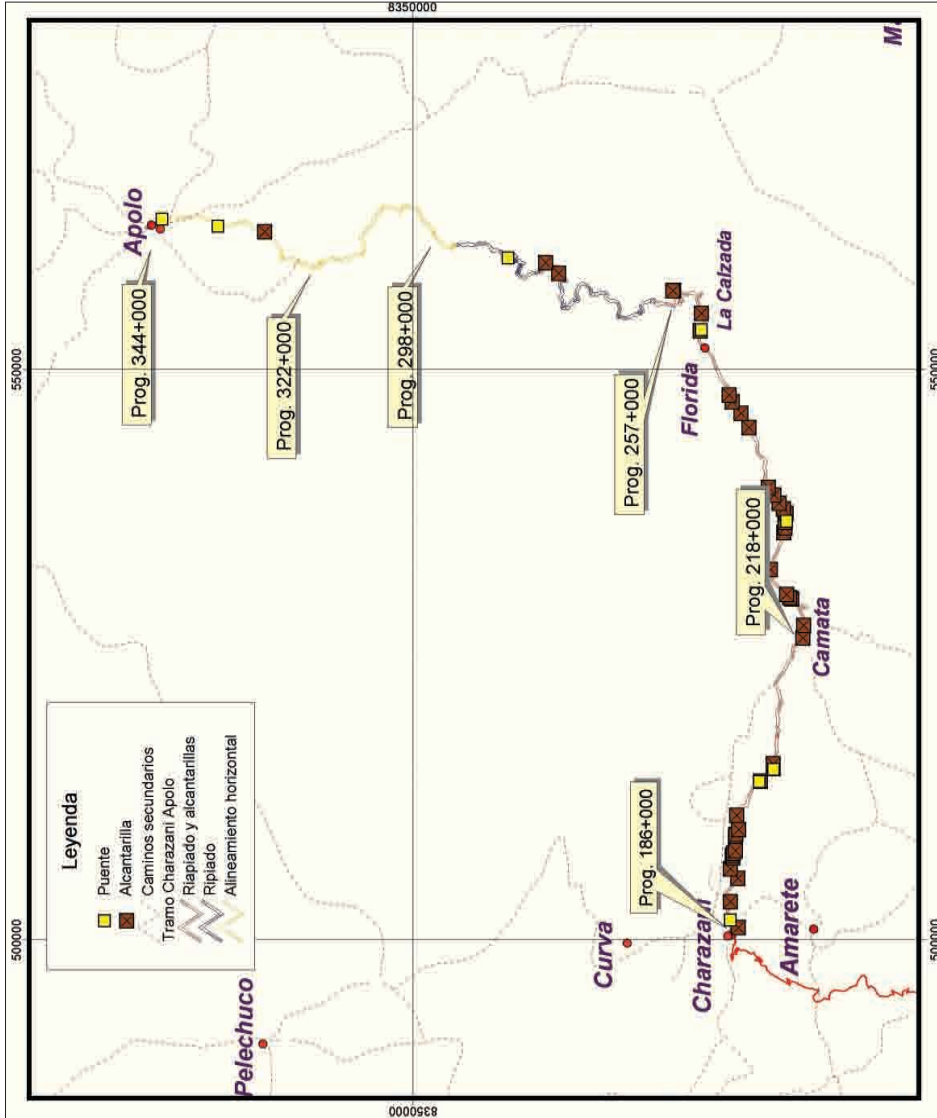
El tramo Charazani-Apolo es mantenido en buen estado con el mantenimiento rutinario<sup>14</sup>, que ha logrado mejorar las condiciones de transitabilidad del camino. Este mantenimiento, de carácter preventivo, consiste en las siguientes actividades:

- Reposición de ripio.
- Nivelación con maquinaria incluyendo limpieza y conformación de cunetas.
- Nivelación a máquina sólo de calzada.
- Recubrimiento localizado con ripio a máquina.
- Estabilización de caminos con ripio no clasificado.
- Humedecimiento de calzada.
- Reconformación de canales y ríos.

<sup>13</sup> Resolución Ministerial Razón Precio Cuenta.

<sup>14</sup> Es el mantenimiento que debe efectuarse una o más veces por año. Corresponde a la realización de actividades que normalmente son requeridas para toda la carretera, independientemente de sus características y de la densidad de tráfico que soportan.

FIGURA 6. UBICACIÓN DE PUENTES Y ALCANTARILLAS



Fuente: Elaboración propia, 2007.

## Mantenimiento periódico<sup>15</sup>

El Servicio Nacional de Caminos, mediante el Programa de Mantenimiento Periódico, ha planificado los siguientes trabajos de mejora para el tramo: carpeta de grava de espesor variable, construcción de nuevos puentes, colocación de alcantarillas y cambios de alineamiento en determinados sectores.

Las estimaciones de inversión y los costos de mantenimiento considerados han sido calculados en base a costos unitarios locales, datos obtenidos de la agencia Administradora Boliviana de Caminos. De la misma forma, se recogió información sobre las actividades de mantenimiento y costos del proyecto (Anexo 1).

Para realizar la presente evaluación, se han considerados cuatro alternativas de mantenimiento periódico del tramo Charazani-Apolo:

### *Alternativa 1: Ripiado y ensanche, mejoramiento de la alineación y muros de contención*

Esta actividad se refiere a la incorporación de una capa de 15 cm de ripio para lograr una mejor operación de los vehículos y una superficie más consistente, sobre la subrasante, que tiene alto porcentaje de humedad y es arcillosa. La vida útil es muy reducida y está sujeta a la magnitud del periodo de lluvias y el tráfico vehicular. Como mínimo, se puede considerar una vida útil de cinco años. Por lo tanto, para el presente análisis, se considerará la reposición de ripio cada cinco años.

### *Alternativa 2: Reconformación de canales, construcción de alcantarillas, zanjas de coronamiento, cunetas revestidas y otros*

Con el fin de realizar mejoras en el sistema de drenaje del tramo, en el proyecto de mantenimiento rutinario, se han propuesto obras de drenaje complementarias: construcción de alcantarillas con tubos de concreto, construcción de zanjas de coronamiento, construcción de cunetas revestidas, re-conformación de canales y encauce de ríos, construcción de defensivos, construcción de drenes subterráneos tipo francés.

### *Alternativa 3: Alternativa 1 + Alternativa 2*

Ripiado y reconformación de canales, construcción de alcantarillas, zanjas de coronamiento, cunetas revestidas y otros.

---

<sup>15</sup> Es el conjunto de actividades programadas y ejecutadas cada cierto periodo de tiempo, que tienden a renovar la condición original del camino.

## Alternativa 4: Obras de arte mayor

Algunos ríos no tienen puentes y se requiere su construcción, por tener éstos corrientes de agua de mucha fuerza con turbiones susceptibles de arrastrar vehículos pequeños. En las obras de arte mayor, se consideran las alcantarillas con puentes losa con longitudes de 3 y 5 m, los puentes de hormigón armado de 10 y 15 m de luz y, por último, los puentes con vigas prefabricadas de hormigón postensado de 25,60 m de largo.

## Estimación del tráfico

La composición actual estimada del tráfico es de 23,89% para automóviles livianos; 16,24% para camionetas; 35,03% para buses; 5,07% para camiones medianos y 19,80% para camiones grandes. Estos datos fueron obtenidos a partir de la composición del tráfico para los doce tipos de vehículos definidos por el Servicio Nacional de Caminos del proyecto de Mantenimiento Periódico del Tramo Charazani-Apolo, como se puede ver en el Anexo 2.

La proyección del tráfico promedio diario es de once vehículos para el año 2008, calculado a partir del dato del TPDA<sup>16</sup> = 10 del Plan Maestro de Transporte por Superficie 2005 con una tasa de crecimiento de 2,74%<sup>17</sup>. La tasa de crecimiento fue obtenida a partir de los datos de tráfico del tramo Escoma-Charazani, puesto que no se contaba con conteos del tramo en estudio, como se puede ver en el Anexo 2.

En el estudio Mantenimiento Periódico de la carretera Charazani-Apolo elaborado por el SNC, se considera que el TPDA para el año 2008 sería de 63 vehículos por día. En el análisis no se consideró este valor como dato básico de entrada, puesto que el conteo de vehículos se realizó en la estación Charazani, por lo que se asume que algunos vehículos continuarían su viaje hasta Apolo y otros se quedarían en Charazani. Por lo tanto, se decidió adoptar el dato de TPDA del Plan Maestro de Transporte por Superficie 2005.

Para el tráfico generado<sup>18</sup> debido a la reducción de costos en el transporte, se asume que la elasticidad del precio de la demanda es 0,6 para todos los vehículos de carga y 1,0 para el tráfico de pasajeros. Ese tráfico refleja el uso más intensivo de la carretera con el mejoramiento.

Los valores del tiempo se basan en el valor del tiempo de 1,67 por hora de pasajeros de automóviles y 0,78 por hora para pasajeros de autobuses. Los automóviles y camiones tienen una ocupación de tres personas y los autobuses una ocupación que oscila entre 20 y 35 personas.

---

<sup>16</sup> Tránsito promedio diario anual en ambas direcciones y por tipo de vehículo expresado en vehículos por día.

<sup>17</sup> La tasa de crecimiento del tránsito promedio diario anual expresada en porcentaje de incremento anual.

<sup>18</sup> Es el tránsito asociado al aumento de la frecuencia de viajes por parte de usuarios existentes del camino de proyecto.

## Determinación de la rugosidad media para cada alternativa, velocidad promedio y el IRI

De acuerdo al manual de Normas de Diseño Geométrico para Carreteras del SNC, el tramo Charazani-Apolo pertenece a la Categoría IV<sup>19</sup>, de acuerdo con su TPDA. Por lo tanto, para esta categoría, los datos adoptados se presentan en el Cuadro 3:

CUADRO 3. DATOS BÁSICOS DE ENTRADA AL MODELO

Datos introducidos	Valor	Fuente
Subidas y bajadas en m/km	300	Plan Maestro de Transporte por Superficie 2005
Curvatura en grados/km	300	PMTS 2005
Ancho de la calzada en m	6	PMTS 2005
Límite de velocidad en km/h	40	Manual de Normas de Diseño Geométrico de Carreteras

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Debido a las características de la topografía del terreno montañoso en la que se desarrolla el tramo, existen curvas cerradas y pendientes altas que están fuera de las normas de diseño de carreteras. Por lo tanto, la velocidad media de los automóviles es de 40 km/h durante la estación seca, reduciéndose a 35 km/h en época húmeda debido a la mala condición del camino por efecto de la lluvia. Esto convierte al camino en un barrial y provoca baches, obstaculizando el recorrido normal de los vehículos que circulan por el tramo.

El nivel de servicio de cada alternativa del proyecto es definido por una rugosidad media estimada a lo largo del período de evaluación de acuerdo a los valores propuestos por Archondo-Callao (1999) (Anexo 3).

## Datos básicos de entrada al Modelo RED

Los datos básicos de entrada se presentan en el Cuadro 4.

<sup>19</sup> En el Manual de Normas de Diseño Geométrico para Carreteras del SNC, están definidas seis categorías en función del volumen de tránsito. La categoría IV corresponde a caminos con un TPDA menor a 200 vehículos por día.

CUADRO 4. DATOS BÁSICOS DE ENTRADA

Descripción	Sin proyecto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
	Mantenimiento rutinario 90 días		Ripiado y alineación 5 años	Alcantarillas	Ripiado y alineación + alcantarillas 5 años
Terreno	Montañoso	Montañoso	Montañoso	Montañoso	Montañoso
Tipo		Ripiado	Ripiado	Ripiado	Ripiado
Rugosidad media	10	7	10	7	10
Duración de la inversión (años)	0	1	1	1	1
Inversión (USD/km)	0	5,39	2,83	8,22	4,58
Costos de mantenimiento: Fijos (USD/km/año)	1,89	2,97	1,89	2,97	1,89
Tránsito normal (TPDA)	11	11	11	11	11

Fuente: Elaboración propia, 2007.

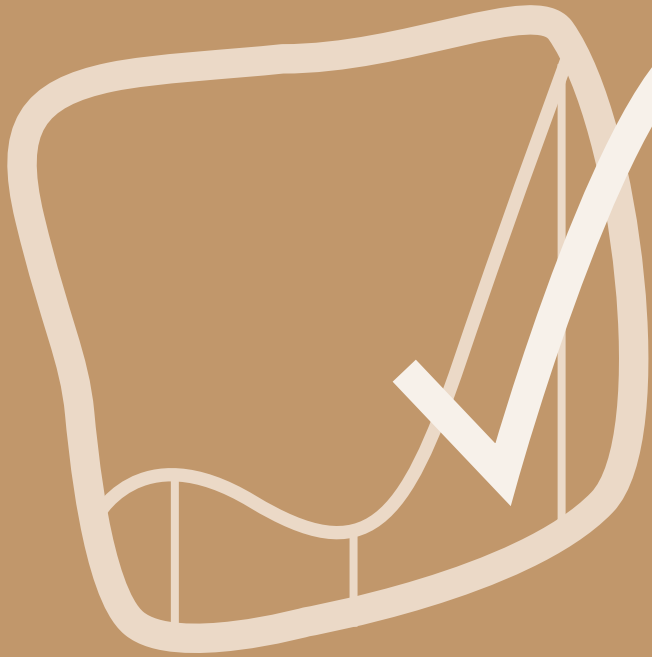
## Análisis de sensibilidad

Se ha realizado el análisis de sensibilidad de valores intercambiados para alcanzar el VAN = 0, haciendo variar el tráfico normal, la tasa de crecimiento del tráfico, la rugosidad del camino sin proyecto en época seca y húmeda, así como los costos de inversión y mantenimiento.

## Análisis de riesgo

Con el análisis de riesgo, se puede incluir explícitamente la incertidumbre presente en las estimaciones de los parámetros de entrada para generar resultados que muestren todos los posibles resultados. Para este análisis, se hicieron las siguientes suposiciones en las diferentes alternativas:

- El tráfico normal mínimo posible es 70% del valor más probable estimado (12 vehículos/día) y el valor máximo es 130%.
- La tasa de crecimiento del tráfico normal mínimo posible es 70% del valor más probable estimado (2,74%) y el valor máximo es 150%.
- El costo de tiempo de pasajero y de carga, mínimo posible, es 80% del valor más probable estimado y el valor máximo es 120%.
- La rugosidad mínima posible sin proyecto es 80% del valor más probable estimado (10 IRI) y el valor máximo es 120%, para la estación seca y húmeda.
- La rugosidad mínima posible después de aplicar las alternativas 1, 2, 3 y 4 es 80% del valor más probable estimado y el valor máximo es 120%, en época seca y húmeda.
- El costo de inversión y mantenimiento sin proyecto y de las alternativas 1, 2, 3 y 4, mínimo posible, es 100% del valor más probable estimado y el valor máximo es 150%.





## Resultados

## Resultados de la TIR y el VAN<sup>20</sup>

En el mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo, la TIR de las alternativas 1 y 3 es menor a 0%, mientras que para las alternativas 2 y 4 es igual a 8%, menor de 12,07% (tasa de descuento). Si se analiza el VAN, se observa que todas las alternativas son negativas, siendo la alternativa 4 la que presenta mayor VAN con menos USD 85.000, como se presenta en el Cuadro 5:

CUADRO 5. COSTOS Y BENEFICIOS DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHARAZANI-APOLO (EN MILLONES DE USD)

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Costos	Inversión	-0,724	-0,380	-1,105	-0,380
	Mantenimiento	-1,065	0,000	-1,065	0,000
Beneficios	COV <sup>21</sup>	0,127	0,172	0,303	0,000
	CVT <sup>22</sup>	0,148	0,102	0,253	0,218
Valor actual neto (millones USD)		-1,514	-0,105	-1,614	-0,085
Tasa interna de retorno		< 0%	8%	< 0%	8%

Fuente: Elaboración propia, 2007.

## Resultados del análisis de sensibilidad

Utilizando la opción de valores intercambiados del modelo, para alcanzar VAN = 0, obtenemos los resultados del Cuadro 6:

CUADRO 6. VALORES INTERCAMBIADOS PARA ALCANZAR VAN = 0

Tipo de vehículo	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
VAN	0	-1,514	0	-0,105	0	-1,614	0	-0,085
Tráfico normal (vehículos/día)	72	11	15	11	43	11	15	11
Tasa de crecimiento del tráfico normal (%)	23,5%	2,7%	6,9%	2,7%	18,4%	2,7%	6,6%	2,7%
Rugosidad del camino sin proyecto época seca (IRI)	25,8	10	11,2	10	26,7	10	17	10
Rugosidad del camino sin proyecto época húmeda (IRI)	61,1		17,2		63,4		17,0	15
Costos de inversión (10 <sup>3</sup> USD/km)	-4,9	4,5	1,7	2,4	-3,2	8,22	2,8	3,8
Costos de mantenimiento (10 <sup>3</sup> /km/año)	1,2	3,2	1,5	1,6	1,1	2,5	1,5	1,6

Fuente: Elaboración propia, 2007.

## Resultados del análisis de riesgo

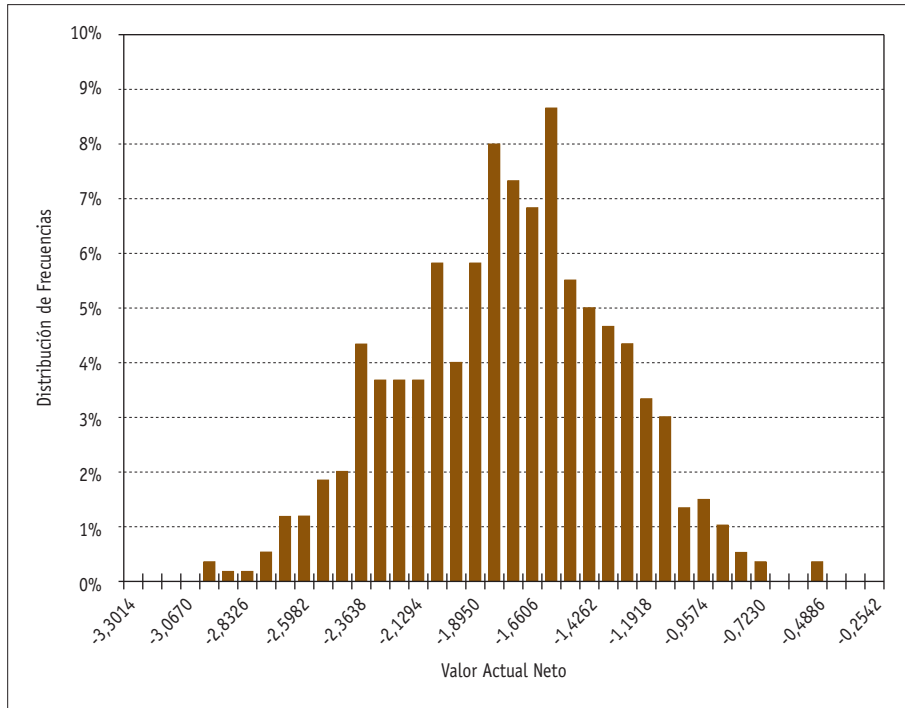
La distribución de probabilidad de datos de entrada y salida para el VAN se presenta en los siguientes gráficos:

<sup>20</sup> Los resultados presentados han sido obtenidos mediante la herramienta RED.

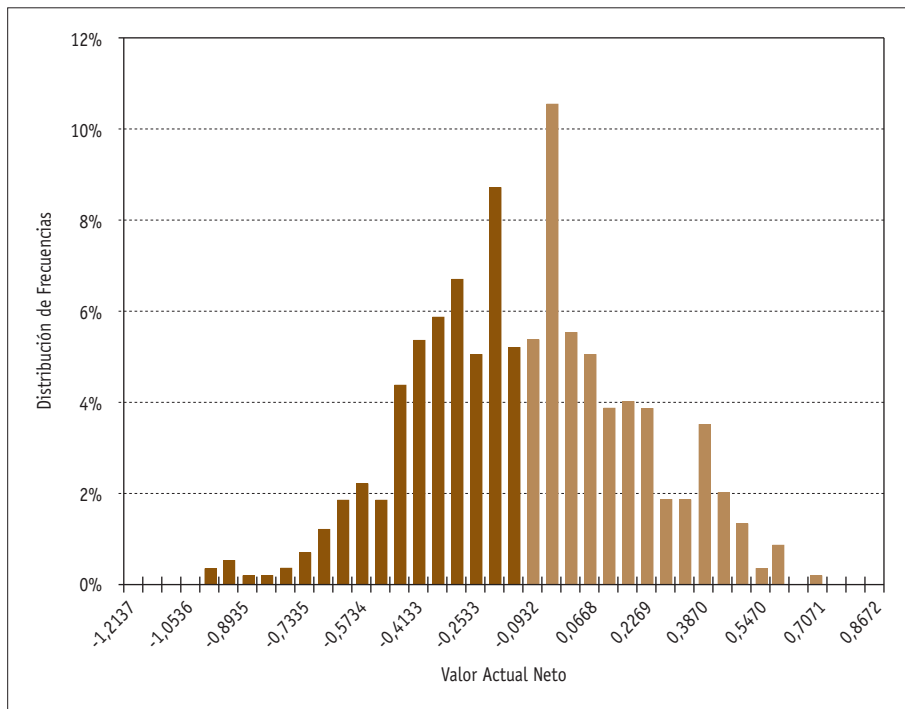
<sup>21</sup> Costos de operación vehicular.

<sup>22</sup> Costo del valor del tiempo.

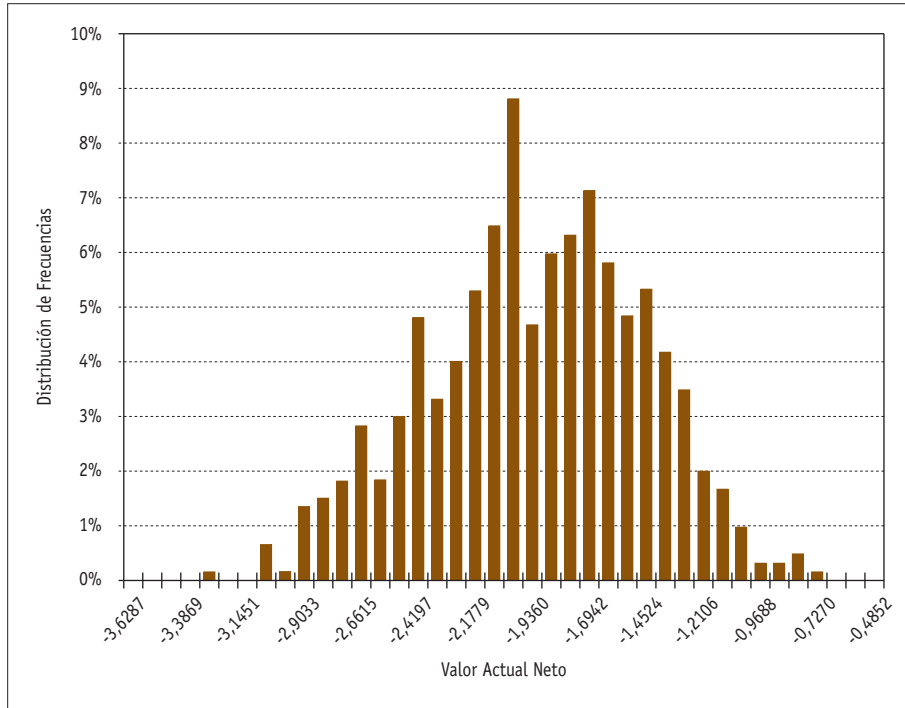
ALTERNATIVA 1



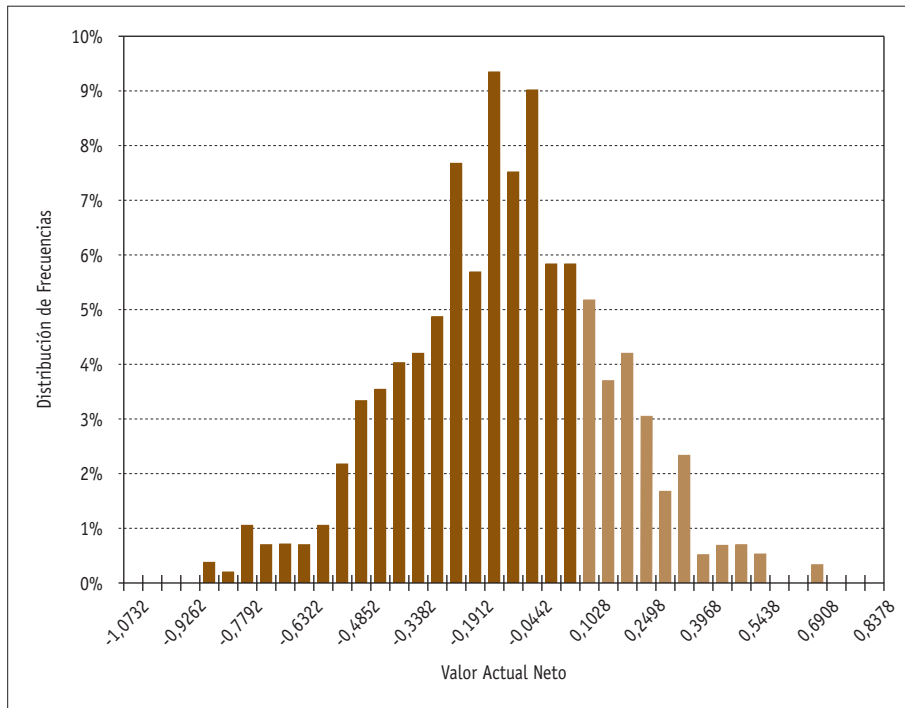
ALTERNATIVA 2



ALTERNATIVA 3



ALTERNATIVA 4





## Discusión y conclusiones

**E**ste análisis muestra que el mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo conllevaría beneficios económicos a la zona mejorando las condiciones de vida de los pobladores locales con la obtención de mejores accesos a servicios, disminución de tiempos de viaje y de costos de operación vehicular, mejora de la transitabilidad de la vía y potenciamiento del turismo en la zona.

Sin embargo, de acuerdo al análisis realizado en el presente estudio, el mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo no es viable actualmente para ninguna de las cuatro alternativas analizadas. Esto puede deberse al bajo volumen de tráfico que circula por el tramo. Por otro lado, un incremento en el tráfico de 11 a 15 vehículos por día haría que las alternativas 2 (construcción de alcantarillas) y 4 (construcción de puentes), sean viables. La alternativa 3 sólo sería viable cuando el tráfico sea mayor a 43 vehículos por día, mientras que la alternativa 1 (ripiado y alineación) sólo será viable cuando la cantidad de vehículos sea mayor a 72. Esto puede deberse a que el ripiado de la carretera tiene una vida útil corta. Por lo tanto, se requerirá volver a rpiar para mejorar la condición del camino, con los costos consiguientes, cada cinco años.

La construcción de puentes y alcantarillas es importante para evitar las horas de espera en la orilla del río debido a la subida del nivel de aguas. Con el crecimiento esperado del tráfico, en algunos años, se podrán convertir en inversiones viables.

En el análisis de riesgo se observa que la probabilidad de las alternativas 1 y 3, de ser factibles, es 0, considerando los supuestos adoptados. Sin embargo, hay una probabilidad significativa de que las alternativas 2 ó 4 sean factibles, con 34% y 31%, respectivamente. Eso demuestra que introduciendo cambios en los parámetros analizados, considerando los supuestos adoptados, pueden convertir esos proyectos en alternativas económicamente factibles, aunque riesgosas actualmente.

De acuerdo al diagnóstico de los atractivos turísticos de la ruta, se establece que ésta presenta un gran potencial turístico debido a los atractivos naturales, históricos, culturales y paisajísticos que no han sido explotados todavía. A pesar de todos estos atractivos, el flujo turístico es bajo. Esto puede deberse a que la infraestructura caminera y los servicios no son adecuados, y es insuficiente la promoción de la región. Aún falta la implementación de un programa de fomento turístico consensuado, coordinado y con visión a largo plazo.

La implantación de programas de desarrollo turístico que aprovechen el alto potencial de la región, junto a los proyectos de mejoramiento vial, podrán estimular el uso de esa ruta y aumentar la demanda de tráfico, aumentando las tasas de crecimiento al punto de garantizar la factibilidad de las alternativas de inversión y estimular el desarrollo económico de la región.

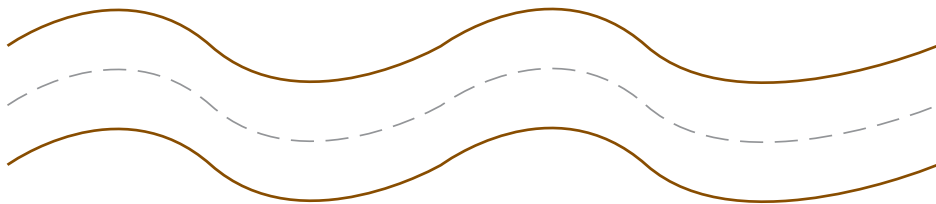


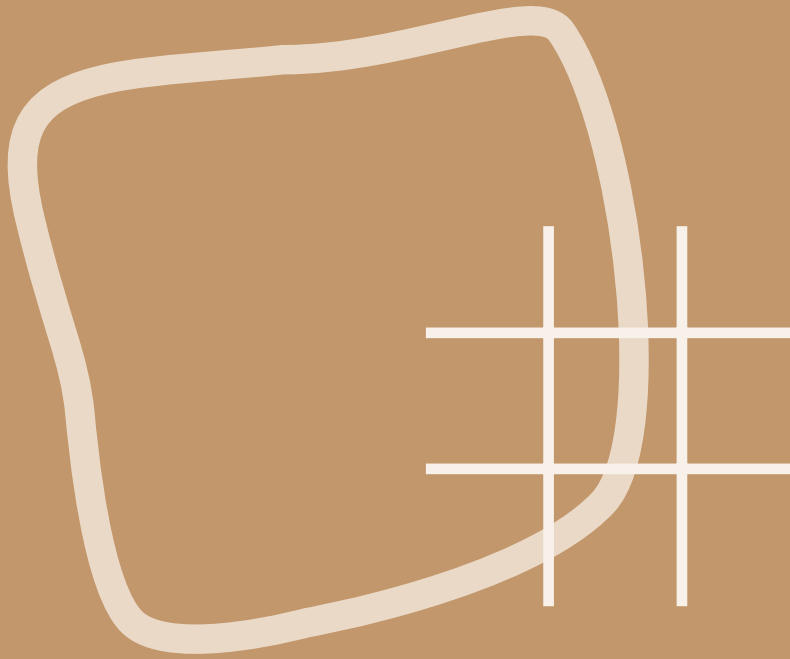
## Bibliografía

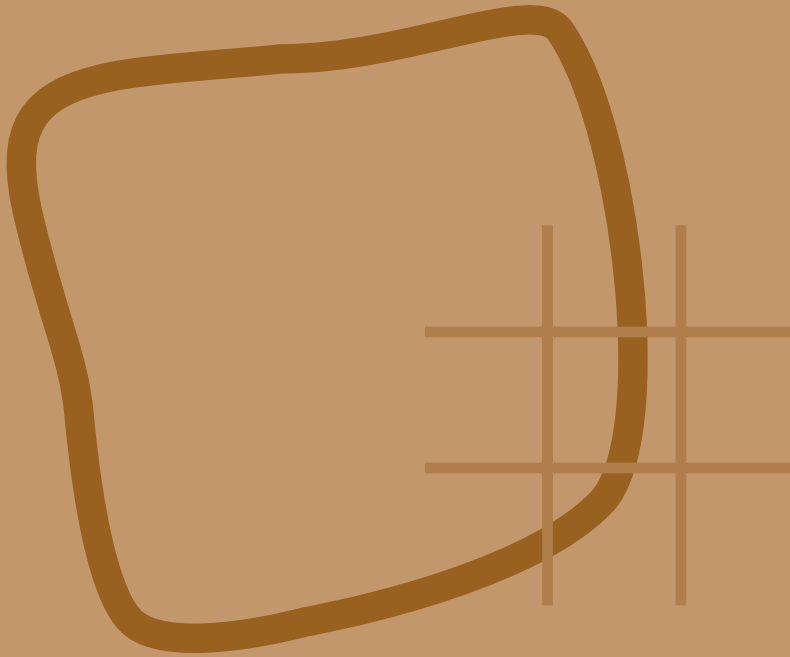
- ABC. (2006) *Mantenimiento rutinario carretera Escoma-Charazani*.
- ABC. (2006) *Estadística Vial 1998-2003*.
- AECI. (1999) *Proyecto integral Apolobamba*. Programa ARAUCARIA. Agencia Española de Cooperación Internacional y SERNAP.
- ARCHONDO R. (2004) *Modelo de Evaluación Económica. Guía para el usuario y casos de estudio*.
- ARCHONDO-CALLAO R., (1995) *Entorno de fácil manejo del modelo de normas de conservación y diseños de carreteras (HDM)*.
- ARCHONDO-CALLAO R. (1999) *Unpaved Roads. Roughness Estimation by Subjective Evaluation. Infrastructure Notes. Transport, Water and Urban Development*.
- CABALLERO J., (2003) *Diagnóstico del turismo en Parque Nacional Madidi, área de manejo integrado y zona de influencia*.
- CAPRILES J. y REVILLA C. (1998) *Ocupación Inka en la región Kallawayá: Oralidad, etnohistoria y arqueología de Camata, Bolivia*.
- CARE. (2000) *La historia de la ocupación del espacio y el uso de los recursos en el PNANMI Madidi y su zona de influencia*. Comunidad Europea, SERNAP, CARE y WCS.
- FLECK L., PAINTER L., REID J. y AMED M. (2006). *Una carretera a través del Madidi: Un análisis económico-ambiental*. Conservation Strategy Fund. Serie técnica N° 6.
- REVISTA ESCAPE (La Razón). (2000-2006) Artículos de prensa varios.
- PARKS WATCH BOLIVIA, (2005) *Diagnóstico del Área de Manejo Integrado Apolobamba*. Serie perfiles de parque.
- QUEIROZ, C., (1994) *Cuestiones técnicas y económicas relacionadas con el deterioro y mantenimiento de caminos*. Primer Seminario Nacional. PROVIAL. Bolivia.
- REVISTA ESCAPE (La Razón). (2006) "Iskanwaya la Urbe Mollo". [www.la-razon.com](http://www.la-razon.com).
- REVUELTA H, JEREZ R y ASTURIZAGA E. (2005) *Plan Maestro de Transporte por Superficie* Servicio Nacional de Caminos.

SERNAP, (2006) *Estrategia de Gestión de Tierras*. Tomo II. Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba. SERNAP, BIAP y KFW. La Paz-Bolivia, 2006.

TREVIÑO A., SARMIENTO J. y CABRERA H. (2003) *Evaluación de la factibilidad ambiental de los tramos propuestos por la Prefectura del Departamento de La Paz para vincular Apolo con Ixiamas en el Parque Nacional Madidi*.







## Anexos



ALTERNATIVA 2-ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO  
RIPIADO CON ESPESOR DE 15 CM

Nº	Descripción	Unidad	Volumen	p.u. USD/unidad	Costo parcial (USD)
1	Colocación de ripio seleccionado	m <sup>3</sup>	72.900,00	6,34	462.186,00
2	Excavación común para caminos	m <sup>3</sup>	33.170,00	1,68	55.725,60
3	Excavación en roca para caminos	m <sup>3</sup>	14.222,00	8,92	126.860,24
4	Terraplén compactado para caminos	m <sup>3</sup>	23.100,00	3,07	70.917,00
5	Nivelación de plataforma incluyendo cunetas	km	163,95	78,74	12.909,42
6	Muro de gaviones	m <sup>3</sup>	2.220,00	60,21	133.666,20
Costo total mantenimiento periódico				USD	862.264,46
Costo total mantenimiento periódico por km				USD/km	5.389,15
Costo total mantenimiento periódico por 10 <sup>3</sup> km				000 USD/km	5,39

Fuente: Servicio Nacional de Caminos, 2006.

ALTERNATIVA 3-ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO  
CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLAS, DEFENSIVOS, GAVIONES, ZANJAS DE CORONAMIENTO, CUNETAS,  
SUBDRENES Y RECONFORMACIÓN DE CANALES

Nº	Descripción	Unidad	Volumen	p.u. USD/unidad	Costo parcial (USD)
1	Construcción de alcantarillas	ml	768	246,32	189.176,54
2	Defensivo de escollerado	m <sup>3</sup>	5.670	27,22	154.337,40
3	Zanjas de coronamiento revestidas	ml	1.830	9,20	16.836,00
4	Cunetas revestidas	ml	1.350	5,60	7.560,00
5	Subdren tipo francés	m <sup>3</sup>	4.300	10,80	46.440,00
6	Reconformación de canales y ríos	m <sup>3</sup>	20.000	1,97	39.400,00
Costo total mantenimiento periódico				USD	453.749,94
Costo total mantenimiento periódico por km				USD/km	2.835,94
Costo total mantenimiento periódico por 10 <sup>3</sup> km				10 <sup>3</sup> USD/km	2,83

Fuente: Servicio Nacional de Caminos, 2006.

ALTERNATIVA 4 - ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

OBRAS DE ARTE MAYOR - PUENTES

Descripción del puente	Cantidad	Longitud	Longitud total	Costo promedio por metro	Costo total (USD)
Puente losa con luz de 3 m	2	3	6,00	3.046,91	18.281,46
Puente losa con luz de 5 m	3	5	15,00	2.830,07	42.451,05
Puente de H <sup>PA</sup> con luz de 10 m	4	10	40,00	4.038,97	161.558,80
Puente de H <sup>PA</sup> con luz de 15 m	4	15	60,00	4.008,66	240.519,60
Puente viga postesada con luz de 25,60 m	2	25,6	51,20	5.271,88	269.920,26
Costo total mantenimiento periódico	15		172,20		732.731,17
Costo total mantenimiento periódico por km				USD/km	4.579,57
Costo total mantenimiento periódico por 10 <sup>3</sup> km				10 <sup>3</sup> USD/km	4,58

Fuente: Servicio Nacional de Caminos, 2006.

## Anexo 2. Datos de tráfico

### Composición del tráfico

No.	Tipo de vehículo	%
1	Automóvil	19,29
2	Camioneta	16,24
3	Minibús	9,48
4	Microbús	3,21
5	Bus mediano	2,37
6	Bus grande	19,97
7	Camión pequeño	1,18
8	Camión mediano	3,89
9	Camión grande	19,29
10	Camión articulado	0,51
11	Motos	3,55
12	Otros	1,02
	Total	100,00

Fuente: Estudio de tráfico Proyecto Mantenimiento Periódico Charazani-Apolo, 2006.

Tipo de vehículo	%
Automóvil liviano	23,86
Utilitario 4 x 4	16,24
Bus mediano	35,03
Camión mediano	5,07
Camión pesado	19,80
Total	100,00

Fuente: Elaboración propia, 2006.

## Determinación de la tasa de crecimiento

No se cuenta con conteo en el tramo. Por lo tanto, para determinar la tasa de crecimiento se han adoptado los datos de tráfico del Escoma-Charazani bajo el supuesto de que tiene el mismo comportamiento que el tramo Charazani-Apolo en cuanto al crecimiento del tráfico.

Año	TPDA*	y	% i
1991	86	20	
1992	49	21	
1993	31	21	2,74
1994	46	22	2,74
1995	75	22	2,74
1996	61	23	2,74
1997	58	23	2,74
1998	74	24	2,74
1999		25	2,74
2000		25	2,74
2001		26	2,74
2002		27	2,74
2003		28	2,74
2004	90	28	2,74
2005	92	29	2,74
2006		30	2,74

\* Datos de tráfico promedio diario anual (ABC, 2006). Mantenimiento rutinario carretera Escoma-Charazani.

Fuente: Estadística Vial SNC, 1991-2005.

## Proyección del tráfico

PROYECTO: CARRETERA CHARAZANI-APOLO

PROYECCION DEL TRÁFICO NORMAL

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL = 2,74%

Nº	Año	TPDA* Veh/día	TPDA Proyectado	1	2	3	4	5
				Livianos	Camioneta 4X4	Buses	Camiones Medianos	Camiones Pesados
1	1998		9	2	2	3	1	2
2	1999		9	2	2	3	1	2
3	2000		9	2	2	3	1	2
4	2001		9	2	2	3	1	2
5	2002		9	2	2	3	1	2
6	2003		9	2	2	3	1	2
7	2004		9	2	2	3	1	3
8	2005	10	10	2	2	3	1	3
9	2006		10	2	2	3	1	3
10	2007		10	2	2	3	1	3
11	2008		11	2	2	3	1	3
12	2009		11	2	2	4	1	3
13	2010		11	2	2	4	1	3
14	2011		11	2	2	4	1	3
15	2012		12	2	2	4	1	3
16	2013		12	2	2	4	1	3
17	2014		12	2	2	4	1	3
18	2015		13	2	2	4	1	3
19	2016		13	2	2	4	1	3
20	2017		13	2	2	4	1	4
21	2018		14	2	2	4	1	4
22	2019		14	2	2	5	1	4
23	2020		14	3	2	5	1	4
24	2021		15	3	3	5	1	4
25	2022		15	3	3	5	1	4
26	2023		16	3	3	5	1	4
27	2024		16	3	3	5	1	4
28	2025		16	3	3	5	1	4
29	2026		17	3	3	6	1	4
30	2027		17	3	3	6	1	5
31	2028		18	3	3	6	1	5

\* Dato de tráfico promedio diario anual del Plan Maestro de Transporte por Superficie, 2005.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

## Anexo 3. Rugosidad de la carretera sin pavimentar

Valores sugeridos en base a una evaluación cualitativa de la calidad de rodadura de las carreteras.

Calidad de rodadura	IRI
Pavimento liso	2
Pavimento de rugosidad media	4
Pavimento rugoso	6
Pavimento rugosidad alta	8
Pavimento muy rugoso	10

Fuente: Métodos de evaluación económica de las inversiones y conservación viarias (Archondo-Callao).

## Anexo 4. Selección de vehículos y cuantificación de datos de las variables técnicas y económicas operacionales básicas

La condición fundamental en el proceso de selección es que los vehículos sean representativos de la flota que transita por el corredor del proyecto. Por esta razón, su estructura se ha planteado a partir de la estructura del parque automotor en el país y de sus características. Igualmente se han considerado las opiniones de transportadores y empresarios del sector automotor, en especial con relación al comportamiento esperado de los tipos de vehículos y a sus características técnicas específicas.

De acuerdo con el plan maestro de superficie, la composición de los vehículos que transitan por el tramo es la siguiente:

- Vehículos livianos: automóviles para pasajeros y/o carga, con capacidades variables entre dos y diez pasajeros y carga inferior a dos toneladas.
- Utilitarios 4WD: camionetas y vagonetas 4x4.
- Buses: vehículos con capacidad de hasta 40 pasajeros; de dos ejes.
- Camión mediano: vehículos con peso total máximo de diez toneladas, destinado al transporte de productos agrícolas regionales y para la movilización de pasajeros.
- Camión grande: vehículos de dos ejes con peso total máximo de 20 toneladas, utilizado en el transporte de larga distancia, para transporte de productos regionales.

En base a las categorías de vehículos, se seleccionaron las marcas más representativas de los mismos, para lo cual se tomaron los datos del Plan Maestro de Transporte por Superficie, 2005. En el siguiente cuadro, se resumen los tipos de vehículos seleccionados. Además, se obtuvieron los costos económicos y financieros para cada tipo de vehículo del Plan Maestro de Transporte por Superficie y de encuestas realizadas a diferentes casas importadoras, obteniéndose los siguientes resultados:

### COSTOS DE LOS VEHÍCULOS (USD DE 2007)

Tipo de vehículo	Marca	Costo financiero	Costo económico
Automóvil	Toyota Corolla	13.431	11.900
Camioneta	Toyota Hi Lux	23.364	20.700
Bus Scania	K 113 CL	124.154	110.000
Camión mediano	NISSAN	56.434	50.000
Camión grande	NISSAN	67.721	60.000

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Sobre la base de los vehículos seleccionados en la anterior tabla, con la ayuda de las cotizaciones proforma y los catálogos de los vehículos respectivos y los datos del Plan Maestro de Transporte

por Superficie, se identificaron las principales características de cada tipo de vehículo como la capacidad, los tipos de ejes, la potencia, el área frontal, los pasajeros promedio, el kilometraje anual recorrido, etc.

## *Costo de combustibles y lubricantes*

Para convertir el costo de los combustibles y lubricantes a precios financieros se tomaron los precios vigentes por litro en el tablero de precios de la Superintendencia de Hidrocarburos consignando esos valores como valores económicos y obteniéndose el costo financiero, los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

### COSTO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

Derivados	Precio [Bs/Litro]	Tipo de Cambio BsUSD 1.- (junio/2007)	Costo económico [USD/Litro]	Costo financiero [USD/Litro]
Gasolina	3,74	7,91	0,473	0,250
Diesel	3,72	7,91	0,470	0,320
Aceite	10,00	7,91	1,264	0,770

Fuente: Elaboración propia en base a precios vigentes de la Superintendencia de Hidrocarburos, 06/07.

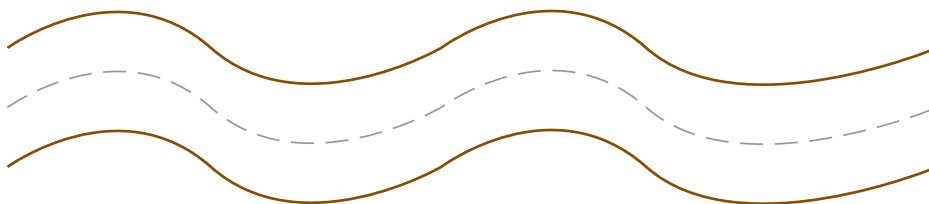
## Anexo 5. Definición y caracterización de la infraestructura en la cual operan y operarán los vehículos y de las alternativas de mejoramiento

El camino analizado es un camino de 160 km de largo, 6 m de ancho de calzada con 1 carril de circulación. En resumen, la condición del tramo se detalla en el siguiente cuadro:

### DEFINICIÓN DE TRAMOS

Tramo	Progresiva		Longitud km	Condición subrasante	Problemas del tramo	Solución
	desde	hasta				
1	186	218	32	estable	Erosión y destrucción de la plataforma debido al trazado del camino paralelo al río Charazani	Obras de arte, muro de gaviones y alcantarillas
2	218	257	39	estable	Superficie rugosa que requiere de una capa granular, taludes inestables y badenes antiguos	Ripiado y alcantarillas
3	257	298	41	inestable	Suelo arcilloso, taludes de roca pizarra que se disgregan por la acción del clima, desestabilización de la plataforma por la constante llovizna, requiere densificación de alcantarillas	Ripiado y alcantarillas
4	298	322	24	estable	Humedecimientos de la plataforma convirtiéndose en un terreno resbaladizo con peligro de embarrancamiento de vehículos	Ripiado
5	322	345	23	estable	Curvas cerradas y con poca visibilidad, requiere cambios de alineamiento de la ruta y la construcción de variantes cortas	Cambio de alineamiento y variantes cortas

Fuente: Elaboración propia, en base al proyecto Mantenimiento Periódico de la Carretera Charazani-Apolo ABC, 2007.



## **Serie Técnica**

**Edición 1** – Análise de viabilidade sócio-econômico-ambiental de transposição de águas da bacia do Rio Tocantins para o Rio São Francisco na região do Jalápaó/TO (2002).  
fani mamede, paulo garcia y wilson cabral de souza júnior

**Edición 2** – Valoração econômica do Parque Estadual Morro do Diabo (SP) (2003).  
cristina adams, cristina aznar, ronaldo seroa da motta, ramón ortiz y john reid

**Edición 3** – A pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental (2005).  
ane alencar, laurent micol, john reid, marcos amend, marília oliveira, vivian zeideman y wilson cabral de souza júnior

**Edición 4** – Custos e benefícios do complexo hidrelétrico de Belo Monte (2006).  
wilson cabral de souza júnior, john reid y neidja cristiane silvestre leitão

**Edición 5** – Beneficios económicos regionales generados por la conservación: el caso del Madidi (2006).  
leonardo c. fleck, marcos amend, lilian painter y john reid

**Edición 6** – Una carretera a través del Madidi: un análisis económico-ambiental (2006).  
leonardo c. fleck, lilian painter, john reid y marcos amend

**Edición extra** – Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca Changuinola-Teribe (2006).  
sarah cordero, ricardo montenegro, maribel mafla, irene burgués y john reid

**Edición 7** – Efeitos de projetos de infra-estrutura de energia e transportes sobre a expansão da soja na bacia do rio Madeira (2007).  
maria del carmen vera-díaz, john reid, britaldo soares filho, robert kaufmann y leonardo c. fleck

**Edición 8** – Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (2007).  
victor hugo ramos, irene burgués, leonardo c. fleck, gerardo paiz, piedad espinosa y john reid

**Edición 9** – Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional (2007).  
dalía amor conde, irene burgúes, leonardo c. fleck, carlos manterota y john reid

**Edición 10** – Tenosique: Análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta (2007).  
israel amescua, gerardo carreón, javier marquez, rosa maría vidal, irene burgués, sarah cordero y john reid

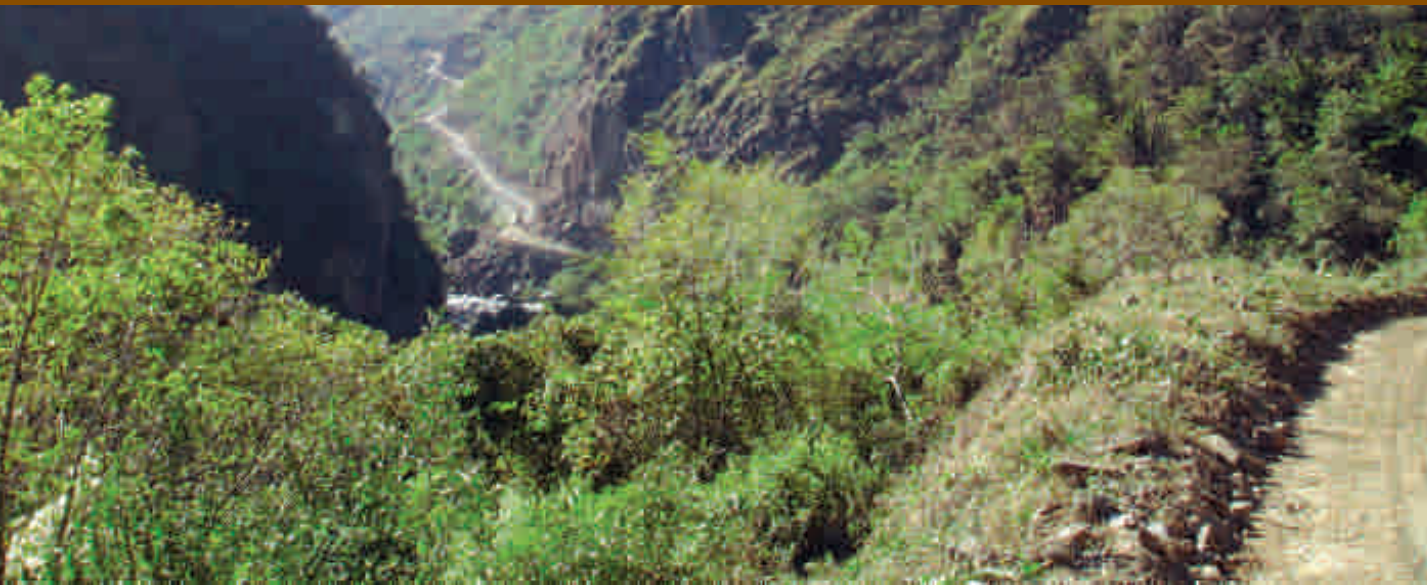
**Edición 11** – Critérios econômicos para a aplicação do Princípio do Protetor-Recebedor; Estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos (2007).  
juliana strobrel, wilson cabral de souza júnior, ronaldo seroa da motta, marcos amend y demerval gonçalves

**Edición 12** – Carreteras y Áreas Protegidas: un análisis económico integrado de proyectos en el norte de la amazonia boliviana (2007).  
leonardo c. fleck, lilian painter y marcos amend

**Edición 13** - El efecto Chalalán: Un ejercicio de valoración económica para una empresa comunitaria (2007).  
alfonso malky, cándido pastor, alejandro limaco, guido mamani, zenón limaco y leonardo c. fleck

**Edición 14** - Beneficios y costos del mejoramiento de la carretera Charazani-Apolo (2007).  
lia peñarrieta venegas y leonardo c. fleck

REALIZACIÓN



APOYO



GORDON AND BETTY  
**MOORE**  
FOUNDATION