



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	1 / 115	

### DESCRIPCIÓN DE LAS REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
00	Diciembre-2011	Versión inicial EIA etapa II para MADS	
01	Agosto -2012	Información adicional EIA segunda etapa	Respuesta Auto 2354 del 25 de julio de 2012

<p><b>Elaborador por:</b>  Valoración Económica Ambiental.  Haider Jaime Rueda  Harold Coronado Arango  Diana Hernández Hernández  Juan Pablo Acosta Rivera  Rolando Jaime Rueda  Melwin Galviz</p>	<p><b>Revisado por:</b>  RP Ambiental – Pedro Simón Lamprea Q.</p>
<p><b>Aprobado Por:</b>  Gerente Ambiental y Social – Hernando Medellín H.</p>	

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	2 / 115	

## Contenido

12	Introducción.....	6
12.1	Metodología del Análisis Económico de Impactos.....	9
12.2	Determinación de Impactos Relevantes para el Análisis Económico.....	17
12.2.1	Análisis de Lógica Difusa.....	18
12.2.2	Motivación.....	18
12.2.3	Marco teórico.....	18
12.2.4	Descripción de la metodología para la priorización de los impactos ambientales a evaluar.....	21
12.2.5	Resultados de la implementación del modelo de inferencia difuso.....	23
12.3	Otros impactos sobre agentes económicos por fuera del área de estudio del EIA.	48
a.	Transporte De Carga.....	49
b.	Transporte Pasajeros.....	51
c.	Transporte Particular.....	52
d.	Propiedad de finca raíz y las actividades productivas y residenciales.....	53
12.4	Revisión de Literatura Sobre Impactos Relevantes.....	57
12.4.1	Reducción de los costos de viaje.....	59
12.4.2	Aumento en el valor de la propiedad de finca raíz.....	60
12.4.3	Disminución del riesgo de accidente.....	62
12.5	Valoración Monetaria de Impactos Relevantes.....	63
12.5.1	Beneficios económicos por la reducción de los costos de viaje.....	64
12.5.2	Beneficios económicos por el aumento en el valor de la propiedad de finca raíz.	69
12.6	Beneficios económicos por la disminución del riesgo de accidente.....	74
12.7	Beneficios por efectos fiscales: Impuestos.....	77
12.8	Plan del 1%.....	78
12.9	Beneficios por el salario diferencial en la generación de empleos en la zona.....	80
12.10	Beneficios por el valor de las medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación.....	81
12.11	Beneficios por transferencias locales: uso de recursos naturales durante la construcción y operación del proyecto.....	83
12.11.1	Beneficios por Transferencias locales en el Aprovechamiento forestal.....	83
12.11.2	Beneficios por transferencias locales, tasa de uso del agua.....	84

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	3 / 115	

12.12	Costos por afectación de la calidad del aire .....	86
12.13	Costos por servicios ambientales de los bosques .....	90
12.14	Costos por restricción de la movilidad durante la fase de construcción. ....	94
12.15	Costos de construcción del proyecto.....	95
12.16	Flujos de costos y beneficios, cálculo de indicadores de rentabilidad social. ..	97
12.17	Conclusiones y recomendaciones. ....	102
13	Bibliografía.....	105
14	Anexos.....	110

### Tabla de Ilustraciones

Ilustración 12-1 Pasos metodológicos para el análisis económico de impactos ambientales – Proyecto Ruta del Sol – Tramo 2.....	10
Ilustración 12-2. Esquema de Beneficios y costos del Proyecto.....	12
Ilustración 12-3: Sistema de inferencia difuso (Mamdani) .....	20
Ilustración 12-4: Trazado preliminar y buffer de distancia.....	70

### Tabla de Gráficas

Gráfica 12-1 Conjuntos difusos y funciones de membresía de las variables de salida.....	28
Gráfica 12-2: Funciones de membresía de las variables de entrada de los modelos de cada criterio. ....	31
Gráfica 12-3. Proyecciones de la disminución de costos por kilómetro en pesos corrientes. ....	66
Gráfica 12-4. Beneficios por ahorros de costos en transporte por tramo. ....	67
Gráfica 12-5. Beneficios por disponibilidad a pagar por confort en la vía.....	69
Gráfica 12-6. Función de cambio marginal del precio. ....	71
Gráfica 12-7: Beneficios anuales por la reducción del riesgo de accidente. ....	77
Gráfica 12-8. Tasa de crecimiento poblacional (anual) .....	89
Gráfica 12-9: Beneficios anuales por reducción de la exposición a gases contaminantes. ....	90
Gráfica 12-10: Costos por aumento en los tiempos de viaje durante la construcción.....	94
Gráfica 12-11: Costos DAP por aumento en los tiempos de viaje durante la construcción. ....	95
Gráfica 12-12: Distribución de Beneficios y costos en el Proyecto.....	102
Gráfica 12-13. Relación beneficio costo frente a cambios en el crecimiento anual del número de viajes en la Ruta del Sol. ....	103
Gráfica 12-14. Relación beneficio costo frente a cambios en la tasa de descuento. ....	104

### Lista de tablas

Tabla 12-1 Pasos Metodológicos desagregados seguidos por el equipo de AE.....	12
Tabla 12-2. Actividades definidas del EIA .....	23


Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	4 / 115	

Tabla 12-3. Correspondencia entre medios y efectos específicos y los flujos de bienes y servicios.....	24
Tabla 12-4: Flujos de bienes y servicios ambientales a priorizar.....	26
Tabla 12-5: Criterios y variables de entrada.....	27
Tabla 12-6: Conjuntos difusos asociados a las variables de entrada de los modelos de cada criterio. ....	29
Tabla 12-7: Función de conversión, modelo VET.....	32
Tabla 12-8: Función de conversión, modelo Metodología. ....	33
Tabla 12-9: Reglas de inferencia del modelo AE. ....	33
Tabla 12-10: Reglas de inferencia del modelo SIG. ....	34
Tabla 12-11: Reglas del modelo de Relevancia Agregada. ....	38
Tabla 12-12: Mecanismo de evaluación para la obtención de los valores de entrada usados en el modelo Mamdani del criterio de AE. ....	39
Tabla 12-13: Resultados del mecanismo de evaluación para variables de entrada de VET, AE y Metodología. ....	40
Tabla 12-14: Valores de entrada de las variables del modelo SIG.....	41
Tabla 12-15: Resultados de implementación de modelos. ....	47
Tabla 12-16: Impactos relevantes para valoración.....	48
Tabla 12-17. Movimiento de Carga Nacional (Miles de Toneladas) .....	49
Tabla 12-18. Movimiento de Carga Nacional por modo de Transporte (Miles de Toneladas).....	50
Tabla 12-19 Distribución Porcentual Carga Nacional Toneladas por Año.....	50
Tabla 12-20. Movimiento de Pasajeros. ....	51
Tabla 12-21. Conteo Manual en Carreteras. ....	52
Tabla 12-22: Conteo Vivienda, Hogares y Personas. ....	53
Tabla 12-23. Establecimientos por Actividad Económica.....	55
Tabla 12-24. Establecimientos según escala de personal por actividad económica.....	56
Tabla 12-25. Producción Pecuaria Evaluada para el año 2004.....	57
Tabla 12-26. Costos y beneficios ambientales y socioeconómicos a valorar.....	57
Tabla 12-27. Factores relativos de des-utilidad por lesiones nivel de gravedad. ....	63
Tabla 12-28. Costos de transporte de carga por kilómetro y variaciones por la operación del proyecto. ....	64
Tabla 12-29. Viajes por tramo por categoría de vehículo, para el año 2008.....	66
Tabla 12-30: Valores de DAP por tipo de trayecto y categoría vehicular- Doble Calzada.....	68
Tabla 12-31. Número de hectáreas en cada rango de distancia en cada municipio.....	70
Tabla 12-32. Beneficios (Pesos de 2010) por aumento del valor de la tierra. ....	71
Tabla 12-33. Población y Viviendas de los municipios sobre los cuales se ubica el corredor vial.....	73
Tabla 12-34. Beneficios por aumento del precio de la vivienda.....	73
Tabla 12-35. Datos de accidentalidad, muertes y heridos. ....	75
Tabla 12-36. Accidentes, víctimas y pérdidas de vehículos al año. ....	76
Tabla 12-37: Reducción de la accidentalidad en los tramos 2, 3, 4 y 7.....	76
Tabla 12-38. Costos promedio de evento de accidente. ....	76
Tabla 12-39. Impuestos pagados por el proyecto. ....	78
Tabla 12-40: Beneficios según programas del plan de inversión del 1%. ....	78
Tabla 12-41. Beneficios por la generación de empleo .....	81
Tabla 12-42. Valor de medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación ...	81



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	5 / 115	

Tabla 12-43. Volumen de aprovechamiento forestal por tramos. ....	83
Tabla 12-44. Valor de las transferencias por aprovechamiento forestal.....	84
Tabla 12-45. Fuentes hídricas. ....	84
Tabla 12-46. Demanda de agua durante la construcción. ....	85
Tabla 12-47. Tasas por uso de agua. ....	86
Tabla 12-48: Densidad poblacional de los municipios afectados sin tener en cuenta cabeceras municipales.....	87
Tabla 12-49. Hogares y personas expuestas (2012) .....	88
Tabla 12-50. Costos promedio por evento de enfermedad (en pesos del 2012) .....	89
Tabla 12-51. Principales mercados de servicios ambientales de los bosques.....	92
Tabla 12-52. Valor de los servicios ambientales de los bosques .....	92
Tabla 12-53. Costos por servicios ambientales del bosque.....	93
Tabla 12-54. Costos por servicios ambientales del bosque.....	93
Tabla 12-55. Costos construcción.....	95
Tabla 12-56. Costos de construcción a precios cuenta.....	96
Tabla 12-57. Flujo de Costos por rubro del Proyecto en millones de pesos. ....	97
Tabla 12-58. Costos por restricción de la movilidad durante la fase de construcción en millones de pesos. ....	99
Tabla 12-59. Flujo de Beneficios por rubro del Proyecto en millones de pesos. ....	99
Tabla 12-60. Indicadores de rentabilidad socioeconómica a una tasa de descuento del 8.5%.....	101

### Lista de Anexos

Anexo 1. Variación diaria del tránsito en la ruta del sol.....	110
Anexo 2. Matriz vehículos livianos hora máxima demanda día típico.....	111
Anexo 3. Matriz Camiones pequeños hora máxima demanda día típico.....	112
Anexo 4. Matriz Camiones Grandes hora máxima demanda día típico.....	113
Anexo 5. Informe de Recolección de Información Primaria. ....	114
Anexo 6. Informe de Estimación de DAP's.....	115

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	6 / 115	

## 12 Introducción.

Este documento contiene el informe preparado por Valoración Económica Ambiental S.A.S. sobre el análisis económico de impactos ambientales y socioeconómicos del segundo proceso de licenciamiento del proyecto Ruta del Sol - Sector Dos. Para la realización del análisis se levanto información primaria mediante encuestas a hogares, rurales y vehiculares para estimar los principales beneficios y costos ambientales del proyecto, en total se realizaron 1.967 encuestas, en el anexo 5 se presenta el informe de recolección de información primaria. Los instrumentos de recolección de información se diseñaron para cubrir las necesidades de información de los diferentes métodos de valoración ambiental aplicados para cuantificar monetariamente los beneficios y costos del proyecto identificados como relevantes.


El análisis contempla valoraciones económicas ambientales para los impactos identificados como relevantes en la evaluación ambiental, algunas de las cuales también fueron evaluados en el primer proceso de licenciamiento. También incluye cálculos que dan alcance a las recomendaciones de valoraciones realizadas por el MAVDT hechas en la resolución 0861 de 11 de Mayo de 2011, mediante la cual el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, antes Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, otorgó la Licencia Ambiental a la Concesionaria Ruta del Sol para la construcción de los tramos prioritarios 1,5 y 6.

En el capítulo 12 del documento se encontrará una introducción. En el capítulo 12.1, se describe la metodología usada para el análisis económico de impactos, donde se encontrará una descripción de los métodos cuantitativos y del procedimiento para lograr la monetización de impactos. En el capítulo 12.2, se encontrará los resultados de la priorización de impactos a valorar económicamente, definiendo impactos relevantes según la metodología del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). En el capítulo 12.4, se presenta los resultados de la revisión de literatura relacionada con la evaluación económica de impactos. En el capítulo 12.5, se encontrarán los resultados de la valoración monetaria de impactos relevantes. En el capítulo 12.16, se presentan los flujos de costos y beneficios, así como el cálculo de los indicadores de rentabilidad social. Por último, el capítulo 12.17 contienen las conclusiones del análisis económico de impactos ambientales.

Durante el año 2010, el gobierno nacional a través del MAVDT introdujo cambios y reformas sustanciales a la presentación de los estudios requeridos para el otorgamiento de licencias ambientales. Así, mediante el Decreto 2820 de 2010, la cartera ambiental expidió la reglamentación referente al "Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales" la cual deroga el antiguo Decreto 1220 de 2005 y 500 de 2006<sup>1</sup>.

El Decreto 2820 de 2010 en su artículo 21 define el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) como "el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que de

<sup>1</sup> Art. 52 Decreto 2820 de 2010

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	7 / 115	

acuerdo con la ley y el presente reglamento se requiera”. De acuerdo con el mismo Decreto, el EIA deberá ser elaborado siguiendo los lineamientos contenidos en la “Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales”<sup>2</sup> recientemente expedida por el MAVDT y adoptado mediante la Resolución 1503 de 2010.

Tal resolución tiene por objeto “orientar a los usuarios de proyectos, obras o actividades sujetas a la obtención de la Licencia Ambiental o el establecimiento de un Plan de Manejo Ambiental en el desarrollo de los estudios que se requieran en ese efecto”. En el numeral 2.3.2 de dicho documento, se adoptó una guía metodológica para la “Evaluación Económica en el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental”. Esta última, contiene una serie de recomendaciones, pasos, metodologías y estrategias que buscan “identificar y estimar el valor económico de los impactos ambientales, de tal manera que estos puedan incluirse dentro del análisis de evaluación económica ambiental del proyecto y contribuir en la determinación de la viabilidad del mismo”<sup>3</sup>.

De acuerdo a esta guía metodológica, la actividad denominada “evaluación económica de los impactos ambientales”<sup>4</sup>, de manera general, debe estar enfocada a explorar la interrelación entre los aspectos biofísicos y socioeconómicos desde el punto de vista cuantitativo, deberá ser realizada de manera ex ante, durante y ex post a las actividades del proyecto, se concentrará en los impactos económico-ambientales relevantes, implicará la estimación de beneficios y costos directamente atribuibles al proyecto y relacionados con bienes no mercadeables (bienes y activos ambientales como el stock de recursos naturales y ambientales), cuantificará los cambios y efectos marginales en indicadores ambientales producto de las fases del proyecto y traducirá tales cambios en valores monetarios siguiendo metodologías estandarizadas, aceptadas y validadas nacional e internacionalmente, para finalmente incluir esos valores en los flujos de costos y beneficios del proyecto, lo que se denomina análisis costo beneficio ambiental.


Por otra parte, mediante el Documento Conpes 3413 de 2006 el gobierno declaró de importancia nacional la implementación y ejecución de un programa de concesiones viales. Dentro de ese programa se incluían 11 proyectos carreteables; tres de ellos hacían referencia explícita al mejoramiento de las conexiones viales entre Bogotá y la región de la costa Caribe colombiana. Fue así como a través de Documento Conpes 3571 de marzo de 2009, se declara el proyecto vial “Autopista Ruta del Sol” a cargo del Ministerio de Transporte y del INCO, de importancia estratégica para el mejoramiento de la infraestructura vial del país. El proyecto tiene como fin “incrementar la competitividad, promover el crecimiento económico y mejorar la calidad de vida de los colombianos” (Conpes 3571). Para su estructuración y ejecución, el megaproyecto vial fue dividido en tres tramos: Sector 1 - Villeta - El Korán de 78 kilómetros; Sector 2 - Puerto Salgar - San Roque de 528 kilómetros y Sector 3 - San Roque - Ye de Ciénaga - Carmen de Bolívar – Valledupar de 465 kilómetros.

El proyecto Ruta del Sol se constituye en el principal corredor vial de conexión terrestre entre la capital del país y la costa Caribe. Se desarrolla paralelo al valle del Rio

<sup>2</sup> Art. 14 Decreto 2820 de 2010

<sup>3</sup> MAVDT (2010). Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales

<sup>4</sup> Resolución 1503 Agosto de 2010

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 CONCESSIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	8 / 115	

Magdalena con una longitud total de 1078 kilómetros. Permitirá una conexión entre las ciudades más pobladas de país y los puertos del Caribe. El corredor vial beneficia a los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Bolívar, César y Magdalena. En el área de influencia del corredor se concentra el 60% de la población colombiana y las zonas que producen el 65% del PIB nacional. Adicionalmente, permitirá una mejoría en el transporte de las zonas carboníferas del Cesar con los puertos de Embarque<sup>5</sup>. Presenta complementariedad con otros corredores viales tales como la transversal de las Américas al cual permitirá la conexión de los departamentos de la región Caribe y al país con Venezuela<sup>6</sup>. A través del proyecto Ruta del Sol se movilizará gran parte de las exportaciones del país (las que se dirigen hacia EEUU, Venezuela y la Unión Europea) y un porcentaje importante las importaciones (las que provienen de EEUU, Unión Europea y China) las cuales se movilizan por los puertos de la costa Caribe. Su velocidad de diseño es de 100Km/hora. Para el año 2008, registró un total de 13.214.090 vehículos movilizadas en la zona de influencia del proyecto en todas las categorías<sup>7</sup>.

Luego de un proceso licitatorio, la CONCESSIONARIA RUTA DEL SOL S.A.S. suscribió el 14 de enero de 2010 con el INCO el Contrato de Concesión No. 001 el cual tiene por objeto la elaboración de los diseños, financiamiento, la obtención de las Licencias Ambientales y demás permisos, adquisición de los predios, rehabilitación, construcción, mejoramiento, operación y mantenimiento del Sector 2 del Proyecto Ruta del Sol comprendido entre el Corredor Vial entre Puerto Salgar y San Roque.

El presente documento se enfoca al cumplimiento del numeral 6 del artículo 21 - Decreto 2820 del 2010 a fin de incorporar el análisis económico de impactos ambientales al Estudio de Impacto Ambiental y al proceso de Licenciamiento Ambiental del proyecto de “Ruta del SOL – TRAMO 2” comprendido entre los municipios de Puerto Salgar (Cundinamarca) y San Roque (Cesar), con una longitud de 528 kilómetros. Este primer informe contiene el análisis económico de los impactos ambientales en los Tramos 2 (Caño Alegre – Puerto Araujo, 114 km), 3 (Puerto Araujo – La Lizama, 87.5 km), 4 (La Lizama – San Alberto, 90.6 km) y 7 (La Mata – San Roque, 90 km); para una longitud total de 387.7 km.

El análisis contenido en este documento sobre beneficios y costos ambientales, socioeconómicos y culturales por el proyecto corresponde a un análisis que usa información primaria en el caso de los agentes socioeconómicos afectados (sector transporte, viviendas, accidentalidad, etc.) e información secundaria de los beneficios que el proyecto traerá (tasas de reducción de accidentalidad, aumento del valor de la propiedad de finca raíz, costos de transporte de carga por kilómetro, costos por restricción a la movilidad local, etc.). La información secundaria utilizada fue documentada y analizada cuidadosamente, se trabajó con los valores de beneficios más bajos

<sup>5</sup> Steer Davies Gleave (2009). Proyecto Ruta Del Sol - Estudio De Tráfico. Estudio preparado para la International Finance Corporation

<sup>6</sup> Steer Davies Gleave (2009). Proyecto Ruta Del Sol - Estudio De Tráfico. Estudio preparado para la International Finance Corporation

<sup>7</sup> Steer Davies Gleave (2009). Proyecto Ruta Del Sol - Estudio De Tráfico. Estudio preparado para la International Finance Corporation



<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	9 / 115	


identificados en la literatura, esto convierte el cálculo de beneficios realizado en un cálculo conservador, por lo cual los valores de beneficios calculados son el límite inferior de los beneficios esperados.

### **12.1 Metodología del Análisis Económico de Impactos.**

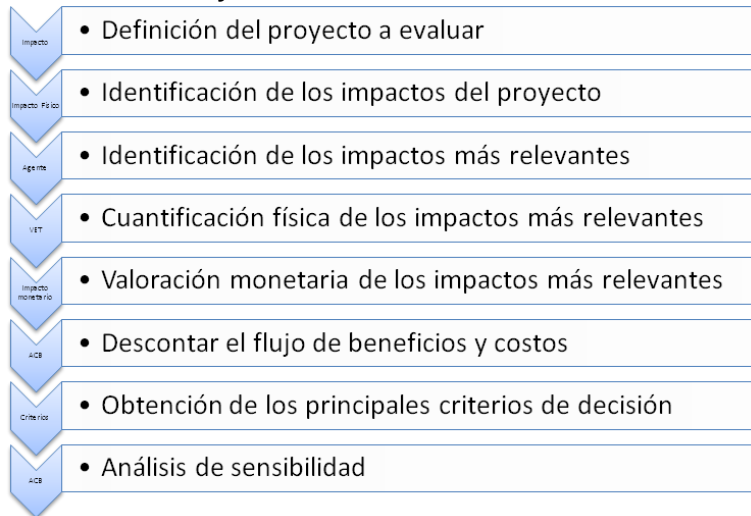
Para el desarrollo del numeral 6 del art. 23 del Decreto 2820 de 2010 referente al “Análisis Económico de Impactos Ambientales” se siguieron las recomendaciones metodológicas y directrices contenidas en la “Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales MAVDT (2010)”. Adicionalmente, a fin de incorporar otros documentos, normas, directrices y recomendaciones del MAVDT, se tuvieron en cuenta los siguientes:

- MAVDT (2003) “Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales”.
- Decreto 2820 de 2010 “Por medio del cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales”
- Resolución 1503 de 2010 “Por medio de la cual se adopta la metodología para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras disposiciones.”
- Términos de referencia específicos del proyecto.

De acuerdo con los anteriores documentos, para abordar de manera ágil, sistemática y documentada el proceso de análisis económico de los impactos ambientales, se deben seguir los siguientes pasos metodológicos (tomado textualmente de la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales MAVDT (2010)):

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	10 / 115	


**Ilustración 12-1 Pasos metodológicos para el análisis económico de impactos ambientales – Proyecto Ruta del Sol – Tramo 2.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S con base en MAVDT (2010). Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales.


Siguiendo la ilustración anterior, el análisis económico de impactos ambientales debe dar cabida a los siguientes pasos metodológicos:

- Definición del proyecto a evaluar: esta definición realizada por el equipo de EIA en el capítulo 2 consiste en el paso inicial del análisis. Tiene por objeto una descripción general del proyecto, Ruta del Sol–Tramo 2, que incluye antecedentes, justificación, ubicación, área de influencia directa, área de influencia indirecta, necesidades de recursos naturales, identificación a grandes rasgos de los beneficios y costos del proyecto, entre otros aspectos relevantes. El equipo de AE incluyó de forma complementaria a la descripción del proyecto un contexto general del proyecto dentro de la dinámica de transporte de carga y de pasajeros en el país, esta se presenta en el numeral 0. del presente documento.
- Identificación de los impactos del proyecto: esta identificación fue adelantada por el equipo de EIA, durante esta etapa, el equipo de AE interactuó con el equipo de EIA. Esta interacción permitió adelantar parte del trabajo de AE de forma paralela al trabajo de EIA.
- Identificación de los impactos relevantes: Esta constituye una etapa clave del análisis económico de impactos ambientales. Según la metodología del MAVDT, no todos los impactos ambientales incluidos en la matriz de calificación de impactos ambientales deben ser valorados económicamente. Se debe establecer cuales impactos son relevantes para el AE. Muchos de ellos, frecuentemente son mitigables y controlables. La selección de impactos relevantes se adelantó mediante un proceso de análisis de Eficiencia Técnica Relativa ETR del índice de importancia de impactos calificado por el equipo de EIA y un proceso de Análisis

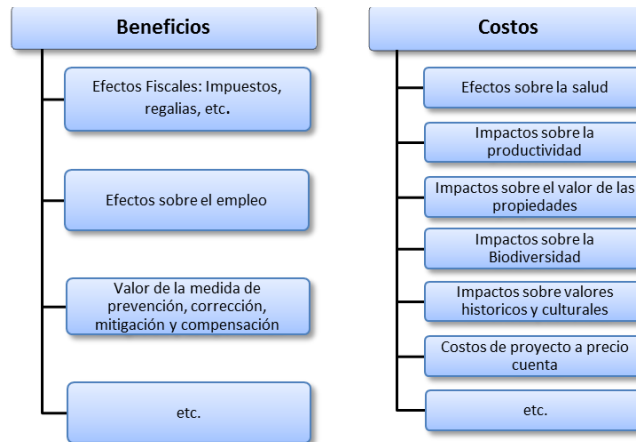
Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	11 / 115	

de Lógica Difusa, en el cual el equipo de AE estableció criterios económicos adicionales para la selección de impactos relevantes.

- Cuantificación física de los impactos más relevantes. Los impactos relevantes identificados producen unos cambios en el medio físico, ambiental y socioeconómico, los cuales se calcularon a partir de la información del EIA, para el caso de impactos físicos ambientales o socioeconómicos medibles con la información recopilada por el equipo de EIA. En ocasiones estos cambios son estimados mediante la revisión de literatura nacional e internacional de medidas de impacto. Esto sucede donde no se contó con información veraz o donde la construcción de funciones dosis respuesta requiere de periodos de tiempo excesivamente largos o de recursos financieros y técnicos de modelación altamente cuantiosos.
- Identificación de Agentes Económicos afectados: Los cambios en el medio físico y ambiental identificados, priorizados y cuantificados en el numeral anterior, producen afectaciones a los agentes económicos. Estos agentes; hogares y productores, ven impactadas, de manera positiva y/o negativa, su función de utilidad (bienestar) y de producción (o de costos) respectivamente. En este paso metodológico el equipo de AE estudia y organiza la información de la identificación y caracterización de agentes que realiza el equipo de EIA y adiciona la información necesaria de los agentes para estimar monetariamente el valor de los impactos.
- Valoración monetaria de los impactos más relevantes: esta etapa constituye la valoración económica de impactos ambientales y socioeconómicos en sí. Consiste en la cuantificación monetaria de la afectación sobre los agentes económicos. Tal afectación monetaria puede manifestarse en pérdidas o ganancias de utilidad de los hogares y en deterioro o mejora de la función de producción, de costos o de beneficios de los productores. Para el caso específico del Proyecto -Ruta del Sol Tramo 2-, en los tramos 2, 3, 4 y 7 se recurrirá a estimaciones de las principales medidas de cambio en el bienestar con información primaria y a la técnica de transferencia de beneficios ambientales, la cual permite la transferencia de medidas de impacto de proyectos similares. Por lo anterior, el equipo de evaluación económica recopiló una serie de estudios que documentan los principales impactos económicos ambientales de proyectos de infraestructura vial. Los costos y/o beneficios identificados serán agregados para el área de influencia del proyecto (hogares, hectáreas, productores, etc.)
- Descontar el flujo de beneficios y costos: este paso consiste en la construcción del flujo anual de beneficios y costos del proyecto -Ruta del Sol Tramo 2-, en términos monetarios, de acuerdo con la siguiente guía ilustrativa:

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	12 / 115	

**Ilustración 12-2. Esquema de Beneficios y costos del Proyecto.**




Fuente: MAVDT (2010). Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales.

- Obtención de los principales criterios de decisión: a este nivel ya se cuenta con el flujo de beneficios y costos del proyecto. Utilizando una tasa de descuento adecuada (recomendada por las entidades públicas del orden nacional – DNP, MINTRANSPORTE- y del orden internacional – BID; Banco Mundial- se procederá al cálculo de los indicadores del análisis costo beneficio: VPNE (Valor Presente Neto Económico) y la RBC (Relación beneficio Costo).
- Análisis de sensibilidad: finalmente, el análisis económico de impactos ambientales incluye escenarios de modelación de los criterios de decisión contenidos en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT) teniendo en cuenta variaciones en los valores de tasa de descuento.

La tabla siguiente describe los pasos metodológicos que adelanta el equipo de AE de una manera desagregada.

**Tabla 12-1 Pasos Metodológicos desagregados seguidos por el equipo de AE.**

PASOS METODOLÓGICOS	ACTIVIDADES
Definición y descripción del proyecto	Revisión de la descripción general del proyecto adelantada por el equipo de EIA, contextualización del proyecto para incluir agentes económicos por fuera del área de análisis del EIA.
Identificación de los impactos del proyecto	Reuniones de trabajo con el equipo del EIA. Análisis integrado (Equipo EIA y equipo AE) de la matriz de calificación de impactos ambientales.
Identificación de los Impactos Relevantes para la valoración económica	Análisis de Eficiencia técnica relativa ETR del indicador de importancia de los impactos y transformación de impactos a flujo de bienes y servicios. Análisis y Lógica Difusa de los flujos de bienes y servicios encontrados en el análisis de ETR.
Cuantificación de los cambios en los flujos de bienes y servicios provocados por los impactos relevantes del proyecto	Cuantificación física de los cambios en los flujos de bienes y servicios afectados.

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	13 / 115	

PASOS METODOLÓGICOS	ACTIVIDADES
Caracterización de los Agentes Económicos afectados	Identificación de los agentes económicos afectados (hogares y productores) en el área de influencia puntual, directa e indirecta del proyecto según el análisis de EIA y de agentes por fuera de estas áreas que pudieran verse afectados positiva o negativamente de forma directa o indirecta por el desarrollo del proyecto.
	Revisión de la caracterización de los agentes económicos afectados realizada por el equipo de EIA, adición de características necesarias para la estimación del valor monetario de impactos. Caracterización de agentes económicos no caracterizados por el EIA.
Estimación de los Cambios en bienestar de los agentes económicos afectados.	Identificación de posibles metodologías de valoración a aplicar. Selección de la técnica de valoración.
	Estimación de modelo econométrico para estimaciones directas de los cambios o para la transferencia de beneficios.
	Estimación de los costos y beneficios por unidad de afectación (hogares, habitantes, hectáreas, etc.)
	Agregación de los beneficios y/o costos del proyecto teniendo en cuenta los agentes económicos identificados y caracterizados.
Descontar el flujo de beneficios y costos	Construcción del flujo de costos y beneficios del proyecto.
Obtención de los principales criterios de decisión	Calculo de los indicadores costo beneficio del proyecto (VNP, RBC, TIR, etc.) y otros indicadores propuestos.
Análisis de sensibilidad	Análisis de sensibilidad (tasa de descuento)

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

Seguidamente, se detalla y describe cada una de las actividades que fueron realizadas para el análisis económico de impactos ambientales de acuerdo con la tabla anterior:

### **Definición y descripción del proyecto.**

Revisión de la descripción general del proyecto adelantada por el equipo de EIA, contextualización del proyecto para incluir agentes económicos por fuera del área de análisis del EIA. Tiene por objeto una descripción general del proyecto -Ruta del Sol Tramo 2- en el que se incluyen aspectos relevantes relacionados con antecedentes del proyecto, justificación, ubicación, área de influencia directa, área de influencia indirecta, necesidades de recursos naturales, entre otros aspectos.

### **Sesiones de Trabajo con el equipo del EIA**

El equipo de la evaluación económica sostiene sesiones de trabajo con el equipo del EIA. En tales reuniones se discute de manera específica los impactos identificados para proyecto en todas sus fases, se trabaja sobre la matriz de identificación de impactos.

### **Análisis integrado (Equipo EIA y equipo AE) de la matriz de calificación de impactos ambientales.**

Con base en la matriz de calificación de impactos ambientales, los equipos de EIA y AE discuten la calificación de impactos. La matriz se analiza teniendo en cuenta los impactos en los componentes Abiótico, Biótico, Paisaje y Socioeconómico durante todas las fases del proyecto.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	14 / 115	

### **Análisis de Eficiencia técnica relativa ETR del indicador de importancia de los impactos y transformación de impactos a flujo de bienes y servicios.**

El equipo de AE realiza el análisis de eficiencia técnica relativa del indicador de importancia del impacto, este análisis permite comparar y agregar las diferentes interacciones entre elementos ambientales potencialmente impactados y actividades que los pueden impactar. De este análisis queda una clasificación inicial de los impactos identificados que permite descartar los que no son eficientes y validar los resultados del análisis de lógica difusa.

### **Análisis y Lógica Difusa de los flujos de bienes y servicios encontrados en el análisis de ETR.**

En este análisis se integran criterios económicos como el valor económico total de los flujos de bienes y servicios, cantidad y características de los agentes económicos por fuera del área (geográfica y temática) de influencia del EIA, disponibilidad de información y de métodos cuantitativos validados teórica y empíricamente para medir cada cambio en los flujos de bienes y servicios. Adicionalmente, el análisis incorpora las calificaciones de cada impacto, consignadas en la evaluación ambiental (Cap. 5, EIA Ruta del Sol Sector 2, Segundo Proceso).


### **Cuantificación física de los cambios en los flujos de bienes y servicios afectados.**

Se cuantifican los cambios en los flujos de bienes y servicios afectados. Esta actividad incluye, de ser posible, el cálculo del cambio en los indicadores físicos que afectan de manera relevante el flujo de bienes y servicios ambientales del área de influencia del proyecto. Los cambios en los flujos de bienes y servicios se calcularon a partir de la información del EIA, para el caso de impactos físicos ambientales o socioeconómicos medibles a partir de la información recopilada por el equipo de EIA. Como se explicó anteriormente, en ocasiones estos cambios son estimados mediante la revisión de literatura nacional e internacional de medidas de impacto. Esto sucede donde no se contó con información veraz o donde la construcción de funciones dosis respuesta requiere de periodos de tiempo excesivamente largos o de recursos financieros y técnicos de modelación altamente cuantiosos.

### **Identificación y caracterización de agentes económicos afectados (hogares y productores).**

En este paso metodológico el equipo de AE estudia y organiza la información de la identificación y caracterización de agentes que realiza el equipo de EIA y adiciona la información necesaria de los agentes para estimar monetariamente el valor de los impactos. Se analizan entre otros, los siguientes agentes económicos:

- Hogares en los municipios, corregimientos y veredas en el área de influencia.
- Productores agrícolas
- Productores pecuarios
- Empresas de servicios públicos

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	15 / 115	

- Viajeros
- Transportadores

Por ello, el equipo económico acopia, procesa y analiza toda la información secundaria sobre la dinámica económica y social de los agentes identificados. Para ello, se realiza la revisión de algunas de las siguientes bases de datos:

- Base de datos de catastro de los municipios en el área de influencia.
- Base de datos SISBEN
- Censo Nacional DANE
- Inventario de predios en las zonas de influencia
- Bases de datos de las autoridades ambientales con jurisdicción en la zona de influencia del proyecto
- Encuesta Anual Agropecuaria.
- Encuesta nacional de salud.
- Encuesta continua de hogares.
- Información de la resolución 166 del MEN sobre educación pública.


Se revisa la caracterización de los agentes económicos afectados, se revisa que la calidad y fuentes de la información socioeconómica como: tamaño del hogar, nivel educativo, número de hijos del hogar, tamaño familiar, tipo de vivienda, condiciones socioeconómicas, NBI, ICV, SISBEN, etc. sea adecuada y se adicionan las variables que se requieren para los cálculos económicos.

### **Identificación de Estrategias de Valoración. Selección de la Técnica de Valoración**

Una vez identificados los agentes económicos afectados, el análisis económico continúa con la selección de una adecuada técnica de valoración ambiental para la estimación monetaria de los impactos ambientales. En esta actividad se tiene en cuenta las recomendaciones contenidas en “Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales” (MAVDT, 2003). Adicionalmente, se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva relacionada con: fuentes bibliográficas nacionales e internacionales relacionadas con el tema de análisis económico de impactos ambientales, particularmente aquellos que hacen énfasis en proyectos de construcción y operación de infraestructura vial y estudios sobre la identificación y análisis de las metodologías existentes para caracterizar, priorizar y valorar económicamente los impactos ambientales.

El informe de análisis económico de impactos ambientales incluye una revisión y evaluación detallada de cada una de las técnicas de valoración ambiental frecuentemente usadas en Colombia y avaladas por el MAVDT. Ellas incluyen las siguientes técnicas<sup>8</sup>: análisis conjoint o análisis conjunto (AC), el método de valoración contingente (MVC), el método de los costos de viaje (TCM), el método de precios hedónicos (MPH), el método

<sup>8</sup> Para una descripción de las diferentes técnicas ver MAVDT (2003) “Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales” [http://www.minambiente.gov.co/documentos/608\\_guiavaloracion.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/608_guiavaloracion.pdf)

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	16 / 115	

de la función de producción de salud (FPS), el enfoque de aproximación a través de una función de daño (EFD) y otras más.

Para cada una de las técnicas de valoración de costos y/o beneficios ambientales anteriormente nombradas, el equipo económico evaluó su pertinencia, relevancia y aplicabilidad, dadas las condiciones particulares de los impactos (positivos y negativos) generados por el proyecto en cuestión.

### **Construcción de modelo econométrico - Transferencia de beneficios**

En esta actividad se revisan los asuntos empíricos y econométricos para la aplicación de la Metodología los cuales incluyen: requerimientos de información, selección de la muestra, diseño del aplicativo de captura de información, selección del modelo a estimar. Una vez se desarrollaron los pasos anteriores, se procedió a la estimación econométrica como tal. Generalmente, la aplicación de una técnica de valoración incluye corridas de modelos econométricos.

### **Estimación de las Medidas Marginales de Daño y/o Beneficios del Proyecto**

Una vez se contó con los resultados de los modelos econométricos, estos son estandarizados y llevados a medidas comúnmente utilizadas que permitan su correcta interpretación y sirvan para la toma de decisiones. En este sentido, se calcula el costo (beneficio) marginal en términos monetarios de los impactos relevantes del proyecto.

### **Agregación de los Costos y/o Beneficios del Proyecto**

Con base en la anterior actividad y teniendo en cuenta el número de agentes económicos afectados se realiza la agregación de los costos o beneficios directamente atribuibles al proyecto e intervención.

### **Construcción del Flujo de Costos y Beneficios del Proyecto a Precios Constantes**


Teniendo en cuenta la vida útil del proyecto (en años), se construye el flujo de beneficios y costos del mismo. Estos son los insumos primordiales para el cálculo de los indicadores de costo efectividad y análisis costo beneficio ambiental. En él se incluyeron los impactos positivos del proyecto, impuestos, beneficios en empleo, entre otros<sup>9</sup>. Por su parte, se incluyen los costos de inversión y mantenimiento afectados por los respectivos precio cuenta y los costos ambientales (impactos negativos del proyecto) valorados en términos monetarios.

### **Calculo de los Indicadores Costo Beneficio del Proyecto (VNP, TIR, B/C)**

La evaluación económica de los impactos ambientales del proyecto se realiza empleando el indicador del valor presente neto (VPN) y mediante la relación costo beneficio, teniendo

<sup>9</sup> Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales MAVDT (2010)



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 CONCESSIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	17 / 115	

en cuenta las inversiones contenidas en el Plan de Manejo Ambiental y la valoración de costos y beneficios ambientales y sociales.

**Valor Presente del Flujo Neto del Proyecto (VPN):** este indicador corresponde al valor presente del flujo de beneficios ambientales netos que generará el proyecto durante su vida útil (principalmente las inversiones contenidas en el Plan de Manejo Ambiental) y la valoración de costos y/o beneficios ambientales. En su estimación se utiliza la Tasa Social de Descuento, que representa el costo de oportunidad para la sociedad por el desarrollo del proyecto. La expresión matemática del indicador es:

$$VPN = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{B_i - C_i}{(1 + TD)^i} \right] - I_0$$

Dónde:

$B_i$  = Beneficios Económicos, en el Periodo  $i$ , que para el caso son inversiones y compensaciones ambientales del proyecto.

$C_i$  = Costos económicos (a precios cuenta de eficiencia) en el Periodo  $i$ . (los cuales surgen de la valoración económica ambiental)

$TD$  = Tasa Social de Descuento

$I_0$  = Inversión (a precios cuenta de eficiencia) en el Período Cero.

$N$  = vida útil del proyecto

**Relación Beneficio / Costo Ambiental del Flujo Neto del Proyecto (RB/C):** mediante este indicador se establece una relación entre el valor presente de los beneficios económicos del proyecto y el valor presente de los costos económicos de inversión y operación del proyecto.

$$RB / C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1 + TD)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1 + TD)^i} + I_0}$$

El equipo económico calculó adicionalmente una serie de indicadores costo efectividad de gran aporte para la toma de decisiones respecto al desempeño ambiental del proyecto a lo largo de su vida útil.


### **Análisis de Sensibilidad (Tasa de Descuento).**

Se realiza el respectivo análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos enfocándolos en cambios en la tasa de descuento.

### **12.2 Determinación de Impactos Relevantes para el Análisis Económico.**

Para la determinación de impactos relevantes se desarrolló un análisis de ordenamiento de los impactos utilizando un análisis de eficiencia técnica relativa y uno de lógica difusa LD que usó criterios económicos seleccionados y evaluados por el equipo de Análisis Económico, así como las calificaciones de los impactos de la evaluación ambiental desarrollada por el equipo de Análisis de Impacto Ambiental.

Mediante el análisis de ETR se ordenaron los medios que reciben los impactos y se transformaron a flujos de bienes y servicios, y mediante el análisis de LD se estableció

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	18 / 115	

cuáles de los medios impactados procedían como relevantes para ser valorados mediante la cuantificación monetaria.

### 12.2.1 Análisis de Lógica Difusa.

Como se explicó anteriormente, se usará el análisis de lógica difusa para establecer la relevancia de los impactos en los flujos de bienes y servicios ambientales. En este capítulo se encontrará una breve descripción teórica y la descripción operativa del uso de esta técnica. El análisis de lógica difusa permitirá incorporar otros criterios al análisis de eficiencia relativa adelantado en el numeral anterior. Principalmente, se incluirán criterios sobre el valor económico total de los flujos de bienes y servicios, agentes por fuera del área de influencia de la EIA, niveles de pobreza de dichos agentes, existencia de documentación técnica sobre los impactos, existencia de metodologías validadas para medirlos e información disponible.

### 12.2.2 Motivación

La lógica difusa permite incorporar y describir los impactos ambientales difícilmente cuantificables dentro de un proceso de planeación y/o evaluación. En primera instancia, esta teoría fue introducida para capturar la incertidumbre y la vaguedad de sistemas complejos (Medaglia, et. al., 2002) y se basa en la idea de construir modelos capaces de simular la forma de pensar de expertos (González et. al, 2002; Medina & Moreno, 2007). Otra ventaja de la lógica difusa es que permite clasificar e incorporar información de carácter no cuantificable y subjetivo (Silvert, 1997; Silvert, 2000). Por ello, esta teoría permite construir modelos donde la información relacionada con los impactos ambientales se describe a través de variables semánticas (Peche & Rodríguez, 2009).

Por otro lado, los sistemas de inferencia difusos (una herramienta de la lógica difusa) se han caracterizado por ser flexibles, no estar atados a supuestos estadísticos, ser fáciles de modificar y lograr incorporar funciones no lineales de amplia complejidad (Medina & Moreno, 2007). Por último, esta metodología también tiene la gran facilidad de integrar diferentes tipos de observaciones, lo que permite un balance entre efectos inconmensurables (e.g. sociales, ambientales y económicos) (Silvert, 2000).

### 12.2.3 Marco teórico

#### 12.2.3.1 Conceptos generales de la lógica difusa

Esta sección pretende dar una descripción clara y concisa de los conceptos más relevantes para comprender el uso que se hace de la lógica difusa, dentro de la evaluación y priorización de los impactos ambientales.

La idea central de la teoría de lógica difusa (el grado de membresía) y el concepto de los conjuntos difusos fueron introducidos por el profesor Lofti Zadeh (Zadeh, 1965). En un sentido amplio, la lógica difusa se refiere a todas las teorías y tecnologías que usan conjuntos difusos (Yen & Langari, 1999). La idea central de éstos conjuntos es representar una transición gradual de un estado a otro. En otras palabras, los conjuntos difusos son conjuntos con fronteras borrosas y una generalización de los conjuntos

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 CONCESSIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	19 / 115	

clásicos. Mientras en un conjunto ordinario sus elementos pertenecen o no por completo a éste, en los conjuntos difusos cada elemento tiene un grado de pertenencia (membresía) a éstos.

Un conjunto difuso  $A$  está caracterizado por una función de membresía  $\mu_A$ , que asocia cada elemento del universo de discurso  $X$  al intervalo  $[0, 1]$ . Además, los conjuntos difusos también se asocian a variables o términos lingüísticos y por ende deben estar definidos dentro de un contexto particular, aunque éste no sea explícito. Las variables lingüísticas son una composición entre una variable numérica y una simbólica, por lo que sus diferentes valores se pueden describir tanto cualitativa como cuantitativamente, a través de la función de membresía (Yen & Langari, 1999). Por ejemplo, la variable lingüística “Altura” puede ser descrita cualitativamente por el valor lingüístico “Promedio” y cuantitativamente por el conjunto difuso asociado a éste. Las funciones de membresía más comúnmente usadas son la triangular, la trapezoidal, la gaussiana, la sigmoidea y la de forma de S (Yen & Langari, 1999).

Como con los conjuntos ordinarios, con los conjuntos difusos también se pueden realizar operaciones. La intersección y la unión de éstos, se realizan mediante pares de operadores conocidos como normas triangulares y co-normas triangulares. Éstas son funciones  $f: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ , que se definen mediante un conjunto de axiomas. Lo importante es que la selección de un operador para la intersección de conjuntos difusos define cual es el operador que se debe usar para la unión de los mismos, y viceversa (Yen & Langari, 1999). Por ejemplo, si se usa para la intersección el operador  $min$ , entonces para la unión de conjuntos difusos se usa el operador  $max$ .


Otra operación con un conjunto difuso es el complemento, que se define en términos del complemento algebraico de su función de membresía. Es decir el complemento ( $A^c$ ) de un conjunto difuso  $A$  se define mediante su función de membresía como:

$$\mu_{A^c}(u) = 1 - \mu_A(u) \quad (6)$$

Sin embargo, lo anterior implica que la lógica difusa viola 2 de las leyes de la teoría de conjuntos clásica: la ley del medio excluido y la ley de contradicción (Yen & Langari, 1999). En otras palabras, para un elemento que pertenece parcialmente a un conjunto difuso también es posible pertenecer parcialmente al complemento de éste.

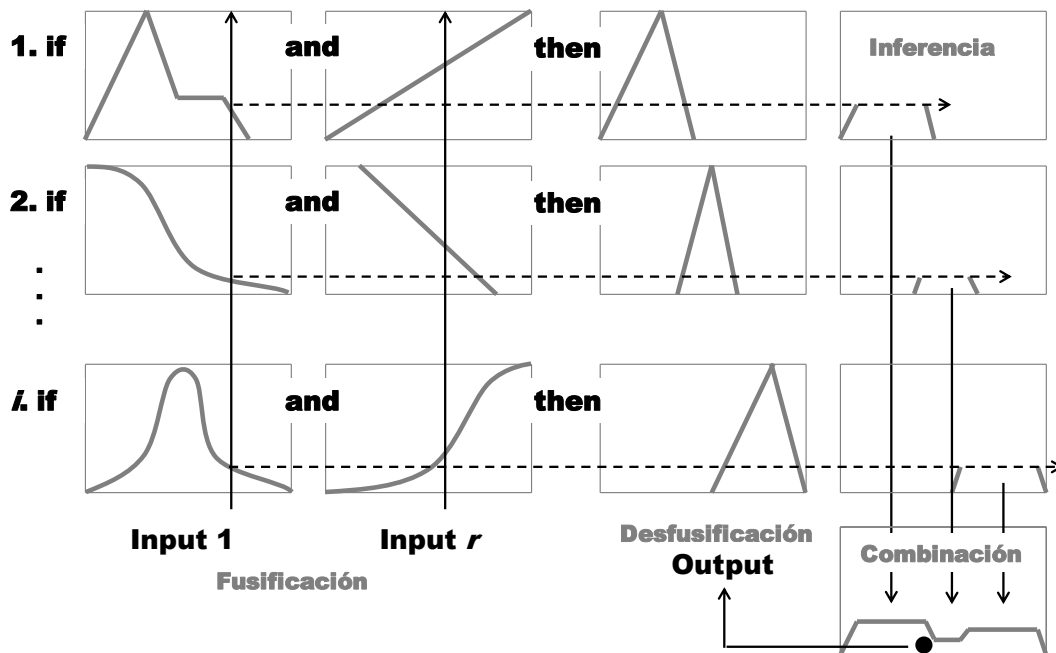
### 12.2.3.2 Sistemas de inferencia difusos

Los sistemas de inferencia difusos hacen uso tanto, de las funciones de membresía y las operaciones lógicas entre conjuntos, como de las reglas Sí-Entonces. Estas reglas asocian una condición (antecedente), descrita por variables lingüísticas y conjuntos difusos, a una conclusión (consecuente). Como tal, las reglas Sí-Entonces son un esquema de representación de conocimiento, que por naturaleza es impreciso (Yen & Langari, 1999). Los sistemas de inferencia contruidos con estas reglas consisten de 4 pasos (ver Figura 1):

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	20 / 115	

1. *Fusificación*: Este primer paso consiste en calcular para cada dato de las variables de entrada, el grado de membresía resultante de cada categoría (González et. al, 2002).
2. *Inferencia*: Este paso consta de dos etapas. El primero es la agregación de los grados de membresía de los antecedentes con el objetivo de formar un único grado global de verdad para los antecedentes. Para esto existen diferentes operadores lógicos como y ó o (González et. al, 2002). Luego, se calcula la conclusión de la regla en base a ese grado global de verdad. Los métodos que se pueden usar son el corte de la función de membresía del consecuente o el escalamiento de ésta misma (Yen & Langari, 1999).
3. *Combinación*: Dado que para cada regla se obtiene una conclusión, es necesario combinar todos los consecuentes inferidos en uno solo (Yen & Langari, 1999). Esto se logra a través de diferentes métodos: Suma de conclusiones o el máximo de estas, entre otros (González et. al, 2002).
4. *Desfusificación*: El objetivo de este paso es convertir el resultado difuso calculado en el paso (c.) en uno no difuso. Para esto existen diferentes métodos como el mínimo, la media o el máximo de los máximos de la función de membresía. Aunque, el más común y aceptado es el método del centroide (González et. al, 2002).

**Ilustración 12-3: Sistema de inferencia difuso (Mamdani)<sup>10</sup>**



Dentro de los sistemas de inferencia difusos existen varios modelos. Lo más conocidos son el modelo de Mamdani y los esquemas de Takagi-Sugeno-Kang y Kosko (Yen &

<sup>10</sup> Adaptado de The MathWorks™ (2010), “Fuzzy Logic Toolbox™: User’s Guide”, p. 2-29.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	21 / 115	

Langari, 1999). El modelo de Mamdani que se usa en la priorización de los impactos ambientales se diferencia de los otros esquemas, en que en éstos últimos la etapa de *combinación* se realiza a través de una suma, mientras que en el modelo de Mamdani la agregación de las conclusiones de las reglas Sí-Entonces se realiza mediante superposición (Yen & Langari, 1999).

La elección del modelo Mamdani se debe a que el presente trabajo busca modelar un sistema de decisión basado en el conocimiento de expertos donde no existen datos de variables de entrada y salida. Los modelos del tipo de Takagi-Sugeno-Kang se construyen mediante métodos adaptativos en la base que se cuenta con los datos de entrada y salida (Piegat, 2001).

El sistema de inferencia difuso Mamdani está compuesto por reglas lingüísticas indexadas en  $i$ , que describen un mapeo que va desde  $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_r$  hacia  $W$ . Sean  $x_j$  las variables de entrada,  $A_{ij}$  los conjuntos difusos de éstas,  $y$  la variable de salida y  $C_i$  es el conjunto difuso de la variable de salida (Yen & Langari, 1999). Las reglas del modelo Mamdani (Piegat, 2001) son de la siguiente forma:

$$R_i: \text{Si } x_1 \text{ es } A_{i1} \wedge \dots \wedge x_r \text{ es } A_{ir} \text{ Entonces } y \text{ es } C_i \quad (7)$$


De la expresión (7) podemos observar que la etapa de agregación en el paso de *inferencia* se realiza mediante el operador  $\wedge$ . Esto quiere decir, que el grado de verdad global resulta del operador de intersección *min*. Luego, se cortan las funciones de membresía de los consecuentes, de forma tal que la altura final de éstos sea el grado de verdad global. Después, la *combinación* de los conjuntos difusos previamente cortados se hace mediante el operador *max* (Yen & Langari, 1999) (ver Figura 1). Finalmente, la defusificación se realiza, usando el centroide del conjunto difuso inferido, mediante la siguiente expresión:

$$y = \frac{\int \mu_C(y_i) \times y_i \, dy}{\int \mu_C(y_i) \, dy} \quad (8)$$

#### 12.2.4 Descripción de la metodología para la priorización de los impactos ambientales a evaluar

El primer paso de la metodología consiste en definir un conjunto de impactos a priorizar. El segundo paso consiste en definir los criterios de interés para el análisis (e.g. económicos, sociales, financieros ó ambientales). Con esto es posible crear un contexto que facilite la elaboración de un índice para evaluar un determinado criterio, donde se debe asegurar que todas las variables previsible de un proyecto, en un determinado período de tiempo, sean contempladas (Bojórquez-Tapia et. al, 2002).

Luego, se comienza a construir el sistema de inferencia difuso. Sea  $C$  el conjunto de criterios de decisión, indexado en  $j$ , y  $P$  el conjunto de impactos a priorizar, indexado en  $i$ . Suponiendo que sólo hay un criterio de decisión, el tercer paso de la metodología consiste en definir el conjunto de variables de entrada  $X$  y la variable de salida, que es precisamente el índice sobre el criterio  $j$  del impacto  $i \in P$ ,  $\rho_i$ . Las variables de entrada

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	22 / 115	

deben ser relevantes al problema y su selección puede realizarse a través de técnicas basadas en datos o a través del conocimiento de expertos (Adriaenssens et. al, 2004). Por ejemplo, Campos & Mello (2006), usan variables de entrada físicas como agua, suelo y aire, y variables bióticas como flora y fauna en el desarrollo de un mecanismo de soporte de decisiones, para evaluar y pronosticar los impactos ambientales de la adaptación de una autopista.

El cuarto paso es definir los conjuntos difusos de las variables de entrada y salida, y asociar a éstos variables lingüísticas, con el objetivo de usarlas en la construcción de las reglas del sistema de inferencia difuso. Formalmente, en esta etapa para cada variable de entrada  $x_k$  se definen los conjuntos difusos  $A_{vk}$ . Por ejemplo, si la variable de entrada es el impacto sobre el recurso aire, algunos posibles conjuntos difusos descritos por los valores lingüísticos son: alto, bajo y medio. De igual forma para la variable de salida (impacto ambiental) debe definirse el conjuntos difuso  $B_v$  que será usado en la  $v$ -ésima regla de inferencia  $r_v$ .

Klir & Yuan (1995), clasifican los diferentes métodos de construcciones de las funciones de membresía en *métodos directos* e *indirectos*. En el primer tipo de métodos se espera que los expertos contesten preguntas que relacionen de forma directa distintos elementos del conjunto difuso a distintos grados de membresía, para luego ajustar una curva a los datos. Los *métodos indirectos* buscan recopilar la información a través de preguntas más sencillas, donde indirectamente se obtienen los grados de membresía para distintos elementos de los conjuntos difusos. En la ausencia de datos, lo convencional es escoger una familia de funciones de membresía, definir un soporte para éstas y calibrar los parámetros en base al conocimiento del experto (Medaglia et. al, 2002; Medina & Moreno, 2007). Sin embargo, es importante tener en cuenta que la complejidad del sistema aumenta en la medida que aumenten, tanto el número de variables de entrada, como el número de conjuntos difusos definidos. Dicha complejidad es una ventaja en la medida que aumenta la capacidad del modelo para describir un sistema real, pero a la vez es una desventaja pues incrementa la cantidad de información necesaria requerida para la modelación (Piegat, 2001).

El quinto paso es la definición del conjunto de reglas,  $R$ , del sistema de inferencia difuso. El objetivo de las reglas es unir las variables de entrada a la variable de salida. Además, es en este punto donde se simula el conocimiento de los expertos (González et. al, 2002). El conjunto  $R$  se define mediante las posibles combinaciones de las variables de entrada, usando para ello las variables lingüísticas (Bojórquez-Tapia et. al, 2002; Campos & Mello, 2006; Medina & Moreno, 2007). A cada combinación se le asigna un posible resultado (variables lingüísticas) de la variable de salida.

Finalmente, el sexto paso es la implementación del sistema de inferencia difuso Mamdani, haciendo uso de todos los elementos previamente desarrollados. El resultado de esta etapa es el indicador de impacto sobre el criterio de decisión,  $\rho_i$ .

La metodología que se propone puede extenderse para incorporar más de un solo criterio de decisión. Cuando existan más criterios, lo primero es construir el índice de cada uno de éstos para cada impacto,  $\rho_{ij}$ . Luego, deben agruparse dichos criterios, para formar un

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	23 / 115	

único índice para cada impacto,  $\omega_i$ . Esto implica que la metodología propuesta tiene la capacidad para integrar criterios que incluso pueden llegar a ser inconmensurables, lo cual es un resultado directo de usar la lógica difusa (Silver, 2000). Para agrupar los diferentes índices en uno solo, debe notarse que los índices de impacto para cada uno de éstos, pasan de ser las variables de salida a ser las variables de entrada del sistema de inferencia difuso Mamdani. Por tanto, los valores de entrada que son necesarios para desarrollar el sistema de inferencia difuso que agrupa todos los criterios son en sí mismos, los índices de cada criterio previamente calculados. Por ende, sólo sería necesario definir las reglas del sistema de inferencia, los conjuntos difusos y las variables lingüísticas del índice conjunto para cada impacto. Una vez realizado esto, se simula un segundo sistema de inferencia difuso Mamdani y el resultado final es un índice para cada impacto,  $\omega_i$ , que agrupa los diferentes criterios de decisión.

### 12.2.5 Resultados de la implementación del modelo de inferencia difuso

A continuación se presentan los modelos utilizados para la priorización de los impactos ambientales del proyecto, así como los resultados de su implementación y el análisis subsiguiente.

#### 12.2.5.1 Definición del conjunto de impactos a priorizar

El análisis se realizó con base en la matriz de calificación de la evaluación ambiental de los impactos, teniendo en cuenta las relaciones entre las 41 actividades y los 30 elementos impactados definidos en la matriz de evaluación de impactos del EIA. Las actividades y los elementos impactados identificados se muestran a continuación:

**Tabla 12-2. Actividades definidas del EIA**

Fase	Con Proyecto	Actividad	Número Actividad
Sin proyecto	No	Forestal	1
Sin proyecto	No	Silvopastoril	2
Sin proyecto	No	Pecuario	3
Sin proyecto	No	Sin Uso	4
Sin proyecto	No	Agrícola	5
Sin proyecto	No	Minero/Hidrocarburos	6
Sin proyecto	No	Cuerpos de agua	7
Sin proyecto	No	Antrópico	8
Pre-construcción	Sí	Compra de predios, servidumbres y permisos ZODME y fuentes de materiales	9
Pre-construcción	Sí	Replanteamiento Topográfico	10
Pre-construcción	Sí	Contratación de personal	11
Pre-construcción	Sí	Señalización y demarcación de seguridad vial	12
Pre-construcción	Sí	Información a la comunidad y a las autoridades	13
Construcción	Sí	Demolición de infraestructura existente y vivienda	14
Construcción	Sí	Relocalización de Infraestructura y servicios interceptados	15
Construcción	Sí	Descapote y remoción de vegetación (incluye talas)	16
Construcción	Sí	Transporte de materiales de construcción y materiales sobrantes de excavación	17
Construcción	Sí	Excavaciones, cortes y voladuras (posible utilización de explosivos)	18
Construcción	Sí	Movimiento de tierras (cortes y rellenos-compactación)	19

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	24 / 115

Fase	Con Proyecto	Actividad	Número Actividad
Construcción	Sí	Disposición de material sobrante de excavación y de descapote en sitios de disposición (ZODME)	20
Construcción	Sí	Construcción de obras de arte (muros, cunetas, protección de taludes y/o banca)	21
Construcción	Sí	Construcción de obras especiales (intercambiadores, retornos, áreas de servicio y peajes)	22
Construcción	Sí	Producción, colocación y transporte de concreto hidráulico (rígido)	23
Construcción	Sí	Transporte, colocación y compactación de concreto asfáltico	24
Construcción	Sí	Poda de árboles en derecho de vía	25
Construcción	Sí	Empradización	26
Construcción	Sí	Pintura y señalización (definitiva) horizontal y vertical	27
Construcción	Sí	Limpieza y entrega final	28
Construcción	Sí	Perfilado (Conformación de taludes)	29
Construcción	Sí	Conformación de ataguías en sacosuelo	30
Construcción	Sí	Fundición de pilotes en concreto in situ	31
Construcción	Sí	Demolición de las cabezas de los pilotes	32
Construcción	Sí	Preparación de concretos para placas y fundida de estribos	33
Construcción	Sí	Tensionamiento de las vigas en concreto postensado	34
Construcción	Sí	Instalación de prefabricados con grúas	35
Construcción	Sí	Rehabilitación y reforzamiento de puentes existentes	36
Construcción	Sí	Operación de maquinaria y equipo pesado	37
Construcción	Sí	Construcción de obras especiales	38
Construcción	Sí	Operación del área administrativa	39
Construcción	Sí	Adecuación de accesos	40
Construcción	Sí	Construcción de obras de drenaje y subdrenaje	41
Construcción	Sí	Revegetalización	42
Construcción	Sí	Conformación morfológica del área intervenida	43
Operación y mantenimiento	Sí	Operación normal (Tránsito en las vías y puentes)	44
Operación y mantenimiento	Sí	Mantenimiento de obras de arte y puentes	45
Operación y mantenimiento	Sí	Mantenimiento de la vegetación en el derecho de vía	46
Operación y mantenimiento	Sí	Tratamiento de todo tipo de fallas en el pavimento	47
Operación y mantenimiento	Sí	Recuperación de señalización vial	48
Operación y mantenimiento	Sí	Construcción, recuperación o refuerzo de la capa de rodadura y/o bermas en pavimento	49

Fuente: (Ambiotec Ltda., 2011)

**Tabla 12-3. Correspondencia entre medios y efectos específicos y los flujos de bienes y servicios**

Dimensión	Elemento	Impacto Específico	Número Impacto	Factores de Interés	Impacto según Flujos de Bienes y Servicios	Número Flujo
Abiótico	Aire	Alteración de la calidad del aire (por emisión de material particulado)	1	Calidad	Cambio en la Calidad del Aire	1
Abiótico	Aire	Alteración de la calidad del aire (por emisión de gases)	2	Calidad	Cambio en la Calidad del Aire	1
Abiótico	Aire	Alteración de los niveles de ruido	3	Calidad	Cambio en la Calidad del Aire	1
Abiótico	Suelo	Cambio de uso del suelo	4	Cantidad	Cambio en la Cantidad del Suelo	2
Abiótico	Suelo	Generación de Inestabilidad	5	Cantidad	Cambio en la Cantidad del Suelo	2
Abiótico	Suelo	Alteración de las propiedades físicoquímicas del suelo	6	Calidad	Cambio en la Calidad del Suelo	3



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	25 / 115

Dimensión	Elemento	Impacto Específico	Número Impacto	Factores de Interés	Impacto según Flujos de Bienes y Servicios	Número Flujo
Abiótico	Suelo	Generación de procesos erosivos	7	Calidad	Cambio en la Calidad del Suelo	3
Abiótico	Agua	Cambios en la calidad del agua	8	Calidad	Cambio en la Calidad del Agua	5
Abiótico	Agua	Alteración del régimen de caudales	9	Cantidad	Cambio en la Cantidad del Agua	4
Abiótico	Agua	Alteración del régimen sedimentológico	10	Calidad	Cambio en la Calidad del Agua	5
Abiótico	Agua	Alteración de la dinámica fluvial del cauce	11	Cantidad	Cambio en la Cantidad del Agua	4
Paisaje	Paisaje	Cambios en la calidad perceptual del paisaje	12	Calidad	Cambio en la Calidad del Paisaje	6
Biótico	Ecosistemas	Alteración de la Vegetación Terrestre	13	Calidad	Cambio en la Calidad del Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Afectación de la biota acuática	14	Calidad	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Efecto Borde	15	Calidad	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Disminución en las poblaciones de flora y fauna nativas	16	Calidad	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Efecto Barrera	17	Calidad	Cambio en la Calidad de la Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Fragmentación de Hábitats	18	Calidad	Cambio en la Calidad de la Ecosistemas	7
Biótico	Ecosistemas	Atropellamiento individuos de fauna silvestre	19	Calidad	Cambio en la Calidad de la Ecosistemas	7
Socioeconómico	Infraestructura	Afectación de predios	20	Cantidad	Cambio en la Cantidad de Infraestructura	8
Socioeconómico	Infraestructura	Afectación a la movilidad	21	Calidad	Cambio en la Calidad de Infraestructura	9
Socioeconómico	Infraestructura	Afectación a la infraestructura existente y redes de servicios	22	Calidad	Cambio en la Calidad de Infraestructura	9
Socioeconómico	Economía	Demanda de Mano de Obra y de servicios	23	Cantidad	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	11
Socioeconómico	Economía	Afectación a los ingresos	24	Calidad	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	10
Socioeconómico	Economía	Productividad del sector	25	Calidad	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	10
Socioeconómico	Sociocultural	Traslado de población	26	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12
Socioeconómico	Sociocultural	Conflicto con la comunidad	27	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12
Socioeconómico	Sociocultural	Generación de Expectativas	28	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12
Socioeconómico	Sociocultural	Relaciones sociales	29	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12
Socioeconómico	Sociocultural	Relación con el territorio	30	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	26 / 115	

Dimensión	Elemento	Impacto Específico	Número Impacto	Factores de Interés	Impacto según Flujos de Bienes y Servicios	Número Flujo
Socioeconómico	Sociocultural	Cambio en las condiciones de salud	31	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12
Socioeconómico	Sociocultural	Generación de riesgo de accidentes	32	Calidad	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	10
Socioeconómico	Sociocultural	Afectación al patrimonio arqueológico	33	Calidad	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	10

Fuente: (Ambiotec Ltda., 2011)

Entre los 30 elementos impactados (o “impactos específicos” en la tabla anterior), se determinaron doce impactos en términos de flujos de bienes y servicios ambientales que comprenden elementos similares según su elemento y dos factores de interés (cantidad y calidad). La correspondencia entre los impactos específicos y los impactos en términos de flujos de bienes y servicios se presentan en la tabla anterior, mientras que a continuación se muestra una lista de los doce impactos ambientales que serán el objeto de estudio de lo que queda del documento.

**Tabla 12-4: Flujos de bienes y servicios ambientales a priorizar.**

Dimensión	Elemento	Factores de Interés	Impacto según Flujos de Bienes y Servicios Ambientales	Número Flujo
Abiótico	Aire	Calidad	Cambio en la Calidad del Aire	1
Abiótico	Suelo	Cantidad	Cambio en la Cantidad del Suelo	2
Abiótico	Suelo	Calidad	Cambio en la Calidad del Suelo	3
Abiótico	Agua	Cantidad	Cambio en la Calidad del Agua	4
Abiótico	Agua	Calidad	Cambio en la Cantidad del Agua	5
Paisaje	Paisaje	Calidad	Cambio en la Calidad del Paisaje	6
Biótico	Ecosistemas	Calidad	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	7
Socioeconómico	Infraestructura	Cantidad	Cambio en la Cantidad de la Infraestructura	8
Socioeconómico	Infraestructura	Calidad	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	9
Socioeconómico	Economía	Cantidad	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	10
Socioeconómico	Economía	Calidad	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	11
Socioeconómico	Sociocultural	Calidad	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	12

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., diciembre 2011).

### 12.2.5.2 Definición de los criterios de decisión, las variables de entrada y de salida

El conjunto de criterios que se seleccionaron para el análisis y construcción del sistema de inferencia difuso son: el Valor Económico Total (VET), los Agentes Económicos por fuera de las áreas de análisis de la EIA (AE), los aspectos metodológicos relevantes para la valoración de cada impacto (M), y la significancia de cada impacto (SIG) inferida a partir de sus calificaciones en términos de Presencia, Duración, Evolución, Magnitud y Escenario (Ambiotec Ltda., 2011). El propósito de estos criterios es priorizar los impactos ambientales identificados, teniendo en cuenta factores no considerados dentro del análisis

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	27 / 115	

de EIA. En la siguiente tabla, se resumen los criterios de evaluación y las variables consideradas dentro de cada uno de éstos.


**Tabla 12-5: Criterios y variables de entrada**

Criterios	Variables de Entrada	Variables de salida
Valor Económico Total (VET)	Valores de mercado	Magnitud del VET. Rango: [0,1]. Conjuntos difusos asociados: Alto, Medio, Bajo.
	Valores no mercadeables	
	Valores de funciones ecológicas	
	Valores de opción	
	Valores de existencia	
	Valores de legado	
Agentes Económicos por fuera de las áreas de análisis EIA (AE)	Magnitud del impacto sobre los agentes	Significancia del impacto sobre los AE. Rango: [0,1]. Conjuntos difusos asociados: Irrelevante, Relevante, Muy relevante.
	Vulnerabilidad de las personas afectadas	
	Tamaño de las firmas afectadas	
Metodología (M)	Referencias documentadas del efecto económico	Grado de conveniencia metodológica. Rango: [0,1]. Conjuntos difusos asociados: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto.
	Metodologías estructuradas y validadas	
	Información disponible	
Significancia (SIG)	Presencia	Significancia del impacto con base en su evaluación ambiental. Rango: [0,1]. Conjuntos difusos asociados: Irrelevante, Relevante, Muy relevante.
	Duración	
	Evolución	
	Magnitud	
	Escenario (Con proyecto / Sin proyecto)	
Relevancia Agregada del impacto	Magnitud del VET.	Relevancia agregada. Rango: [0,1]
	Significancia del impacto sobre los AE.	
	Grado de conveniencia metodológica	
	Significancia del impacto según su evaluación ambiental	

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

El VET se define mediante la suma de los valores de uso y los valores de no uso. Por tal motivo, este criterio de decisión tiene asociadas 6 variables de entrada. Cada una de ellas pretende analizar los cambios en los flujos de bienes y servicios ambientales y por consiguiente cambios en el bienestar de los agentes económicos en el área de influencia, ya sea puntual, directa e indirecta.

Por su parte el uso de los agentes económicos (AE) no considerados dentro de las áreas de análisis de la EIA como criterio de decisión, busca reconocer a aquellos hogares y/o empresas que se ven afectadas por el proyecto a realizar y que la EIA no logra incorporar en su análisis. Por tal motivo, se identifican tres variables relevantes. La primera, magnitud del impacto sobre los agentes, mide la magnitud del impacto sobre estos agentes no considerados dentro de la EIA. La segunda variable busca revelar cualitativamente el impacto sobre la pobreza de los hogares o las personas afectadas; es

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	28 / 115	

decir, prioriza aquellos impactos que afectan a personas con alta vulnerabilidad. La tercera variable, el tamaño de las firmas, busca cuantificar el número de empleos que se verán afectados con el impacto. Así, se priorizaran impactos que afectan a empresas grandes, no por que las empresas sean más o menos resistentes o flexibles, sino porque son más los empleos que pueden ser afectados.

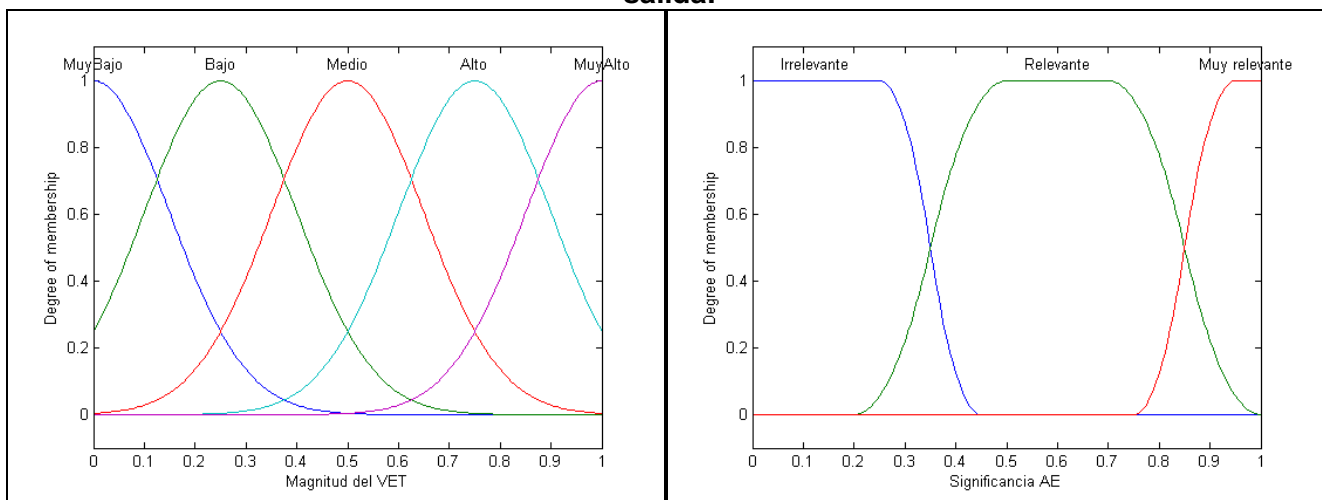
La metodología como criterio de decisión, representa la restricción técnica que existe para la valoración de impactos ambientales. Por ello, las variables de entrada de este criterio plasman la importancia de contar con metodologías estructuradas e información disponible, para la valoración de impactos con efectos económicos relevantes que han sido reportados por la literatura.

Por último, la significancia de cada impacto refleja su importancia de acuerdo a las calificaciones obtenidas en el proceso de evaluación ambiental (Ambiotec Ltda., 2011). Para cada uno de estos cuatro criterios de decisión se construye un modelo de inferencia Mamdani, por lo cual hay una variable de salida para cada criterio. Dichas variables de salida, posteriormente serán usadas en una segunda fase del modelo de priorización como variables de entrada. La segunda fase del modelo, busca integrar los resultados de cada uno de los criterios.

### 12.2.5.3 Construcción de los conjuntos difusos

A cada una de las variables relevantes en cada sistema se les asocia tres conjuntos difusos. Estos conjuntos se definen por su valor lingüístico y su universo de discurso se define en el intervalo [0,1] (Medina & Moreno, 2007). En otras palabras, cada variable de entrada está descrita por sus conjuntos difusos. A continuación, se presentan los conjuntos difusos de las variables de salida de cada criterio:

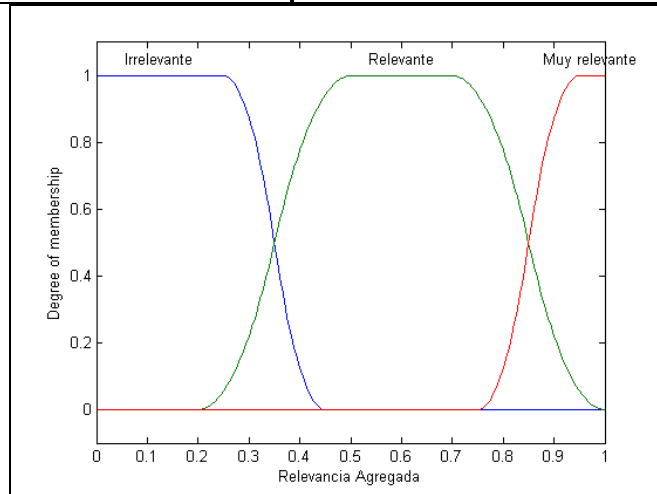
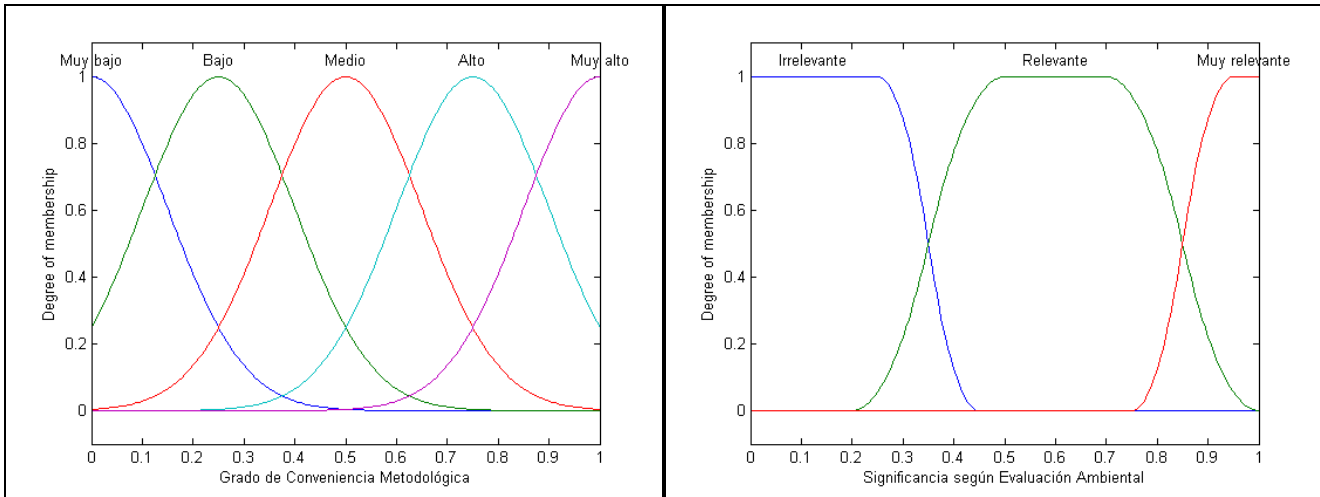
**Gráfica 12-1 Conjuntos difusos y funciones de membresía de las variables de salida.**



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	29 / 115




Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

Nótese que como resultado de la *defuzificación* de cada modelo, se obtiene un valor de salida de cada variable (en el rango [0,1]). Son estos valores los que se utilizan en un modelo de inferencia adicional que estima la **relevancia agregada** de cada impacto, con base en los resultados según cada criterio. Como se verá más adelante, los conjuntos difusos de entrada del VET en este sistema de relevancia agregada no serán los mismos que los que se muestran en la gráfica anterior. Gracias al paso de defuzificación, esto no tiene incidencia en la validez del procedimiento.

Los conjuntos difusos de las variables de entrada de los cuatro criterios se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12-6: Conjuntos difusos asociados a las variables de entrada de los modelos de cada criterio.**

Criterios	Variables de Entrada	Conjuntos Difusos Asociados
Valor	Valores de mercado	Alto, Medio, Bajo

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	30 / 115	

<b>Criterios</b>	<b>Variables de Entrada</b>	<b>Conjuntos Difusos Asociados</b>
<b>Económico Total (VET)</b>	Valores no mercadeables	Alto, Medio, Bajo
	Valores de funciones ecológicas	Alto, Medio, Bajo
	Valores de opción	Alto, Medio, Bajo
	Valores de existencia	Alto, Medio, Bajo
	Valores de legado	Alto, Medio, Bajo
<b>Agentes Económicos por fuera de las áreas de análisis EIA (AE)</b>	Magnitud del impacto sobre los agentes	Muy baja, Baja, Media, Alta, Muy alta
	Vulnerabilidad de las personas afectadas	Muy vulnerables, vulnerables, Poco vulnerables, No vulnerables.
	Tamaño de las firmas afectadas	Grandes, Medianas, Pequeñas.
<b>Metodología (M)</b>	Referencias documentadas del efecto económico	Alto, Medio, Bajo
	Metodologías estructuradas y validadas	Alto, Medio, Bajo
	Información disponible	Alto, Medio, Bajo
<b>Significancia (SIG)</b>	Presencia	No probable, Poco probable, Probable, Muy probable, Cierta.
	Duración	Muy corta, Corta, Media, Larga, Muy larga
	Evolución	Muy lenta, Media, Rápida, Muy rápida.
	Magnitud	Muy baja, Baja, Media, Alta, Muy alta
	Escenario (Con proyecto / Sin proyecto)	Sin proyecto, Con proyecto
<b>Relevancia Agregada del impacto</b>	Magnitud del VET.	Bajo, Medio, Alto.
	Significancia del impacto sobre los AE.	Irrelevante, Relevante, Muy relevante.
	Grado de conveniencia metodológica	Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto.
	Significancia del impacto según su evaluación ambiental	Irrelevante, Relevante, Muy relevante.

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

A continuación se presentan las funciones de membresía de cada conjunto difuso. Sólo se muestra la gráfica de una variable para las variables que tienen los mismos conjuntos (por ejemplo, la de Referencias documentadas es igual a las de las variables de VET – Alto, Medio, Bajo –).

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

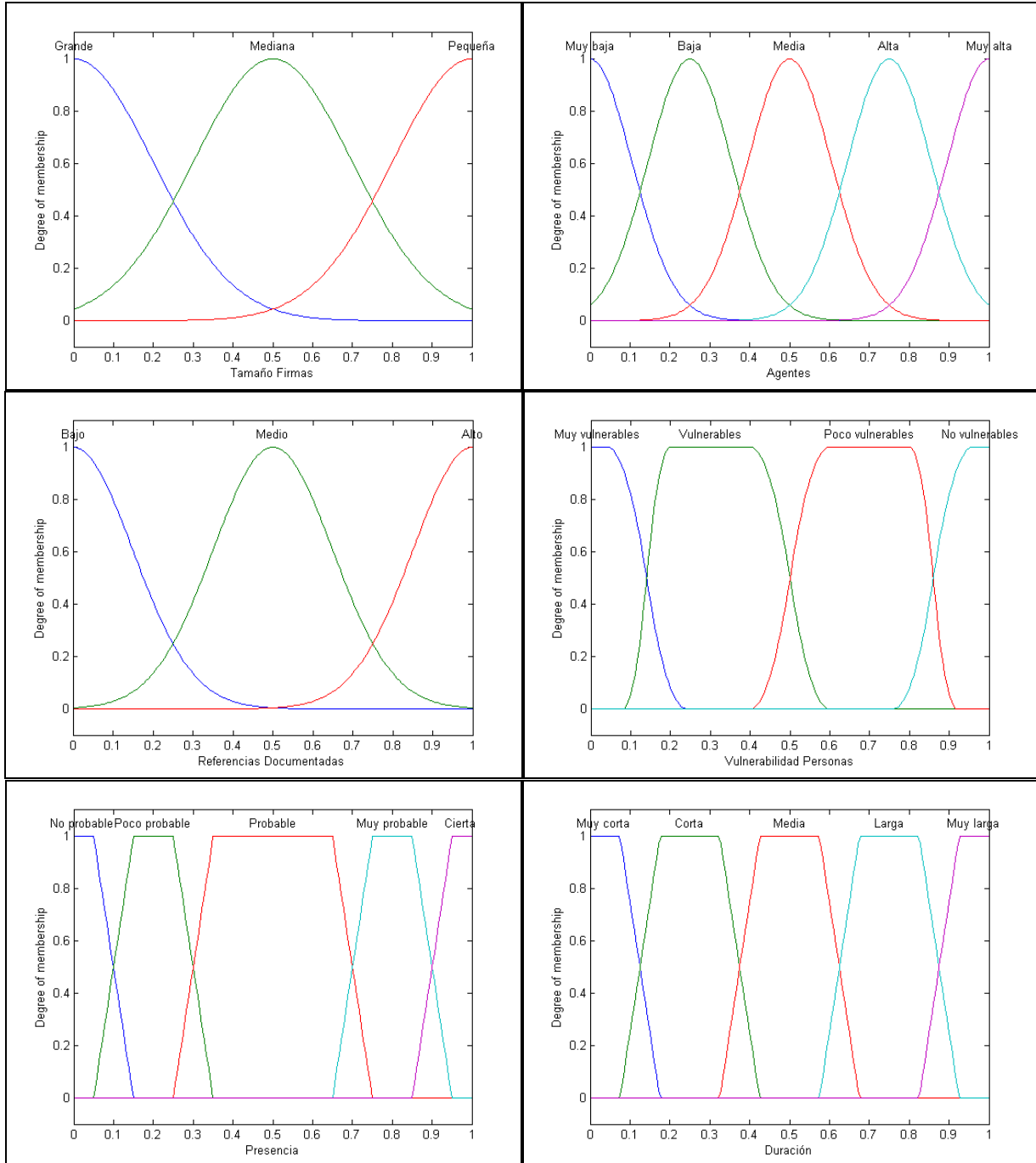
CONCESIONARIA




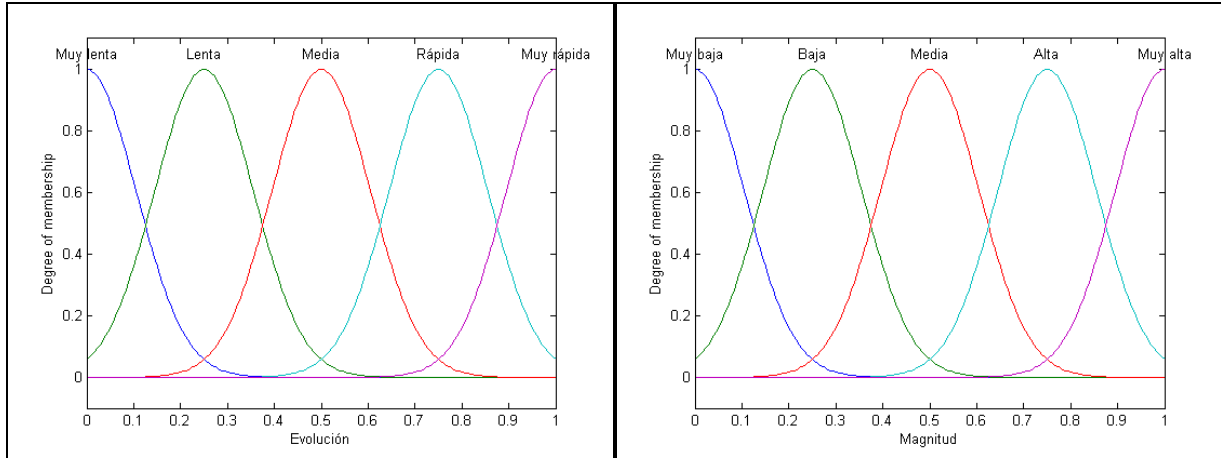
Proyecto Vial  
Ruta del Sol Sector 2

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	31 / 115

**Gráfica 12-2: Funciones de membresía de las variables de entrada de los modelos de cada criterio.**



<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 <b>CONCESIONARIA</b> <b>RUTA DEL SOL</b> <b>S.A.S.</b> Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	32 / 115	



Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

La forma de cada función de membresía se diseñó a manera de reflejar de la mejor forma posible los significados semánticos de cada conjunto, siguiendo las pautas de Shepard (2005). En particular, los conjuntos difusos y los límites de las funciones de membresía de las variables Presencia, Duración, Evolución y Magnitud se definieron acorde a la clasificación de Ambiotec Ltda presentada en la Evaluación Ambiental y su forma se definió siguiendo a (Shepard, 2005, pp. 153,154).

#### 12.2.5.4 Descripción de las reglas de los sistemas de inferencia

Según el criterio y la naturaleza de sus variables, se diseñaron reglas distintas para cada modelo, basadas en ciertos supuestos. En esta sección se describen las reglas y los supuestos de los modelos para cada criterio. Por conveniencia, el único operador utilizado en la formulación de los modelos es el operador de conjunción (AND), utilizando la función *min* en el proceso de *inferencia* del modelo.

Para el modelo del VET, por definición del VET, tenemos que es un agregado de los diferentes valores (Valor mercadeable, no mercadeable, ecológico, etc.). Esto implica que las variables de entrada del criterio son comparables y tienen la misma importancia. Así pues, las reglas de inferencia del modelo se realizaron con una ponderación directa de sus variables de entrada. Más específicamente, se asignó un valor a cada conjunto difuso (Alto=3, Medio=2 y Bajo=1), se sumó el valor sobre las seis variables de entrada y se definió una función para convertir ese valor de nuevo a los conjuntos difusos de salida (Muy bajo, Bajo, ..., Muy alto). Esta función de conversión –  $V(X)$  – se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 12-7: Función de conversión, modelo VET.**

Suma de valores sobre variables de entrada – X	Conjunto difuso de salida – V(X)
6	Muy bajo
7	Muy bajo
8	Bajo
9	Bajo
10	Bajo



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 CONCESSIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	33 / 115	

Suma de valores sobre variables de entrada – X	Conjunto difuso de salida – V(X)
11	Medio
12	Medio
13	Medio
14	Alto
15	Alto
16	Alto
17	Muy alto
18	Muy alto

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

La construcción de las reglas sigue la siguiente sintaxis: Si la suma de los valores asignados a las variables de entrada es X, el impacto es V(X).

Las reglas del modelo del criterio Metodología siguen el mismo razonamiento. Los valores asignados a cada conjunto de las variables de entrada son también Alto=3, Medio=2 y Bajo=1. La función de conversión, se presenta a continuación:

**Tabla 12-8: Función de conversión, modelo Metodología.**


Suma de valores sobre variables de entrada – X	Conjunto difuso de salida – M(X)
3	Muy bajo
4	Muy bajo
5	Bajo
6	Medio
7	Alto
8	Muy alto
9	Muy alto

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

Los modelos de AE y SIG se basan en supuestos diferentes y la construcción de las reglas no es tan directa. Las reglas del modelo AE, que representan los supuestos hechos sobre este criterio, se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12-9: Reglas de inferencia del modelo AE.**

Antecedente			Consecuente
Agentes	Personas	Tamaño	Significancia
.	Muy vulnerables	.	Relevante
Muy alto	.	.	Relevante
Muy alto	Muy vulnerables	.	Muy relevante
Muy alto	.	Grande	Muy relevante
Alto	Muy vulnerables	.	Muy relevante
Alto	.	Grande	Relevante
Alto	Vulnerables	.	Relevante

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 CONCESIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	34 / 115	

<b>Antecedente</b>			<b>Consecuente</b>
<b>Agentes</b>	<b>Personas</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Significancia</b>
Alto	No vulnerables	Pequeña	Irrelevante
Medio	Muy vulnerables	.	Relevante
Medio	Vulnerables	.	Relevante
Medio	.	Grande	Relevante
Medio	.	Mediana	Relevante
Medio	No vulnerables	Pequeña	Irrelevante
Medio	Poco vulnerables	Pequeña	Relevante
Medio	No vulnerables	Mediana	Relevante
Bajo	Vulnerables	.	Relevante
Bajo	Poco vulnerables	.	Irrelevante
Bajo	No vulnerables	.	Irrelevante
Muy bajo	Muy vulnerables	.	Relevante
Muy bajo	Vulnerables	.	Relevante
Muy bajo	.	.	Irrelevante

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

Este modelo quiere simular el pensamiento de expertos, por lo que concilia supuestos que pueden ser contradictorios. Por ejemplo, se supone que si la población afectada es muy vulnerable el impacto se considera relevante, sin importar su magnitud ni el tamaño de las firmas afectadas (primera línea); pero se supone también que si la magnitud del impacto es muy bajo, el impacto es irrelevante sin importar la vulnerabilidad de las personas afectadas.

Las reglas de inferencia del modelo de Significancia siguen el mismo razonamiento y se presentan en la siguiente tabla. Uno de los supuestos sobre los que se basan las reglas, por ejemplo, es que si la duración del impacto es mayor a 4 años (Media, Larga o Muy larga), su rapidez de evolución (muy lenta es mayor de 24 meses) no es determinante en la significancia del impacto.

**Tabla 12-10: Reglas de inferencia del modelo SIG.**

<b>Antecedentes</b>					<b>Consecuente</b>
<b>Presencia</b>	<b>Duración</b>	<b>Evolución</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Escenario</b>	<b>Significancia</b>
Cierta	.	.	Muy alta	Con proyecto	Muy relevante
Cierta	Muy larga	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Cierta	Larga	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Cierta	Media	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Cierta	.	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Cierta	Muy larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Media	.	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Muy larga	.	Baja	Con proyecto	Relevante
Cierta	Larga	.	Baja	Con proyecto	Relevante

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

CONCESIONARIA



Proyecto Vial  
Ruta del Sol Sector 2

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	35 / 115

Antecedentes					Consecuente
Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Escenario	Significancia
Cierta	Media	.	Baja	Con proyecto	Relevante
Cierta	Corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Cierta	Corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Cierta	Muy corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Cierta	Muy corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Cierta	Corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Corta	Rápida	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Muy corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Relevante
Cierta	Muy corta	Rápida	Media	Con proyecto	Relevante
.	Muy corta	Media	Baja	Con proyecto	Irrelevante
.	Muy corta	Rápida	Baja	Con proyecto	Irrelevante
.	Muy corta	Muy rápida	Baja	Con proyecto	Irrelevante
.	Corta	Rápida	Baja	Con proyecto	Irrelevante
.	Corta	Muy rápida	Baja	Con proyecto	Irrelevante
.	.	.	Muy baja	Con proyecto	Irrelevante
Muy probable	.	.	Muy alta	Con proyecto	Muy relevante
Muy probable	Muy larga	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Muy probable	Larga	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Muy probable	Media	.	Alta	Con proyecto	Muy relevante
Muy probable	.	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Muy larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Media	.	Media	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Muy larga	.	Baja	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Larga	.	Baja	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Media	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Muy probable	Corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Muy corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Muy corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Corta	Rápida	Media	Con proyecto	Relevante
Muy probable	Muy corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Muy probable	Muy corta	Rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Muy larga	.	Muy alta	Con proyecto	Muy relevante
Probable	Larga	.	Muy alta	Con proyecto	Muy relevante

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

CONCESIONARIA



Proyecto Vial  
Ruta del Sol Sector 2

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	36 / 115

Antecedentes					Consecuente
Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Escenario	Significancia
Probable	Muy larga	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Larga	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Media	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	.	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Muy larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Probable	Larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Probable	Media	.	Media	Con proyecto	Relevante
Probable	Muy larga	.	Baja	Con proyecto	Relevante
Probable	Larga	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Media	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Muy corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Probable	Muy corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Corta	Rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Muy corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Probable	Muy corta	Rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Muy larga	.	Muy alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Larga	.	Muy alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Muy larga	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Larga	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Media	.	Alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	.	Muy rápida	Muy alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Muy larga	.	Media	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Larga	.	Media	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Media	.	Media	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Muy larga	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Larga	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Media	.	Baja	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Relevante
Poco probable	Muy corta	Muy rápida	Alta	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Muy corta	Rápida	Alta	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Corta	Rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7




CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	37 / 115

Antecedentes					Consecuente
Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Escenario	Significancia
Poco probable	Muy corta	Muy rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
Poco probable	Muy corta	Rápida	Media	Con proyecto	Irrelevante
No probable	.	.	.	Con proyecto	Irrelevante
No probable	Muy larga	.	Muy alta	Con proyecto	Relevante
No probable	Larga	.	Muy alta	Con proyecto	Relevante
No probable	Media	Muy rápida	Muy alta	Con proyecto	Relevante
No probable	Media	Rápida	Muy alta	Con proyecto	Relevante
.	.	.	Muy alta	Sin proyecto	Relevante
.	.	.	Alta	Sin proyecto	Relevante
.	.	.	Media	Sin proyecto	Relevante
.	Muy larga	.	Baja	Sin proyecto	Relevante
.	Larga	.	Baja	Sin proyecto	Relevante
.	Media	.	Baja	Sin proyecto	Irrelevante
.	Corta	.	Baja	Sin proyecto	Irrelevante
.	Muy corta	.	Baja	Sin proyecto	Irrelevante
.	.	.	Muy baja	Sin proyecto	Irrelevante

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

El modelo de la Relevancia Agregada de cada impacto se basa en reglas muy sencillas derivadas de las definiciones de los criterios presentadas en las secciones anteriores. Estos supuestos consisten en lo siguiente:

- Los criterios de VET y SIG inciden independientemente en la relevancia o irrelevancia del impacto.
- El criterio de AE sólo incrementa la relevancia de un impacto si la población afectada es vulnerable (o muy vulnerable) o el tamaño de las firmas es grande (o medio). Esto equivale a decir que este criterio no incide en la relevancia del impacto cuando la población afectada no es vulnerable y las firmas afectadas son pequeñas.
- El criterio de metodología sólo impone restricciones a la relevancia de los impactos; es decir que sólo disminuye su relevancia cuando no se cuenta con las bases metodológicas o con la información necesaria para valorarlo.
- No hay interacción entre los criterios.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	38 / 115	

Las reglas de este modelo se presentan a continuación:

**Tabla 12-11: Reglas del modelo de Relevancia Agregada.**

Antecedentes				Consecuente
VET	AE	M	SIG	Relevancia Agregada
Alto	.	.	.	Muy relevante
Medio	.	.	.	Relevante
Bajo	.	.	.	Irrelevante
.	.	.	Muy relevante	Muy relevante
.	.	.	Relevante	Relevante
.	.	.	Irrelevante	Irrelevante
.	Muy relevante	.	.	Muy relevante
.	Relevante	.	.	Relevante
.	.	Bajo	.	Irrelevante
.	.	Muy bajo	.	Irrelevante

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

Los modelos anteriores se implementaron en el programa Matlab 7.10. A continuación se presentan los mecanismos para obtener las entradas de los modelos.

#### 12.2.5.5 Valores de entrada para la priorización de los impactos

Para implementar estos modelos es necesario obtener los valores para cada variable de entrada. Esto se logró desarrollando un mecanismo de evaluación para cada impacto y cada variable. Para facilitar este proceso se implementó el mecanismo de evaluación en Excel. En el Anexo 1 se presenta el sistema de soporte para la toma de decisiones usado para obtener los valores de entrada del modelo Mamdani usado para la construcción del índice de impacto sobre el criterio de AE. El mecanismo de evaluación para los VET y Metodología es idéntico al presentado a continuación.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	39 / 115	

**Tabla 12-12: Mecanismo de evaluación para la obtención de los valores de entrada usados en el modelo Mamdani del criterio de AE.**

		Agentes Económicos por Fuera del Área de Análisis de EAI					
		Agentes			Nivel de Pobreza / Tamaño Firmas		
No.	Impacto a Evaluar						
1	Cambio Calidad del Aire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
2	Cambio en la Cantidad de Suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
3	Cambio en la Calidad del Suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
4	Cambio en la Cantidad de Agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
5	Cambio en la Calidad del Agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
6	Cambio en la Calidad del Paisaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
7	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
8	Cambio en la Cantidad de Infraestructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
9	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
10	Cambios en Ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
11	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
12	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

Los resultados del uso de este mecanismo de evaluación se muestran en la tabla siguiente. Cada uno de los datos de estas tablas fue sugerido por el tomador de decisión usando el mecanismo de evaluación. Debe señalarse que el tomador de decisión nunca introduce un valor numérico para cada variable de entrada y cada impacto. Su decisión se basa en la configuración de los ecualizadores del sistema de soporte para la toma de decisiones, donde solamente se usan los valores lingüísticos y las calificaciones dadas a otros impactos como referencia para evaluar cada una de las variables.

Para el criterio SIG, los valores de entrada se calcularon como los promedios sobre los impactos y actividades correspondientes a cada flujo de bienes y servicios de las calificaciones otorgadas en la Evaluación ambiental. Estos valores se muestran por separado.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	40 / 115

**Tabla 12-13: Resultados del mecanismo de evaluación para variables de entrada de VET, AE y Metodología.**

Criterios de Decisión y Variables de Entrada para el Ejercicio de Lógica Difusa													
		VET						Agentes Económicos por Fuera del Área de Análisis de EAI			Metodología		
No.	Impacto	Valores de Mercado	Valores No Mercadeables	Valores de Funciones Ecológicas	Valores de Opción	Valores de Existencia	Valores de Legado	Agentes	Vulnerabilidad Personas Afectadas	Tamaño Firmas Afectadas	Referencias Documentadas del Efecto	Metodologías Estructuradas y Validas	Inormación Disponible
1	Cambio Calidad del Aire	0,267	0,699	0,649	0,423	0,593	0,744	0,302	0,467	0,000	0,880	0,704	0,314
2	Cambio en la Cantidad de Suelo	0,106	0,076	0,011	0,438	0,237	0,392	0,000	0,000	0,000	0,559	0,704	0,263
3	Cambio en la Calidad del Suelo	0,036	0,262	0,503	0,480	0,463	0,563	0,000	0,000	0,000	0,639	0,609	0,181
4	Cambio en la Cantidad de Agua	0,463	0,016	0,252	0,558	0,322	0,503	0,181	0,706	0,000	0,669	0,709	0,207
5	Cambio en la Calidad del Agua	0,247	0,151	0,508	0,634	0,573	0,674	0,172	0,716	0,000	0,754	0,714	0,252
6	Cambio en la Calidad del Paisaje	0,026	0,709	0,000	0,674	0,614	0,749	0,000	0,000	0,000	0,112	0,619	0,308
7	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	0,222	0,504	0,714	0,669	0,865	0,764	0,000	0,000	0,000	0,227	0,377	0,478
8	Cambio en la Cantidad de Infraestructura	0,334	0,051	0,026	0,186	0,036	0,066	0,106	0,595	0,000	0,352	0,729	0,322
9	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	0,708	0,317	0,181	0,176	0,162	0,166	0,482	0,335	0,805	0,367	0,735	0,443
10	Cambios en Ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural	0,639	0,317	0,000	0,186	0,176	0,257	0,000	0,000	0,000	0,041	0,744	0,614
11	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	0,568	0,000	0,000	0,196	0,166	0,282	0,000	0,000	0,000	0,342	0,744	0,589
12	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	0,267	0,638	0,106	0,191	0,171	0,302	0,016	0,000	0,000	0,121	0,734	0,061

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	41 / 115	

**Tabla 12-14: Valores de entrada de las variables del modelo SIG.**

Criterios de Decisión y Variables de Entrada para el Ejercicio de Lógica Difusa						
		Significancia según Evaluación Ambiental				
No.	Impacto	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Escenario
1	Cambio Calidad del Aire	0,748	0,398	0,885	0,480	0,850
2	Cambio en la Cantidad de Suelo	0,680	0,936	0,672	0,544	0,600
3	Cambio en la Calidad del Suelo	0,553	0,671	0,698	0,602	0,776
4	Cambio en la Cantidad de Agua	0,806	0,631	0,581	0,438	0,625
5	Cambio en la Calidad del Agua	0,607	0,452	0,842	0,603	0,860
6	Cambio en la Calidad del Paisaje	0,950	0,704	0,779	0,871	0,792
7	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	0,971	0,734	0,794	0,779	0,618
8	Cambio en la Cantidad de Infraestructura	0,581	0,700	0,963	0,488	0,813
9	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	0,740	0,505	0,902	0,733	0,833
10	Cambios en Ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural	0,753	0,536	0,938	0,618	0,867
11	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	1,000	0,404	0,974	0,513	0,870
12	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	0,798	0,521	0,936	0,768	0,868

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

A continuación, se presentan las razones por las cuales cada elemento de las tablas anteriores obtuvo su respectiva calificación. Se especificará la clase de cada impacto con los signos + ó – entre paréntesis.

Como ya se vio, el criterio del *Valor Económico Total (VET)* divide el valor económico del recurso en seis tipos de valor para caracterizar mejor cada uno de los impactos, según lo expuesto en MAVDT (2003). El criterio de los *agentes económicos por fuera del área de análisis del EIA (AE)* hace referencia a las personas afectadas de alguna forma por el proyecto y que están por fuera de su zona de influencia, es decir, por fuera de la zona geográfica del EIA. Por último, el criterio de *metodología (M)* se refiere a la posibilidad técnica de valorar económicamente cada impacto, posibilidad en cuanto a la disponibilidad de la información necesaria, de casos referenciados y a la existencia de metodologías validadas y robustas.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	42 / 115	

### Valores de mercado

Para el componente *Valores de Mercado*, la calificación del cambio en la cantidad de suelo corresponde al cambio en valores de mercado generado por el cambio en el uso de los predios (-). Dado que los predios por los que pasará la variante constituyen una pequeña parte de fincas dedicadas a actividades agropecuarias extensivas, se considera un impacto entre medio y bajo.

La calificación del cambio en la cantidad de infraestructura corresponde al impacto monetario de la afectación de predios por parte de la concesionaria y se considera media-baja (-). El cambio en la calidad de la infraestructura corresponde al incremento en los valores de mercado de los predios del área de influencia del proyecto como resultado de la construcción de la doble calzada y de las mejoras en la circulación por el corredor vial (+); este elemento obtiene, pues, una calificación media-alta.

La calificación de los cambios en ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural representa la pérdida en ingresos de los establecimientos que atienden a usuarios de la vía (montallantas, restaurantes, etc.) (-). Esta reducción de ingresos, a su vez, genera cambios en la calidad de vida de la sociedad (-). Estos dos impactos obtienen calificaciones de medio-alto y medio-bajo respectivamente. La calificación del cambio en la demanda de mano de obra y de servicios sigue el razonamiento anterior y se califica como medio pues parte de los empleos que desaparezcan en los establecimientos actuales serán reemplazados por puestos en la Concesionaria Ruta del Sol (+/-).

Dado que el terreno es plano, el riesgo de erosión en el terreno es muy bajo (Ambiotec Ltda., 2011), por lo que el valor del cambio en la calidad del suelo se califica como muy bajo; al igual que los cambios en la calidad del agua y del paisaje, por no representar valores mercadeables. La calificación del impacto del proyecto sobre la cantidad del agua corresponde a los beneficios por transferencias locales por el uso del agua (+), al igual que la calificación de los cambios en la calidad de los ecosistemas y en la calidad del aire por transferencias locales por aprovechamiento forestal y por servicios ambientales del bosque (ICA primer proceso) (+). Obtienen calificación entre media y baja.

### Valores de uso no mercadeables

Según el MAVDT (2003), el valor de uso *no mercadeable* se refiere al valor de actividades de subsistencia, recreación, investigación asociadas al recurso natural o ambiental y que no generan beneficios comerciales en sí mismas. Con esto en mente, la calificación del cambio en la calidad del aire se refiere al cambio en el valor de uso del aire (cambios en ruido, contaminación, etc.) de los habitantes del área de influencia del proyecto como resultado del incremento del flujo vehicular por el corredor vial y del desvío del mismo del interior de los centros poblados a sus respectivas variantes (+/-). La calificación de este elemento es media-alta.

Los cambios en la cantidad y la calidad del suelo corresponden a los cambios producidos por la extracción de materiales para la construcción y la deposición de residuos y materiales sobrantes (-). Teniendo en cuenta la extensión de las fuentes de materiales y las ZODMES, así como las medidas de prevención contempladas en la actividad *limpieza y entrega final del proyecto*, estos elementos obtienen calificaciones baja y media-baja,

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 CONCESIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	43 / 115	

respectivamente. El cambio en la calidad del agua corresponde a la posible contaminación por vertimiento de residuos en la construcción de los puentes y demás obras de arte del proyecto (-). Como el valor de uso no mercadeable del agua en los ríos susceptibles de contaminación no es alto y se tienen medidas de prevención incluidas en el plan de manejo ambiental y en el plan de inversión del 1% (Concesionaria Ruta del Sol, S.A.S.), este elemento obtiene una calificación baja.


La calificación del cambio en la calidad del paisaje se refiere a su valor de uso directo tanto por los usuarios de la vía como por los habitantes del área de influencia del proyecto y está entre media y alta (+). La calificación del cambio en la calidad de los ecosistemas se refiere al efecto sobre la pesca recreacional y de subsistencia durante la construcción de los puentes y demás obras de arte (-). Este elemento obtiene una calificación media; más baja que el cambio en la calidad del paisaje porque son más las personas que disfrutan del paisaje que las que pescan en el área de influencia del proyecto.

La calificación de los cambios en los ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural y en la calidad de la infraestructura se refieren al aumento de la productividad de las empresas a nivel nacional, resultado de la reducción del tiempo de viaje por el corredor vial (+), y el aumento en el tiempo de viaje durante la construcción del proyecto (-). Dada la naturaleza indirecta de este impacto, su calificación está entre media y baja. La calificación del cambio en la calidad de vida de la sociedad se refiere a la reducción de la accidentalidad en el interior de los centros poblados, a una mayor facilidad para atravesar la vía al interior de los centros poblados y a una mayor dificultad para atravesar la carretera en el resto de su extensión (+/-). También comprende una posible reducción en la accidentalidad como resultado de una mejor señalización y un mejor estado de la vía, pero un aumento debido al incremento de la velocidad promedio de los vehículos (+/-). Este impacto se califica como medio. Por último, dada la definición de los valores de uso no mercadeables, el resto de impactos obtienen la calificación mínima.

### Valores de funciones ecológicas

Los *valores de funciones ecológicas* de los recursos afectados se refieren al papel que juega el recurso en el ecosistema y al grado en el que se ve afectado como resultado de la intervención. Así las cosas, el cambio en la calidad del aire como resultado del aumento en el flujo vehicular por el corredor vial (-) se califica entre medio y alto. El cambio en la calidad del suelo obtiene una calificación media debido a los cambios generados por la extracción de materiales para la construcción y la deposición de materiales sobrantes de excavación (-). Los cambios en la cantidad y en la calidad del agua obtienen calificaciones media-baja y media. El primero, debido al uso del recurso hídrico durante la construcción del proyecto (-); el segundo, debido al riesgo de contaminación en la construcción de puentes y demás obras de arte (-). La calificación de ambos elementos tiene en cuenta las medidas contempladas en el plan de inversión del 1% del proyecto (Concesionaria Ruta del Sol S.A.S.).

La calificación del cambio en la calidad de los ecosistemas contempla el impacto sobre el equilibrio ambiental de la tala, el descapote y la remoción de vegetación para la construcción del proyecto (-), y está entre media y alta. No es alta por completo debido a las medidas de compensación en el plan de manejo ambiental y a las labores de empradización contempladas en el proyecto. La calificación del cambio en la calidad de la

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	44 / 115	

infraestructura contempla el impacto ecológico del cambio en el uso del suelo de los predios afectados para la construcción del proyecto (-). Esta calificación es media-baja. El valor de función ecológica del cambio en la calidad de vida de la sociedad se refiere al impacto del aumento de la contaminación y las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera como resultado del aumento del flujo vehicular por el corredor vial (-). Dado que el impacto no es directo y que el aporte de CO<sub>2</sub> del aumento esperado en el flujo vehicular es pequeño a nivel global, la calificación es baja.

Por último, dada la definición de los valores de funciones ecológicas, los demás impactos obtienen la calificación mínima.

### Valores de opción

Según el MAVDT (2003, pág. 8), el *valor de opción* de un recurso natural o ambiental se define como “el valor representado por la disponibilidad a pagar de los individuos por utilizar el medio ambiente en el futuro y no emplearlo hoy”. Así pues, el proyecto impone restricciones sobre los usos futuros de los predios afectados y su derecho de vía (-), sobre las fuentes de materiales de construcción y las ZODMES (-), sobre la calidad actual del aire en el área de influencia del proyecto (-) y sobre el recurso hídrico utilizado durante la fase de construcción del proyecto (-). Las calificaciones asignadas varían de acuerdo a la magnitud de la restricción impuesta por cada impacto.


### Valores de existencia

Según el MAVDT (2003, pág. 8), el *valor de existencia* de un recurso natural o ambiental se refiere al “valor intrínseco” del recurso, es decir, al beneficio que su existencia implica para la sociedad. De manera que el impacto más importante considerado bajo esta perspectiva es el cambio en la calidad de los ecosistemas y su calificación se refiere al impacto ecológico de la tala de los árboles durante la construcción del corredor vial, en cuanto afecta el equilibrio de los ecosistemas del área de influencia del proyecto y contribuye al efecto invernadero (-). Le siguen los cambios en la calidad del aire (-), en la calidad del paisaje(+), en la calidad del agua (-) y en la calidad del suelo (-) por su influencia sobre el equilibrio ecológico de la región. Los impactos sobre la cantidad de agua (-) y la cantidad de suelo (-) se consideran de menor importancia por las medidas de prevención, mitigación y compensación contempladas en el proyecto.

La calificación del cambio en la calidad de la infraestructura es baja en cuanto considera el valor del uso actual del corredor vial con respecto al uso futuro (+). Las calificaciones de los cambios en ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural (-), en la demanda de mano de obra y de servicios (+/-) y en la calidad de vida (+/-) siguen el mismo razonamiento.

### Valores de legado

El *valor de legado* de un recurso natural o ambiental se refiere, según el MAVDT (2003) al valor que le asignan los individuos para que puedan ser utilizados por generaciones futuras. Así las cosas, los impactos más importantes según su valor de legado son los cambios en la calidad del aire (-), del agua (-), del paisaje (+) y de los ecosistemas (-), seguidos por la cantidad del agua (-) y la cantidad y calidad del suelo (+/-). Los valores de legado de los demás impactos no guardan una relación directa con el corredor vial y obtienen, por lo tanto, calificaciones menores.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	45 / 115	

### Agentes económicos por fuera del área de análisis del EIA


Los agentes económicos afectados por el proyecto pero fuera del área geográfica del EIA son principalmente todos los usuarios de la Ruta del Sol y todos los beneficiarios del ahorro en tiempo de viaje al transitar por el corredor vial (empresas de transporte de pasajeros, mercancías, etc.). Se identificó, además, a los pescadores de los ríos por los que pasa el corredor y que serán intervenidos, cuya actividad puede verse afectada durante la construcción de los puentes y demás obras de arte.

Los impactos correspondientes son los cambios en la cantidad y la calidad del agua (-), así como en la calidad y cantidad de infraestructura (+); obteniendo calificaciones media-baja y baja. La variable *agentes* mide el efecto absoluto del impacto sobre los agentes identificados, mientras que las variables *vulnerabilidad de las personas afectadas* y *tamaño de las firmas afectadas* mide la vulnerabilidad de esos agentes y el número de empleos, respectivamente, afectados por los impactos correspondientes. Dada la pluralidad y diversidad de los agentes identificados, la calificación correspondiente es media o media-baja en aquellos impactos identificados como importantes en el elemento anterior.

### Referencias documentadas del efecto

En cuanto al criterio de *metodología*, dada la creciente preocupación global por el medio ambiente y la legislación que ha surgido al respecto, los efectos de cada impacto están referenciados a nivel global o nacional. Por esta razón, en la variable *referencias documentadas del efecto*, los impactos sobre el medio abiótico obtienen calificaciones entre medio y alto. La variación entre uno y otro se debió al conocimiento del equipo de trabajo sobre cada impacto y su literatura correspondiente. Los demás impactos obtienen calificaciones entre media y baja, según la existencia de referencias de cada efecto.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7				
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	46 / 115



### Metodologías estructuradas y válidas

Dada la creciente preocupación global por el medio ambiente y la legislación que ha surgido al respecto, se han desarrollado *metodologías estructuradas y válidas* para la valoración de los efectos de cada impacto. Se distinguen por tener metodologías menos estructuradas los cambios sobre la calidad del suelo y sobre la calidad de los ecosistemas.

### Información disponible

Para la valoración del efecto del cambio en la cantidad de infraestructura, que se refiere a la afectación de predios, disponemos de estimativos de la información necesaria (precios de los predios, valor de la compensación, precio promedio por hectárea en la zona, etc.), por lo que su calificación es muy media-baja.

En lo que se refiere a los factores abióticos y bióticos, es decir, los efectos de cambios en el suelo, el agua, el aire y los ecosistemas, únicamente se tiene información sobre su estado antes del proyecto. Para la valoración de los efectos sobre estos factores, se necesita información de su estado durante la construcción del proyecto y una vez finalizado y en operación (por lo general, se requiere también un seguimiento de varios años para que los efectos sean detectados). Por esta razón, sus calificaciones son similares y están entre medio y bajo.

Los *cambios en la calidad de la infraestructura* incluyen la afectación a la movilidad y a las redes de servicios. Sólo se tienen estimativos a priori de las variables relevantes para medir cambios en movilidad y servicios. Dado que para una valoración más precisa del impacto de la afectación de la movilidad se necesitan datos a posteriori, la calificación de este componente es media-baja.

Para determinar el efecto de los *cambios en ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural*, se tiene información sobre los ingresos actuales de la población afectada, pero sólo se puede tener un estimado de los empleos que ofrecerá la concesionaria y su salario respectivo, así como del número de empleos que se perderán al desviar el tráfico de los centros poblados. Por esta razón, su calificación es media. Siguiendo el mismo razonamiento, el *cambio de la demanda de mano de obra y de servicios* obtiene una calificación similar.

Por último, el *cambio en la calidad de vida de la sociedad* incluye la accidentalidad y las condiciones de salud de la población. Para valorar el efecto sobre estos aspectos, sólo se cuenta con información a nivel municipal que podría no ser adecuada. Por otro lado, el *cambio en la calidad de vida de la sociedad* también incluye aspectos como las relaciones sociales o con el territorio, sobre los que se tiene muy poca información. Con base en lo anterior, su calificación es muy baja.

A continuación se presentan los resultados del modelo de inferencia de lógica difusa.

## Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
PL-RS-GAM-0003	01	Agosto-2012	Sin restricción	47 / 115


### 12.2.5.6 Resultados del modelo de inferencia Mamdani

La Tabla 4 muestra los resultados de cada uno de los sistemas de inferencia desarrollados para cada uno de los criterios. Todos los modelos Mamdani usados se implementaron en Matlab® (The MathWorks™, 2010), de forma tal que sólo introduciendo los datos de entrada calculados con el mecanismo de evaluación se obtienen todos los resultados.

**Tabla 12-15: Resultados de implementación de modelos.**

Resultados de los modelos de lógica difusa para la relevancia de los impactos ambientales						
No.	Impacto	VET	Agentes Económicos por Fuera del Área de Análisis de EIA	Metodología	Significancia	Relevancia Agregada
1	Cambio Calidad del Aire	0,5408	0,5963	0,6616	0,5759	0,5950
9	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	0,3266	0,6000	0,5577	0,6757	0,5721
11	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	0,2891	0,4279	0,5613	0,5918	0,5643
5	Cambio en la Calidad del Agua	0,4166	0,5313	0,5076	0,5989	0,5481
2	Cambio en la Cantidad de Suelo	0,2976	0,4279	0,4729	0,6080	0,5266
8	Cambio en la Cantidad de Infraestructura	0,2148	0,4437	0,5342	0,5824	0,5211
7	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	0,5574	0,4279	0,3722	0,8814	0,5117
6	Cambio en la Calidad del Paisaje	0,4155	0,4279	0,3019	0,9051	0,4887
10	Cambios en Ingresos y en la dinámica socioeconómica y cultural	0,3486	0,4279	0,4066	0,6431	0,4814
4	Cambio en la Cantidad de Agua	0,4135	0,5422	0,3956	0,5338	0,4745
3	Cambio en la Calidad del Suelo	0,4282	0,4279	0,3297	0,5989	0,4420
12	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	0,3380	0,4290	0,3033	0,6691	0,4342

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 CONCESIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	48 / 115	

Cada una de las columnas en la tabla anterior corresponde a la implementación de un modelo respectivo. Tal y como se había mencionado, el output de los modelos es un escalar entre cero y uno, y no una combinación de conjuntos difusos. La columna de Relevancia Agregada es la que indica, en definitiva, la relevancia de cada impacto del proyecto. Para determinar los impactos relevantes, definimos un límite de 0.5 en el índice de relevancia agregada de la tabla anterior, obteniendo la siguiente caracterización.

**Tabla 12-16: Impactos relevantes para valoración.**

Número Flujo	Impacto según Flujos de Bienes y Servicios	Relevancia
1	Cambio en la Calidad del Aire	Relevante
2	Cambio en la Cantidad del Suelo	Relevante
3	Cambio en la Calidad del Suelo	No relevante
4	Cambio en la Calidad del Agua	No relevante
5	Cambio en la Cantidad del Agua	Relevante
6	Cambio en la Calidad del Paisaje	No relevante
7	Cambio en la Calidad de los Ecosistemas	Relevante
8	Cambio en la Cantidad de la Infraestructura	Relevante
9	Cambio en la Calidad de la Infraestructura	Relevante
10	Cambio en la Demanda de Mano de Obra y de Servicios	No relevante
11	Cambios en Ingresos y en la Dinámica Socioeconómica y Cultural	Relevante
12	Cambio en la Calidad de Vida de la Sociedad	No relevante

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., 2011)

La manera en que se valorará cada impacto se presentará en las siguientes secciones, según sea necesario.

### **12.3 Otros impactos sobre agentes económicos por fuera del área de estudio del EIA.**

La valoración económica de impactos ambientales y económicos en ocasión aborda agentes socioeconómicos que se ubican geográficamente fuera de las áreas de influencia del estudio de EIA del proyecto, o en campos socioeconómicos que tampoco son objeto del EIA. Lo anterior por cuanto los beneficios y los costos ambientales y socioeconómicos del proyecto se ven reflejados sobre estos agentes, y en campos de estudio diferentes a los del EIA. En consecuencia y dada la magnitud del proyecto es importante presentar un contexto nacional del mismo.

Se cuantificarán principalmente dos tipos de impactos socioeconómicos, los impactos sobre los tiempos de desplazamiento por el corredor vial, el confort del desplazamiento y la accidentalidad; y los impactos sobre el valor de la propiedad de finca raíz por fuera del área de influencia del EIA.



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	49 / 115

En los siguientes numerales se muestran algunas cifras sobre el transporte de carga y pasajeros en el país y en el corredor vial del proyecto. Así mismo se presenta un análisis de la propiedad de finca raíz y sus usos residenciales y comerciales o productivos.

## a. Transporte De Carga.

El transporte de carga se ha aumentado de manera considerable en el país comparando la mitad de la década pasada con la mitad de la presente, donde podemos observar que en 11 años se ha aumentado el número de toneladas transportada en un 69.3%.

**Tabla 12-17. Movimiento de Carga Nacional (Miles de Toneladas)**

AÑO	MILES DE TONELADAS	VARIACIÓN (%)
1994	82,483	-
1995	86,742	5,16
1996	71,168	-17,95
1997	89,399	25,62
1998	84,35	-5,65
1999	77,674	-7,91
2000	73,034	-5,97
2001	100,284	37,31
2002	84,018	-16,22
2003	99,782	18,76
2004	117,597	17,85
2005	139,725	18,82

Fuente: Dirección de Transporte y Transito (Ministerio de Transporte)

Dentro de las regiones que sacan sus productos y utilizan la Ruta del Sol prioritariamente encontramos a Bogotá que, para el 2003, generaba el 10.01% de la carga del País. Santander y Boyacá, juntos producían para el mismo año el 10.22%, siendo estas regiones las más representativas en el área Andina. Sin embargo, así como la ruta es vital para la salida de productos, es igualmente importante para la entrada. En este sentido para el 2003, Bogotá es el mayor receptor de carga del país, la cual representa el 17.33%. Entre los departamentos del Caribe, que van a tener como su principal vertiente al interior del país, Atlántico, Bolívar y Magdalena representan en movimiento de carga el 7.04%, 6.02% y 3.9%, respectivamente. La carga que se mueve hacia el interior del país, no sólo está concentrada en Bogotá, sino también en Santander y Norte de Santander, que juntos reciben el 9.34% de la carga que se movía en el país en el 2003.

Dentro de las empresas de transporte de carga conformadas en el país en el 2003 que sumaban 1198, el mayor porcentaje está en Cundinamarca, representando el 40.98%. Boyacá, Santander y Norte de Santander juntos suman el 12.69% de éstas empresas en el mismo año, mientras que en Atlántico se encuentra el 6.07%. Es decir, que la mayoría de los gremio utilizará la Ruta del Sol permanentemente (Ministerio de Transporte, 2005).

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	50 / 115

En general, existe una marcada afluencia de vehículos de carga que representa cerca del 67% del flujo vehicular del corredor vial Ruta del Sol. Esto evidencia la importancia de la vía tanto para el comercio exterior, como para el flujo de productos y mercancías del mercado nacional. Por tanto, la Ruta del Sol es un conector natural del centro del país con los puertos de la costa Atlántica (Conpes 3571, 2009).

Las siguientes tablas resumen en concreto por año el transporte de carga terrestre y el porcentaje que éste representa de la carga total nacional.

**Tabla 12-18. Movimiento de Carga Nacional por modo de Transporte (Miles de Toneladas)**

Año	Carretero	Férreo 2			Fluvial	Aéreo	Cabotaje	TOTAL
	1	Concesiones (sin incluir carbón)	Carbón	Total	3	4	5	(1+2+3+4+5)
94	82.483	812	12.833	13.645	2.890	140	3.700	102.858
95	86.742	882	13.734	14.616	2.634	140	4.000	108.132
96	71.168	981	15.354	16.335	3.062	142	4.324	95.031
97	89.399	836	16.370	17.206	2.755	139	3.997	113.496
98	84.350	779	21.842	22.621	3.049	119	4.009	114.148
99	77.674	367	25.035	25.402	3.735	134	1.385	108.330
00	73.034	0	31.170	31.170	3.802	100	797	108.903
01	100.284	0	33.457	33.457	3.069	104	720	137.634
02	84.018	0	31.032	31.032	3.480	122	532	119.184
03	99.782	37	42.744	42.781	3.725	132	928	147.348
04	117.597	317	45.865	46.181	4.211	129	588	168.706
05	139.725	308	48.919	49.227	4.863	135	400	194.350
06*	ND	314	49.394	49.708	4.219	138	509	NA
07*	ND	375	52.829	53.204	4.294	137	454	NA
08*	ND	236	58.236	58.472	4.574	123	372	NA

Fuente: Anuario Estadístico del transporte. (2009). Ministerio de Transporte. Bogotá.

Ahora bien, en la siguiente tabla se muestra la distribución porcentual de la carga en toneladas por año.

**Tabla 12-19 Distribución Porcentual Carga Nacional Toneladas por Año.**

Año	Carretero	Férreo			Fluvial	Aéreo	Cabotaje	TOTAL
		Concesiones (sin incluir carbón)	Carbón	Total				
94	80,2	0,8	12,5	13,3	2,8	0,1	3,6	100
95	80,2	0,8	12,7	13,5	2,4	0,1	3,7	100
96	74,9	1,0	16,2	17,2	3,2	0,1	4,6	100
97	78,8	0,7	14,4	15,2	2,4	0,1	3,5	100
98	73,9	0,7	19,1	19,8	2,7	0,1	3,5	100

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	51 / 115

Año	Carretero	Férreo			Fluvial	Aéreo	Cabotaje	TOTAL
99	71,7	0,3	23,1	23,4	3,4	0,1	1,3	100
00	67,1	0,0	28,6	28,6	3,5	0,1	0,7	100
01	72,9	0,0	24,3	24,3	2,2	0,1	0,5	100
02	70,5	0,0	26,0	26,0	2,9	0,1	0,4	100
03	67,7	0,0	29,0	29,0	2,5	0,1	0,6	100
04	69,7	0,2	27,2	27,4	2,5	0,1	0,3	100
05	71,9	0,2	25,2	25,3	2,5	0,1	0,2	100
06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
07	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
08	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Anuario Estadístico del transporte. (2009). Ministerio de Transporte. Bogotá.

La importancia del transporte de carga por tierra se puede sustentar en las estadísticas observadas en la Tabla 12-17 y Tabla 12-18. La segunda muestra en porcentaje las cifras que se observan en la primera, donde se evidencia que hasta el 2005, año hasta el cual se tiene información disponible, el porcentaje de la carga transportada por carretera en ningún momento representa menos del 70% de la carga nacional anual.

## b. Transporte Pasajeros.

Dentro de las empresas de cubrimiento Nacional, para el 2003, la mayoría se encontraban en Cundinamarca, representando el 14.93% del total de empresas, que eran 891 para la época. Otros departamentos que son potenciales usuarios de la ruta del Sol que tiene un número importante de empresas de transporte de pasajeros son Bolívar, Atlántico, Santander y Norte de Santander con el 3.7%, 2.92%, 3.05% y 2.02% respectivamente (Ministerio de Transporte, 2005).

**Tabla 12-20. Movimiento de Pasajeros.**

Año	Pasajeros Nacionales						
	Carretera	Vía Aérea			Fluvial	Marítimo	Ferroviario
		Aerotaxis y Regional	Empresas Regulares	TOTAL			
94	ND	581.541	7.420.065	8.001.606	2.334.373	ND	ND
95	94.161.337	559.672	8.062.765	8.622.437	2.448.764	33.854	58.328
96	95.742.237	696.725	8.294.040	8.990.765	3.118.362	88.714	256.879
97	98.911.215	680.212	8.077.000	8.757.212	2.084.014	153.557	232.330
98	100.364.439	625.365	7.950.308	8.575.673	2.843.661	169.639	203.553
99	94.654.074	605.423	7.613.231	8.218.654	2.820.783	178.586	160.130
00	98.448.963	684.719	7.466.331	8.151.050	2.980.213	172.390	50.215
01	99.009.731	646.167	7.559.898	8.206.065	3.026.826	170.912	54.916
02	99.570.498	630.243	7.731.586	8.361.829	3.329.199	85.880	36.695
03	120.201.516	547.842	7.439.107	7.986.949	4.148.706	ND	17.363
04	128.893.186	483.467	7.690.762	8.174.229	3.531.395	38.946	49.400
05	156.568.326	533.883	7.756.875	8.290.758	3.789.419	40.012	126.219
06	164.118.093	537.124	8.342.928	8.880.052	3.572.263	42.235	153.470

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	52 / 115

Año	Pasajeros Nacionales						
	Carretera	Vía Aérea			Fluvial	Marítimo	Ferroviario
07	172.127.092	536.144	8.771.998	9.308.142	3.297.786	108.892	181.390
08 *	173.406.200	574.975	8.984.165	9.559.140	3.543.441	253.000	250.798

Fuente: Anuario Estadístico del transporte. (2009). Ministerio de Transporte. Bogotá.

El transporte de pasajeros, como se observa en la Tabla 12-20, tiene también su mayor flujo por la vía terrestre, donde en ninguno de los años, dicho medio representa menos del 88% del total de viajeros movilizados al interior del país.

### c. Transporte Particular.

Hemos visto la importancia de las vías terrestres por el alto número de pasajeros que se transportan por este medio comparado con las alternativas. Sin embargo, tenemos que observar los otros usuarios de las carreteras que son los vehículos de transporte particular. Así pues, en la Tabla 12-21 se tiene el conteo manual que se hizo de los distintos vehículos que transitaron por las carreteras del país en los respectivos años discriminando en tres grupos, A (Autos particulares), B (Buses y Busetas de transporte público) y C (Camiones o Vehículos de carga desde 2 a 6 ejes). Aunque el transporte público es el que más pasajeros mueve como observamos en la Tabla 12-20, el número nominal de vehículos particulares supera a los Buses durante todos los años, representando desde el 56.28% en el 2007 hasta el 70.21% de los vehículos que rodaron ese año por las carreteras en 1998. Cabe resaltar que en segundo lugar están los del Grupo C que en los distintos años oscilan entre el 30% del conteo total de vehículos que estuvieron en las carreteras nacionales.

**Tabla 12-21. Conteo Manual en Carreteras.**

Año	Km con conteo	Miles Vehículos km-día			
		TOTAL	A (Autos)	B (Buses)	C (Camiones)
94	17.780	ND	ND	ND	ND
95	17.720	ND	ND	ND	ND
96	17.663	35.398	21.991	2.935	10.472
97	18.015	36.041	24.628	3.021	8.392
98	18.304	41.587	29.198	3.485	8.904
99	18.292	36.436	23.465	3.258	9.713
00	18.596	36.867	23.631	3.301	9.935
01	18.591	38.719	24.191	4.051	10.478
02	19.281	38.424	24.038	4.062	10.325
03	19.125	36.524	21.934	2.993	11.598
04	18.846	42.851	25.209	5.137	12.504
05	18.412	43.403	25.712	5.153	12.539
06	18.532	49.936	29.044	5.909	14.982
07	18.914	48.883	27.510	5.506	15.867
08*	ND	ND	ND	ND	ND

Fuente: Anuario Estadístico del transporte. (2009). Ministerio de Transporte. Bogotá.

Si nos concentramos en los tramos que respectan a la Ruta del Sol, podemos ver en la tabla anterior el porcentaje del total de vehículos pequeños en una ruta de destino y

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	53 / 115

origen, tenemos que Bogotá es lugar de origen con el mayor porcentaje 12.65%, dentro de los destinos de los vehículos pequeños que salen de éste origen la mayoría se dirigen a zonas que están ubicadas dentro de la Ruta del Sol. En general tenemos que el Oriente del Magdalena es el segundo destino con mayor porcentaje, el primero es Bogotá, así pues en términos generales se evidencia la importancia de la Ruta del Sol por el porcentaje de vehículos pequeños que salen y llegan a los lugares que determinan los extremos de la vía en cuestión. Sin embargo, en la tabla anterior se puede detallar también el comportamiento del flujo entre puntos intermedios del tramo total.

#### d. Propiedad de finca raíz y las actividades productivas y residenciales.

La siguiente tabla presenta la información del Censo Nacional – 2005 DANE relacionada con el conteo general de Viviendas, Hogares, y Personas para los municipios de Barrancabermeja (Santander), Bolívar (Santander), Chimichagua (Cesar), Cimitarra (Santander), Curumaní (Cesar), La Esperanza (Norte de Santander), Pailitas (Cesar), Pelaya (Cesar), Puerto Parra (Santander), Rio Negro (Santander), Sabana de Torres (Santander), San Alberto (Cesar), San Vicente de Chucuri (Santander), Simacota (Santander), Tamalameque (Cesar). En la última columna se presenta una proyección de las cifras de población para el 2010. Los municipios mostrados en la tabla suman en total 479.023 habitantes en el último censo, lo que representaba el 1,09% de la población nacional. Los municipios que representan la mayor proporción de la población dentro del grupo son, en orden de importancia; Barrancabermeja y Cimitarra, con el 41,3% y el 7,1% respectivamente. Es de resaltar que en el tramo analizado estas dos poblaciones pertenecen al departamento de Santander y se encuentran cerca del extremo sur del trazado. Le siguen en orden de importancia Chimichagua, San Vicente de Chucuri, Rionegro, Curumaní, San Alberto, Sabana de Torres, Pailitas, Pelaya, Tamalameque, Bolívar, La Esperanza, Simacota, Puerto Parra. De los 15 municipios solo 6 tienen su mayor proporción de población en la cabecera municipal y los 9 restantes no.

**Tabla 12-22: Conteo Vivienda, Hogares y Personas.**

Municipio	Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Barrancabermeja	Cabecera	44.598	44.380	168.307	172.778
	Resto	4.893	4.583	19.004	18.720
	<b>Total</b>	<b>49.491</b>	<b>48.963</b>	<b>187.311</b>	<b>191.498</b>
Bolívar	Cabecera	423	415	1.394	1.368
	Resto	3.485	2.783	11.464	11.770
	<b>Total</b>	<b>3.908</b>	<b>3.198</b>	<b>12.858</b>	<b>13.138</b>
Chimichagua	Cabecera	2.400	2.271	11.090	11.588
	Resto	4.136	3.719	19.026	19.313
	<b>Total</b>	<b>6.536</b>	<b>5.990</b>	<b>30.116</b>	<b>30.901</b>
Cimitarra	Cabecera	3.557	3.776	12.896	15.266
	Resto	5.272	4.754	19.228	23.983
	<b>Total</b>	<b>8.829</b>	<b>8.530</b>	<b>32.124</b>	<b>39.249</b>
Curumaní	Cabecera	4.230	3.990	17.848	18.765

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	54 / 115

Municipio	Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
	<b>Resto</b>	2.334	1.993	8.892	7.245
	<b>Total</b>	6.564	5.983	26.740	26.010
<b>La Esperanza</b>	<b>Cabecera</b>	307	331	1.341	1.536
	<b>Resto</b>	2.253	2.124	9.548	9.925
	<b>Total</b>	2.560	2.455	10.889	11.461
<b>Pailitas</b>	<b>Cabecera</b>	2.844	2.813	11.524	12.584
	<b>Resto</b>	1.162	1.004	4.054	3.998
	<b>Total</b>	4.006	3.817	15.578	16.582
<b>Pelaya</b>	<b>Cabecera</b>	2.523	2.478	10.558	11.436
	<b>Resto</b>	1.150	1.094	4.900	5.817
	<b>Total</b>	3.673	3.572	15.458	17.253
<b>Puerto Parra</b>	<b>Cabecera</b>	603	533	2.845	3.296
	<b>Resto</b>	1.005	871	3.617	3.711
	<b>Total</b>	1.608	1.404	6.462	7.007
<b>Rionegro</b>	<b>Cabecera</b>	1.337	1.457	6.037	6.501
	<b>Resto</b>	5.720	5.104	20.731	21.718
	<b>Total</b>	7.057	6.561	26.768	28.219
<b>Sabana Torres</b> de	<b>Cabecera</b>	3.202	3.123	11.559	12.019
	<b>Resto</b>	2.292	1.954	7.889	7.299
	<b>Total</b>	5.494	5.077	19.448	19.318
<b>San Alberto</b>	<b>Cabecera</b>	3.532	3.654	14.030	16.243
	<b>Resto</b>	1.388	1.452	5.626	6.042
	<b>Total</b>	4.920	5.106	19.656	22.285
<b>San Vicente de Chucuri</b>	<b>Cabecera</b>	3.023	3.330	12.553	13.269
	<b>Resto</b>	3.701	3.595	15.531	20.697
	<b>Total</b>	6.724	6.925	28.084	33.966
<b>Simacota</b>	<b>Cabecera</b>	474	500	2.202	2.384
	<b>Resto</b>	1.694	1.553	6.542	5.944
	<b>Total</b>	2.168	2.053	8.744	8.328
<b>Tamalameque</b>	<b>Cabecera</b>	1.170	1.102	5.096	5.410
	<b>Resto</b>	2.061	1.909	8.540	8.578
	<b>Total</b>	3.231	3.011	13.636	13.988
<b>Total Municipios</b>		116.769	112.645	453.872	479.203
<b>Dpto. de Cesar</b>	<b>Cabecera</b>	145.637	143.938	625.775	703.886
	<b>Resto</b>	58.754	55.172	252.662	262.534
	<b>Total</b>	204.391	199.110	878.437	966.420
<b>Dpto. de Norte de Santander</b>	<b>Cabecera</b>	227.953	235.689	946.305	1.006.108
	<b>Resto</b>	67.652	59.596	262.031	291.734
	<b>Total</b>	295.605	295.285	1.208.336	1.297.842
<b>Dpto. de</b>	<b>Cabecera</b>	350.631	373.966	1.410.071	1.494.254

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	55 / 115

Municipio	Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
<b>Santander</b>	<b>Resto</b>	144.548	124.682	503.373	516.150
	<b>Total</b>	495.179	498.648	1.913.444	2.010.404
<b>Agregado Nacional</b>	<b>Cabecera</b>	7.824.702	8.208.838	31.504.022	34.387.230
	<b>Resto</b>	2.565.505	2.362.061	9.964.362	11.120.975
	<b>Total</b>	10.390.207	10.570.899	41.468.384	45.508.205

Fuente: DANE, Censo 2005.

Con respecto a la composición por actividad económica y algunos indicadores de agricultura y ganadería se tiene la siguiente información:

**Tabla 12-23. Establecimientos por Actividad Económica.**

Municipios	Industria	Comercio	Servicios	Otras Actividades
<b>Barrancabermeja</b>	6,5	50,4	38,7	4,4
<b>Bolívar</b>	12,1	52,9	23,9	11,1
<b>Chimichagua</b>	6,4	64,9	14,6	14,0
<b>Cimitarra</b>	5,2	55,3	31,4	8,0
<b>Curumaní</b>	4,7	55,4	31,7	8,2
<b>La Esperanza</b>	3,8	53,8	26,0	16,3
<b>Pailitas</b>	11,1	50,1	32,5	6,4
<b>Pelaya</b>	6,7	56,4	29,8	7,1
<b>Puerto Parra</b>	6,5	57,1	28,1	8,3
<b>Rionegro</b>	7,4	58,2	25,3	9,1
<b>Sabana de Torres</b>	6,0	57,9	20,5	15,6
<b>San Alberto</b>	7,0	56,8	30,0	6,3
<b>San Vicente de Chucuri</b>	11,1	61,2	21,8	5,9
<b>Simacota</b>	4,8	63,0	22,6	9,6
<b>Tamalameque</b>	3,6	47,8	37,2	11,3

Fuente: DANE (Censo 2005)

En general, se observa que para todos los municipios la principal actividad económica de sus establecimientos es el comercio (ver tabla anterior), donde Tamalameque es el municipio que tiene menor porcentaje de comercio (47,8%), dicho municipio tiene un alto porcentaje en el área de servicios (37,2%) y se ubica después de Barrancabermeja (38,7%). El municipio que tiene mayor porcentaje en otras actividades es La Esperanza (16,3%), en actividades de industria, se destaca el municipio de Bolívar (12,1%) y el municipio con mayor porcentaje de comercio es Chimichagua (64,9%).

En todos los municipios las empresas que tienen de 0 a 10 empleados son en su mayoría comerciales, en ningún caso son menos del 55%. Se puede inferir que estas empresas son las menos influyentes económicamente. En lo que respecta a las empresas más grandes, las que tienen entre 11 y 50 empleados están ubicadas en su mayoría en el

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	56 / 115

sector servicios en cada uno de los municipios representando un promedio de 54%. Las que tienen más de 50 empleados están situadas en su totalidad en el sector servicios. Lo que se puede concluir es que la mayoría de las personas se dedica al comercio en éstos municipios y en consecuencia no existe un desarrollo industrial significativo.

**Tabla 12-24. Establecimientos según escala de personal por actividad económica.**

No Empleados	Sector Económico	Barrancabermeja	Boívar	Chimichagua	Cimitarra	Curumani	La Esperanza	Pailitas	Pelaya	Puerto Parra	Rionegro	Sabana de Torres	San Alberto	San Vicente de Chucuri	Simacota	Tamalameque
0 a 10	Industria	6,8	14,0	7,0	6,0	4,6	4,1	12,9	6,8	7,1	7,8	6,8	7,2	11,7	4,8	4,4
	Comercio	55,8	60,9	78,3	64,4	64,7	73,0	58,4	63,6	65,0	67,0	71,3	63,5	67,4	71,8	56,4
	Servicios	37,4	25,2	14,7	29,6	30,7	23,0	28,7	29,6	27,9	25,2	21,9	29,2	20,8	23,4	39,2
	Otras Actividades															
11 a 50	Industria	6,9		16,7				9,1		16,7	40,0			14,3		
	Comercio	25,0		66,7	23,1	11,1		27,3	50,0		10,0	62,5	25,0	35,7		50,0
	Servicios	68,1	100,0	16,7	76,9	88,9		63,6	50,0	83,3	50,0	37,5	75,0	50,0		50,0
	Otras Actividades															
51 a 200	Industria															
	Comercio	12,1		100,0												
	Servicios	87,9			100,0	100,0		100,0			100,0		100,0	100,0		
	Otras Actividades															
201 a más	Industria										50,0		100,0			
	Comercio															
	Servicios	100,0					100,0				50,0					
	Otras Actividades															

Fuente: DANE (Censo 2005)

En la siguiente tabla se puede observar estadísticas de producción pecuaria para los municipios de influencia en el tramo que estamos analizando, así como las de los departamentos a los cuales pertenecen y el agregado Nacional. Estas cifras fueron evaluadas para el año 2004. Si observamos particularmente el inventario de Ganado Bovino en el año de estudio, tenemos que, de los Departamentos que nos competen, el que mayor peso tiene sobre el agregado Nacional es Santander con el 6.59%; éste, a su vez, es el que más municipios posee sobre el tramo analizado. Dentro de los municipios de Santander que estamos mirando, Cimitarra genera el 0,85% de inventario Nacional. Respecto a la producción de leche Cesar es el Departamento de los tres analizados que tiene más peso sobre el promedio nacional de litros producidos al día con el 5,70%, seguido de Santander y Norte de Santander que en éste caso se ubica en el ultimo puesto, lo que indica que la mayoría de su ganadería bovina es para carne. En lo que atañe a ganado porcino Santander es marcadamente el mayor productor de los tres Departamentos representando alrededor del 4% del inventario Nacional en las categorías que observamos (machos de 0 a 6 meses y mayores de 6 meses y hembras en estas dos categorías). El Cesar es el segundo productor pesando alrededor del 2,2% en el inventario nacional de ganado porcino mayor de 6 meses. Respecto a la producción de Aves de Corral, Cesar no alcanza a representar el 1% del inventario Nacional ni en aves de postura ni de engorde. En este caso nuevamente Santander es el mayor productor con el 26,4% de las aves de postura del inventario nacional y el 15% de las aves de engorde.



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	57 / 115

**Tabla 12-25. Producción Pecuaria Evaluada para el año 2004**

Municipios	Inventario de Ganado Bovino	Producción diaria de leche			Machos Sacrificados	Inventario Ganado Porcino				Aves de Corral	
		LITROS	LITROS Promedio/Vaca	Vacas en Ordeño		Machos		Hembras		De Postura	De Engorde
						0 a 6 meses	más de 6 meses	0 a 6 meses	más de 6 meses		
Chimichagua	70.130	41.250	3	12.500	83	700	800	873	1.020	0	3.000
Curumani	38.642	23.100	4	6.600	206	350	500	450	560	0	5.000
Pailitas	22.167	11.737	3	3.452	660	0	0	0	4.530	2.000	6.000
Pelaya	28.830	20.087	4	5.739	237	0	0	0	2.385	0	4.000
San Alberto	69.777	40.632	4	11.609	1.000	0	0	0	4.186	7.000	15.000
Tamalameque	42.994	26.000	3	8.125	231	0	0	0	3.847	0	2.000
<b>CESAR</b>	<b>1.426.502</b>	<b>953.308</b>	<b>5</b>	<b>273.260</b>	<b>32.633</b>	<b>8.346</b>	<b>29.389</b>	<b>7.419</b>	<b>33.921</b>	<b>10.309</b>	<b>180.900</b>
La Esperanza	72.650	12.766	4	44.681	1.100	230	205	200	190	3.000	26.000
<b>NORTE DE SANTANDER</b>	<b>323.224</b>	<b>55.681</b>	<b>4</b>	<b>212.009</b>	<b>50.594</b>	<b>21.097</b>	<b>15.616</b>	<b>19.785</b>	<b>17.033</b>	<b>1.073.832</b>	<b>905.630</b>
Barrancabermeja	47.023	23.733	2	9.889	12.756	1.200	351	800	436	19.713	150.000
Bolívar	45.250	23.000	4	5.750	245	1.480	1.500	1.500	1.950	23.500	7.600
Cimitarra	186.011	136.678	3	39.051	1.423	402	804	258	258	35.000	8.500
Puerto Parra	50.302	27.753	3	9.570	72	415	280	540	880	10.800	470
Rionegro	117.400	140.000	5	28.000	1.800	300	100	200	365	320.000	2.350.000
Sabana de Torres	132.854	40.526	2	20.263	172	270	206	212	283	1.800	40.000
San Vicente de Chucurí	101.400	42.200	4	10.550	1.890	6.600	2.800	3.300	1.900	27.000	10.500
Simacota	26.328	2.850	3	950	635	695	85	1.020	175	32.000	19.000
<b>SANTANDER</b>	<b>1.435.500</b>	<b>952.910</b>	<b>4</b>	<b>253.625</b>	<b>64.023</b>	<b>45.635</b>	<b>31.129</b>	<b>32.670</b>	<b>26.951</b>	<b>12.317.554</b>	<b>17.375.360</b>
<b>Agregado Nacional</b>	<b>21.784.300</b>	<b>16.722.516</b>	<b>7</b>	<b>3.931.924</b>	<b>1.765.511</b>	<b>1.185.412</b>	<b>566.504</b>	<b>1.153.340</b>	<b>753.388</b>	<b>46.713.349</b>	<b>116.392.555</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura, Evaluación Pecuaria (2004)

## 12.4 Revisión de Literatura Sobre Impactos Relevantes.

Este numeral presenta la revisión de literatura sobre el tema usada para el primer proceso de licenciamiento (Tramos 1, 5 y 6), dicha revisión ha sido ajustada y/o ampliada para los tramos en cuestión (2, 3, 4 y 7). Los impactos ambientales y socioeconómicos a evaluar son producto del análisis de impactos relevantes presentado en el capítulo anterior. De cada uno de estos impactos identificados como relevantes, se adelantó una revisión de literatura especializada con el objeto de documentar los cambios para los agentes económicos que se prevé sucederán por la construcción y operación de los tramos prioritarios 2, 3, 4 y 7. Los principales impactos a cuantificar se presentan en la siguiente tabla, ésta tabla también muestra una relación de impactos a cuantificar, cambios previstos para los agentes económicos y mecanismos para la cuantificación de los impactos.

**Tabla 12-26. Costos y beneficios ambientales y socioeconómicos a valorar.**

Impactos ambientales y Socioeconómicos a Valorar	Dónde se presenta el Cambio que generan los impactos.	Mecanismo para Medir el Cambio en Bienestar
Beneficios por la reducción de los costos de viaje	Reducción de los tiempos de viaje, mejoramiento de la vía y su impacto sobre los costos de transporte por kilómetro.	Variación de los costos de operación del transporte de carga terrestre por cada vehículo.
		Variación de los costos de operación del transporte de pasajeros terrestre por cada vehículo.
		Variación en los costos de desplazamiento de vehículos particulares.
	Aumento en la demanda de viajes como consecuencia de los menores costos de viaje.	Aumento del volumen de carga transportada, mayor flujo de vehículos a un menor costo de transporte.
		Aumento del volumen de pasajeros terrestres, mayor flujo de vehículos a un menor costo de transporte.
		Aumento del número de vehículos particulares, mayor flujo de vehículos a un menor costo de transporte.
	Disponibilidad a Pagar por el mayor confort al desplazarse por la vía.	Los usuarios de la vía se desplazarán con un mayor nivel de confort, lo que generara beneficios que pueden ser cuantificados mediante la disponibilidad a pagar de los mismos por cada recorrido.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	58 / 115

Impactos ambientales y Socioeconómicos a Valorar	Dónde se presenta el Cambio que generan los impactos.	Mecanismo para Medir el Cambio en Bienestar
Beneficios por aumento del valor de la propiedad de finca raíz	Aumento del valor de cada hectárea.	Aumento del valor de cada hectárea en el área de influencia directa del proyecto.
	Aumento del valor de cada vivienda.	Aumento del valor de cada vivienda en los cascos urbanos que se encuentran sobre el corredor vial.
Beneficios por la disminución de los accidentes vehiculares	Disminución de los costos (públicos y privados) de atender un accidente en la vía.	Disminución de las pérdidas financieras por costos de atención en la vía de accidentes (Valores asegurados, costos para particulares)
	Disminución de los muertos en accidentes.	Disminución de las pérdidas financieras (valor estadístico de una vida o valor asegurado) por muertos en accidentes.
	Disminución de los heridos en accidentes.	Disminución de los costos de atención de heridos en el sistema público o privado de salud.
	Disminución de las pérdidas materiales en accidentes	Disminución de los costos por pérdidas materiales en accidentes (Valor asegurado, valor promedio de vehículo o carga)
Costos por el aumento del tiempo de viaje durante la construcción del proyecto	Aumento de los tiempos de viaje, restricciones de movilidad durante la construcción y su impacto sobre el costo de transporte por kilómetro.	Variación de los costos de operación del transporte de carga terrestre por cada vehículo.
		Variación de los costos de operación del transporte de pasajeros terrestre por cada vehículo.
		Variación en los costos de desplazamiento de vehículos particulares.
	Disponibilidad a Pagar por el cambio de confort al desplazarse por la vía.	Los usuarios de la vía se desplazarán con un menor nivel de confort, lo que generara beneficios que pueden ser cuantificados mediante la disponibilidad apagar de los mismos por cada recorrido.

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S, 2011)

De acuerdo con la tabla anterior, para el presente estudio de análisis económico de impactos ambientales y socioeconómicos, se evaluarán tres temas asociados con beneficios, la reducción de costos de viaje, el aumento de la propiedad de finca raíz y la reducción de accidentes vehiculares en la vía. Adicionalmente se evaluarán los costos durante la fase de construcción por las restricciones de circulación.

Como se mencionó en el análisis del primer proceso de licenciamiento las megaobras de infraestructura tales como grandes proyectos viales, dobles calzadas, autopistas, conectores viales, viaductos, entre otros, generan importantes beneficios a la sociedad en su conjunto. Tales beneficios se encuentran asociados principalmente a la reducción en los tiempos de viaje, al mejor confort en los desplazamientos, a la reducción de la accidentalidad, al aumento en la productividad de las zonas en el área de influencia del proyecto; actividades agrícolas, pecuarias, industriales, turísticas, etc., al aumento en el valor de la propiedad raíz (viviendas y propiedad rural), a mejoras en las condiciones económicas en los municipios en la zona del trazado del proyecto, y en general al mejoramiento de las condiciones de la economías locales.

Muchos estudios a nivel internacional y nacional, han abordado el cálculo y la cuantificación de beneficios de proyectos de infraestructura vial. Ellos, generalmente son requeridos dentro de la evaluación económica y social de este tipo de intervenciones, a fin de justificar las inversiones con recursos públicos. A Continuación se realiza una revisión de literatura que da cuenta de los principales beneficios y costos relacionados con la construcción y entrada en operación de proyectos de infraestructura vial.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	59 / 115

## 12.4.1 Reducción de los costos de viaje.

La siguiente revisión de literatura muestra evidencia de los cambios sobre los costos de viaje, adicional a esta revisión, se estimaron económicamente dichos cambios para el proyecto (Ver anexo 6. Informe de Estimación de DAP's). Las mejoras en infraestructura vial generan beneficios directos relacionados con los costos de transporte que comprenden ahorro en el tiempo de viaje, la reducción de costos de operación vehicular por menor consumo de insumos como combustible, lubricantes, llantas, mantenimiento, entre otros, y el aumento de la actividad del transporte debido a la reducción del costo de viaje.

Muchos son los estudios cuantitativos que tratan de aproximar valores monetarios asociados al ahorro en tiempos de viaje. Tales estudios han utilizado diferentes metodologías de medición entre las que se encuentran el costo de viaje, análisis de costos de transporte, encuestas de movilidad, experimentos económicos, entre otros más. Robusté et al (2000) obtienen una estimación del costo social del valor del tiempo ahorrado por la entrada en operación de proyectos viales. El autor reporta que en promedio, el ahorro representa alrededor de 6.5 Euros/hora/vehículo, asumiendo una ocupación promedio de 2.1 personas/vehículo. Por su parte, Carpintero (2005) reporta que la valoración del tiempo ahorrado en carreteras de España es en promedio de 5.91 euros/hora para vehículos pequeños y de alrededor de 34.13 euros/hora para vehículos de carga. Los anteriores valores son reportados por el autor a precios del 2000. Por su parte Miller (1989)<sup>11</sup> encuentra que el valor del tiempo –para usos de trabajo- en los viajeros se encuentra en función del salario de los individuos y de los beneficios conexos. En ese sentido expresa que es posible expresar el ahorro en términos de una proporción del salario. De esta manera el autor reporta que el valor de una hora ahorrada de un viajero en un camión asciende a 23.56 US\$, mientras que para un automóvil es de 16.16 US\$. El Asia Development Bank estima que los ahorros en tiempos de viaje en las provincias de la India Donara, Lava Ghorí, Temmi Khurd, Mahinikhapa, Raheepura, Ichhapur, Peeparhati superan el 50% (Asia Development Bank, 2007).

En el estudio de evaluación económica ex ante realizado por (Romero Hernández, 1999) para la construcción de una vía en torno a la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, encontró que el ahorro de los costos de operación van desde el 18% hasta el 25%.

Como parte de los beneficios generados por la construcción de la doble calzada en una vía se encuentra la reducción de los costos de viaje, que se presentan tanto por el ahorro en el tiempo de viaje como por el ahorro de los costos operacionales, de acuerdo con (Steer Davies Gleave, 2009, Julio) en el informe realizado para las cinco alternativas posibles para el trazado de construcción de una nueva carretera Tobiagrande - Villeta y Puerto Salgar, que corresponde al Sector 1 de la Ruta del Sol.

<sup>11</sup> Citado en Economic Impact of Interstate Highways in Kentucky

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y

7

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	60 / 115



En el estudio mencionado la reducción en costos operacionales para vehículos livianos se calculó entre el 16% y 33%, siendo en promedio el 26%, en cuando a vehículos pesados dicha reducción es entre el 9% y el 29% con un promedio de 21%.

La reducción en el tiempo de viaje y el costo operacional constituye el beneficio obtenido con cada trazado; para su cálculo el estudio consideró el tráfico discriminado año a año durante un horizonte de 30 años, teniendo en cuenta el inicio de operación de cada alternativa. Los costos incluidos en el análisis son de Pre-inversión y Construcción, Operación y Mantenimiento, Sociales y prediales y Costos Ambientales. Estos costos van desde 0.91 billones a 1.42 billones de pesos colombianos. El Valor Presente Neto de los Beneficios Marginales va desde 1.35 billones a 1.95 billones de pesos colombianos.

El estudio de demanda del Proyecto Ruta del Sol estimó los volúmenes de tráfico y recaudo por concepto de peajes a lo largo de todo el trazado, a partir de la construcción de un modelo de transporte para simular las condiciones futuras de oferta y demanda de transporte en el país, utilizando información oficial del INVIAS e INCO e información primaria recolectada dentro del estudio, incluidas Encuestas Origen – Destino y Encuestas de Preferencias Declaradas para estimar tanto los valores del tiempo de viaje como la preferencia por la carretera en simple o doble calzada (Steer Davies Gleave, 2009, Febrero).

Como resultado de las encuestas se encontró que la Disponibilidad A Pagar por ahorrarse una hora en el viaje va desde US\$2.8 hasta US\$6.4, dependiendo si está en un tramo montañoso o plano, si es usuario de vehículo pesado o liviano y del tiempo de recorrido del viaje.

En cuanto a las condiciones de la vía, se encontró que en un tramo montañoso la Disponibilidad a Pagar sin tener en cuenta los ahorros en tiempo, en la actual vía por mejores condiciones de seguridad y comodidad (pavimento y geometría) es de US\$1.50, en la vía actual pero de doble calzada sin mejoras en seguridad y comodidad es de US\$1.05 y en una vía de doble calzada con mejoras en las condiciones de seguridad y comodidad es de US\$2.55.

En cuanto al Sector 2, el estudio determinó que la tasa de crecimiento media anual de las transacciones de los peajes para vehículos Livianos va de 4.6% para los años 2011 - 2012 a 2.8% entre los años 2018-2021; esta tasa de crecimiento para los vehículos pesados va de 4.3% para los años 2011 - 2012 a 2.8% entre los años 2018-2021. Dicho crecimiento se calculó a partir la suma del número de veces que los vehículos circulan por los peajes.

## 12.4.2 Aumento en el valor de la propiedad de finca raíz.

De acuerdo con Hoesli, Thion y Watkins (1997), el precio de la propiedad de finca raíz sufre cambios importantes por temas como el vial, ambiental, y otros desarrollos que hacen que el mercado de la finca raíz cambie. La metodología de Precios Hedónicos se ha utilizado para diversos propósitos de análisis en este tema. Derycke y Pierre-Henri (1971) establecen que factores como la accesibilidad, crecimiento urbano y dinámicas económicas, distancia geográfica a los polos de desarrollo y menores costos de transporte, relacionados con proyectos viales, inciden en los precios del suelo en las

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	61 / 115

áreas de influencia. Huang (1994), en su estudio “The Effects of Transportation Infrastructure on Nearby Property Values: A Review of the Literature”, realiza una recopilación de los principales estudios al respecto en la década de los 50 y 60 encontrando que la cercanía a los proyectos de carreteras tienen impacto positivo en el precio de las viviendas. Los estudios de Langley Jr. (1981) y Giuliano (1989), (1995) llegan a conclusiones similares.

Boarnet et al (2000) expresan que la construcción y operación de proyectos viales influyen en los precios de la tierra y en la dinámica urbana y geográfica en las áreas de influencia. En otra investigación del mismo autor - (Boarnet y Otros, 2001)- realizada en el Orange Country, utilizando una función de precios hedónicos, se reporta que la construcción de redes de carreteras afecta positivamente el precio de las casas. Específicamente, en un periodo de 4 años, el precio de venta de las casas se incremento en un 5% anual aproximadamente, asociado a los beneficios de la red de carreteras. (Asia Development Bank, 2007) reporta en su estudio Socioeconomic Effects of Road Improvements realizado en varias provincias de la India que luego de la construcción de la carretera los precios de la tierra en las provincias de Donara, Lava Ghorí, Temmi Khurd, Mahinikhapa, Raheepura, Ichhapur, Peeparhati, aumentaron en promedio en un 141% por unidad de área (acre).

Por su parte, el estudio “The Impact of Transportation Improvements on Housing Values in the Lower Mainland and Fraser Valley” reporta para el año 2008 que cuando los proyectos viales mejoran la accesibilidad y traen consigo reducciones en los tiempos de viaje, los precios de las propiedades en el área de influencia beneficiada aumentan entre un 12% a un 15% respecto a aquellas propiedades que no están afectadas por el proyecto ( Campbell D., Tennant M., 2008).


En Colombia un estudios previo de valoración de predios en el que se empleó la metodología hedónica, (Goyeneche, 2003) incluye temas como la comunicación vial y su relación directa con el precio de la tierra en una región del Valle del Cauca. Respecto a valoración económica en precios urbanos (Carriazo, 1999) establece que la cercanía a una vía principal tiene efectos positivos sobre el precio de la vivienda.

El análisis hedónico permite ver los bienes diferenciados como compuestos por partes agregadas. Aunque el agregado de la canasta puede no tener un precio único, los atributos como el de la comunicaciones vial, horas de distancia desde centros poblados que la componen sí, o por lo menos tienen una estructura de precios común (Sheppard, 1999). La Función de Precios Hedónicos permite diferenciar todos los atributos que posee un bien, tratar de valorarlos independientemente y estimar cuanto inciden en el precio total del bien. Por esta razón sería posible mirar la demanda para las viviendas, basados no en las unidades construidas como un todo, sino en sus características (Hernandez Hernandez, 2004).

De acuerdo con (Goyeneche, 2003) el precio de la hectárea se ve influenciado por la distancia a vías principales, el precio de las hectáreas en un rango de distancia inferior a 500 metros es de 8% más alto que el precio de la hectárea de predios ubicados a más de 2000 metros de distancia de la vía.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	62 / 115



## 12.4.3 Disminución del riesgo de accidente.


Diferentes Estudios han abordado los beneficios de la construcción de autopistas y en general de infraestructura vial específicamente relacionados con la disminución del riesgo de accidentalidad. Los cambios en el nivel de riesgo producto del mejoramiento de las carreteras conducen a disminuciones de costos en los rubros administrativos, hospitalarios, pérdidas de productividad, perdidas de salario, costos de infraestructura, entre otros. La Organización Mundial de la Salud – OMS estima que el costo económico de la accidentalidad representa el 1.0% del PIB de las económicas de ingreso bajo, el 1.5% del PIB de las económicas de ingreso medio y hasta el 2% de las económicas desarrolladas (OMS, 2004). El estudio “Socio-Economic Benefits of the A92 Motorway in Spain” realizado en el año 2000, reporta que los beneficios económicos de la autopista A92 en España en un horizonte de 30 años ascienden a alrededor de 39 billones de euros, explicados en su mayor proporción en la reducción de la congestión del tráfico y en la caída en el número de accidentes y muertos (Junta de Andalucía, Conserjería de Obras Públicas y Transportes, Sevilla, 2000).

Cuando se habla de beneficios por reducción de accidentalidad, la literatura internacional acude frecuentemente al concepto de “valor de una vida estadística”. El Valor Estadístico de la Vida (VED) puede entenderse como la disponibilidad de un individuo en términos monetarios por reducir la probabilidad de muerte (Ashenfelter Orley , 2005). Estudios sobre el valor de la vida estadística han sido utilizados por los diseñadores de política en los campos de la salud, el transporte, el mercado laboral, entre otros. Las valoraciones de la vida estadística generalmente se realizan a través de experimentos con preferencias declaradas en las que los individuos están dispuestos a recibir ingreso, por aceptar incrementos moderados en los niveles de riesgo. Adicionalmente, muchos estudios emplean la estimación de funciones hedónicas, utilizando datos reales de los mercados laborales, de salud, entre otros.

Martínez et al (2004), utilizando experimentos económicos del tipo valoración contingente, encontraron que el valor de una vida estadística en España varía entre 1.0 y 2.7 millones de Euros. Por su parte Riera (2004), utilizando distintos estudios a nivel de Europa reporta en 6.3 millones de euros del 2002 el valor de una vida estadística. Es de resaltar que tales estimaciones no tienen por objetivo asignar un valor a la vida<sup>12</sup>. Más bien la metodología del valor de la vida estadística trata de valorar económicamente, pequeños cambios de riesgo a los que se enfrentan los individuos. Blaeij et al (2003) realizaron una recopilación de más de 30 estudios donde se estimaban valores estadísticos de la vida encontrando que estas variaban desde los 200.000 euros hasta los 3.000.000 de euros (del año 1997).

Por su parte, en el año 2008, el Department of Transportation (DOT) de los Estados Unidos reporta valores entre los 2.6 hasta los 8.5 millones de dólares (Department of Transportation (DOT), 2009) - (Valores ajustados a precios del 2007). Lo reportes anuales estiman el valor estadístico de la vida en 5.8 millones de dólares y recomienda utilizar esta cifra como medida monetaria de los beneficios por reducción de accidentes fatales.

<sup>12</sup> No hay un precio o valor para la vida.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO		(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	63 / 115	Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2

También recomienda la utilización de los llamados “Factores relativos de des-utilidad por lesiones nivel de gravedad”, los cuales se listan a continuación:

**Tabla 12-27. Factores relativos de des-utilidad por lesiones nivel de gravedad.**

Evento	Fracción del valor estadístico de la vida
<b>MENOR</b>	0.002
<b>MODERADO</b>	0.0155
<b>SERIO</b>	0.0575
<b>SEVERO</b>	0.1875
<b>CRITICO</b>	0.7625
<b>FATAL</b>	10.000

Fuentes: Treatment of the Economic Value of a Statistical Life in Departmental Analyses – 2009 Annual Revision

Según Sánchez Ordóñez (2008) y Gouvêa y Tamayo (Gouvêa Campos & Sampedro Tamayo) los riesgos de ocurrencia de accidente disminuyen cuando las condiciones geométricas de la vía mejoran, así mismo lo hacen cuando mejora la amplitud de la vía. Gouvêa y Tamayo (*ibid*) Comparan cifras de accidentalidad en carreteras teniendo encuentra el ancho de la vía, se encuentran mejoras del 5% al 21% para ensanches que van de 0,3 metros hasta 1,2 metros.

Como parte de los beneficios indirectos (Romero Hernández, 1999) incluye el costo en término de accidentes, encontrando que el ahorro por este factor es del orden del 2%, utilizando como valores monetarios estándar establecidos por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de España, que para año 1992 era de 30 millones de pesetas para un accidente mortal y 4 millones de pesetas para un accidente no mortal.

Para Colombia, según (Fondo de Prevención Vial, 2002) y (Salud Colombia, 2005) para el año 2003 un accidente de tránsito generó un costo promedio por evento de \$4.6 millones de pesos, si el evento involucra heridos el costo es de \$20,8 millones de pesos y con muertos es de \$118,5 millones.

Por otra parte, Seguro Obligatorio de Accidentes de Tránsito SOAT, que ampara los daños corporales que se causen a las personas en accidentes de tránsito, cubre un máximo de 500 veces el salario mínimo legal diario vigente al momento del accidente por la prestación de los servicios quirúrgicos y un máximo de 10 veces el salario mínimo legal diario vigente al momento del accidente por los gastos de transporte y movilización de la víctima (Superintendencia Nacional de Salud, 2002) (Superintendencia Nacional de Salud, 2002).

## 12.5 Valoración Monetaria de Impactos Relevantes.

En este capítulo se presenta un análisis cuantitativo de cada uno de los impactos ambientales y socioeconómicos del proyecto. En cada uno de los sub numerales siguientes sobre el cálculo monetario de los impactos, se encontrará la descripción del

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	64 / 115

cálculo y la información que se usó para dicho cálculo. En cada uno de los sub numerales también se encontrarán los resultados de agregación de costos y beneficios ambientales y socioeconómicos que se analizarán con mayor nivel de detalle en el siguiente capítulo.

La tasa de descuento utilizada para calcular los indicadores de valor presente neto y razón beneficio costo fue del 8.5% anual, siguiendo a (Rodríguez Hernández, 2007).

## 12.5.1 Beneficios económicos por la reducción de los costos de viaje.

Se trata de un cálculo que involucra la reducción de costos de operación por kilómetro que se derivan del aumento de la velocidad promedio y mejora de las condiciones generales de la vía, por ende el menor tiempo para recorrer los tramos y el menor costo de transporte de carga y pasajeros.

La forma de cálculo usada para los beneficios por cambios en los costos de operación por kilómetro fue:

$$btc_a = \sum_{t=1}^{t=T} \sum_{c=1}^{c=C} [\Delta K_{a,c} * km_t * v_{c,t,a}]$$

Dónde:

- $btc_a$  = Beneficios por la reducción de costos por kilómetro en el transporte de carga en el año  $a$ .
- $\Delta K_{a,c}$  = Variación en los costos de transporte por Km de la categoría  $c$  en el año  $a$ .
- $km_t$  = Número de Km del tramo  $t$ .
- $v_{c,t,a}$  = Número de viajes de la categoría  $c$  en el tramo  $t$  para el año  $a$ .

En la forma de cálculo mostrada en la ecuación anterior, intervienen las variaciones de costos por kilómetro producto del aumento de la velocidad promedio. Con respecto a las variaciones de costos por kilómetro se tiene:

**Tabla 12-28. Costos de transporte de carga por kilómetro y variaciones por la operación del proyecto.**

CONCEPTO	CATEGORIA III	CATEGORIA IV	CATEGORIA V	%Δk <sub>c=3</sub>	Δk <sub>c=3</sub>	%Δk <sub>c=4</sub>	Δk <sub>c=4</sub>	%Δk <sub>c=5</sub>	Δk <sub>c=5</sub>
	Camiones de tres y cuatro ejes.	Camiones de cinco ejes.	Camiones de seis ejes.						
Consumo promedio de combustible**	\$ 512,78	\$ 442,85	\$ 794,78	-21%	\$ 107,68	-21%	\$ 93,00	-21%	\$ 166,90
Consumo de llantas	\$ 159,94	\$ 260,00	\$ 434,26	-21%	\$ 33,59	-21%	\$ 54,60	-21%	\$ 91,19
Consumo de lubricantes	\$ 39,67	\$ 61,29	\$ 74,51	-21%	\$ 8,33	-21%	\$ 12,87	-21%	\$ 15,65
Consumo de filtros	\$ 10,96	\$ 25,27	\$ 40,69	-21%	\$ 2,30	-21%	\$ 5,31	-21%	\$ 8,54
Mantenimiento	\$ 230,23	\$ 379,29	\$ 440,77	-21%	\$ 48,35	-21%	\$ 79,65	-21%	\$ 92,56
Lavado y engrase	\$ 27,98	\$ 35,88	\$ 43,97	-21%	\$ 5,88	-21%	\$ 7,53	-21%	\$ 9,23
Imprevistos	\$ 35,16	\$ 57,13	\$ 77,57	-21%	\$ 7,38	-21%	\$ 12,00	-21%	\$ 16,29



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	65 / 115

CONCEPTO	CATEGORIA III	CATEGORIA IV	CATEGORIA V	%Δk <sub>c=3</sub>	Δk <sub>c=3</sub>	%Δk <sub>c=4</sub>	Δk <sub>c=4</sub>	%Δk <sub>c=5</sub>	Δk <sub>c=5</sub>
	Camiones de tres y cuatro ejes.	Camiones de cinco ejes.	Camiones de seis ejes.						
Costo variable promedio (por KM)	\$ 1.016,72	\$ 1.261,71	\$ 1.906,55		\$ 122,01		\$ 151,41		\$ 228,79
Seguros	\$ 841.542,02	\$ 1.827.845,71	\$ 1.873.679,27	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00
Salarios y Prestaciones básicas	\$ 1.256.372,25	\$ 1.256.372,25	\$ 1.256.372,25	-21%	\$ 27,48	-21%	\$ 27,48	-21%	\$ 27,48
Parqueadero	\$ 98.400,00	\$ 117.750,00	\$ 144.166,67	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00
Impuestos de rodamiento	\$ 12.259,85	\$ 21.822,49	\$ 37.266,08	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00
Recuperación de Capital	\$ 985.445,16	\$ 2.585.218,96	\$ 2.871.851,63	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00	0%	\$ 0,00
Costo fijo mes***	\$ 3.194.019,28	\$ 5.809.009,41	\$ 6.183.335,90		\$ 27,48		\$ 27,48		\$ 27,48
<b>Total Variaciones</b>					<b>\$ 240,99</b>		<b>\$ 292,44</b>		<b>\$ 427,86</b>

Fuente: (Ministerio de Transporte, 2008), Cálculos del autor.

En la tabla anterior se muestra los costos variables y fijos de transporte de carga por kilómetro. Adicionalmente, en la tabla se presentan las variaciones para las categorías 3, 4 y 5 de peaje ( $\Delta K_{a,c=3}, \Delta K_{a,c=4}, \Delta K_{a,c=5}$ ) en los rubros de consumo de combustible, consumo de llantas, consumo de lubricantes, de filtros, de mantenimiento, engrase e imprevistos. Estas variaciones, como se explicó anteriormente, son ocasionadas por motivos de mejora en los promedios de velocidad, circulación por carril en único sentido y de las mejores condiciones generales de la vía. La variación de costos para las categorías de carga, tal como se puede apreciar en la tabla anterior son fijos para todas las categorías y provienen del estudio para la ruta del sol realizado por (Steer Davies Gleave, 2009, Julio).

Para las categorías uno y dos no se identificó una fuente confiable con la información de costos de transporte por kilómetro desagregados por los rubros mostrados en la tabla anterior, en consecuencia se aplicó una variación porcentual de 26% para categoría uno sobre el costos total por kilómetro y del 16% para la categoría dos, de acuerdo con Steer Davies Gleave (2009), obteniendo variaciones por kilómetro de \$190 y \$360, respectivamente.

Adicionalmente, en la anterior tabla se presenta una variación al rubro de salarios y prestaciones básicas que proviene de un cálculo que divide el monto del rubro total por el número de kilómetros conducidos al mes (8 Horas de conducción diaria \* 50 km/h en promedio de velocidad \* 15 días al mes).

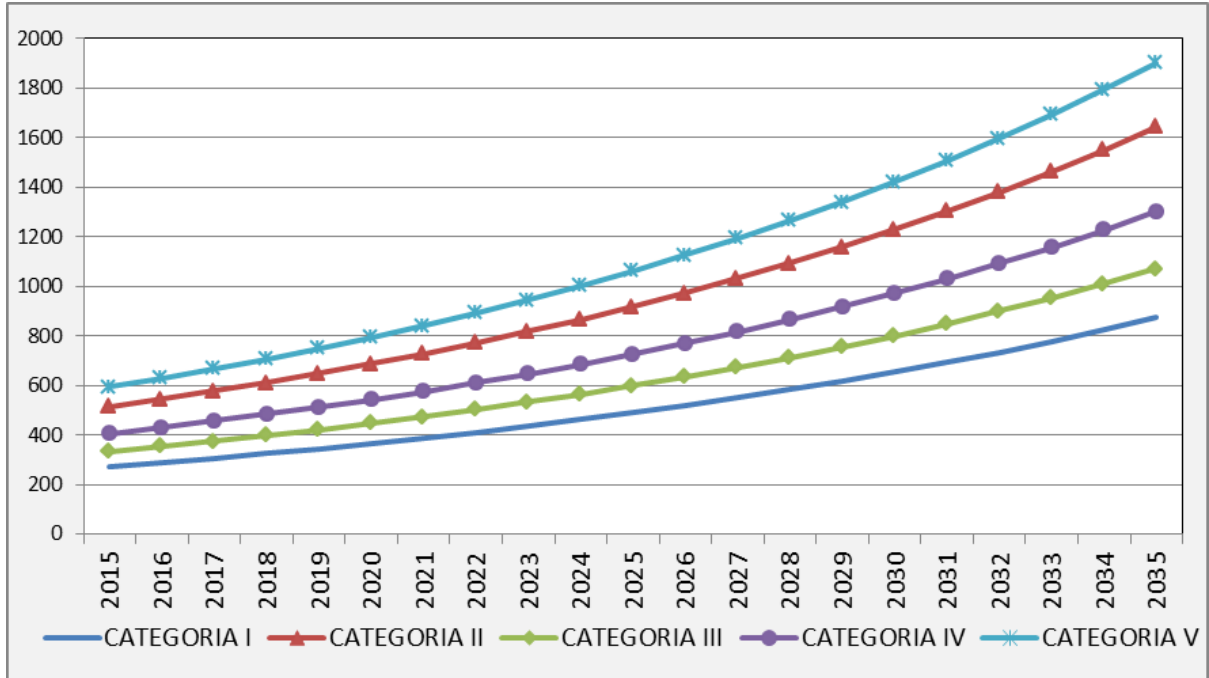
Los valores de ahorro por kilómetro por categoría se muestran en la siguiente tabla a precios corrientes, las proyecciones se realizaron usando el índice de precios al productor para el sector de transporte en Colombia. La gráfica tiene por objeto mostrar el comportamiento de los precios corrientes estimados para cada año como beneficios de ahorro por categoría de transporte, la tendencia creciente corresponde al comportamiento de las proyecciones de precios utilizando el pronóstico del IPP de transporte del banco de la república.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	66 / 115

**Gráfica 12-3. Proyecciones de la disminución de costos por kilómetro en pesos corrientes.**



Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., diciembre 2011)

En la **Tabla 12-29**, se presentan los viajes por tramo y por categoría. En la tabla se muestran los tramos 2, 3, 4 y 7 del sector dos de la Ruta del Sol, la longitud en kilómetros, el peaje por el cual se determinó el TPD y el año en el que se proyecta entrará en operación dicho tramo. La tabla tiene marcadas las columnas como  $V_{c,t,a=2008}$ , que indica el tráfico anual de la categoría  $c$  en el tramo  $t$ , para el año 2008.

**Tabla 12-29. Viajes por tramo por categoría de vehículo, para el año 2008.**

Tramo	Longitud (Km)	Peaje Asociado *	Año de Entrada en Operación	$V_{c=1,t,a=2008}$	$V_{c=2,t,a=2008}$	$V_{c=3,t,a=2008}$	$V_{c=4,t,a=2008}$	$V_{c=5,t,a=2008}$	Total
Caño-alegre – Puerto Araújo	114	Zambito	2017	304493	269184	79288	76382	224514	953861
Puerto Araújo - La Lizama	88	Aguas Negras	2017	357257	346620	87586	89358	244767	1125588
La Lizama - San Alberto	91	La Gomez	2017	255631	207884	69405	70418	219284	822622
La Mata - San Roque	88	Morrison	2015	555871	424556	96676	94298	370867	1542268

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos.

\* Algunos tramos no tienen peaje por lo cual se usa el peaje del tramo más cercano.

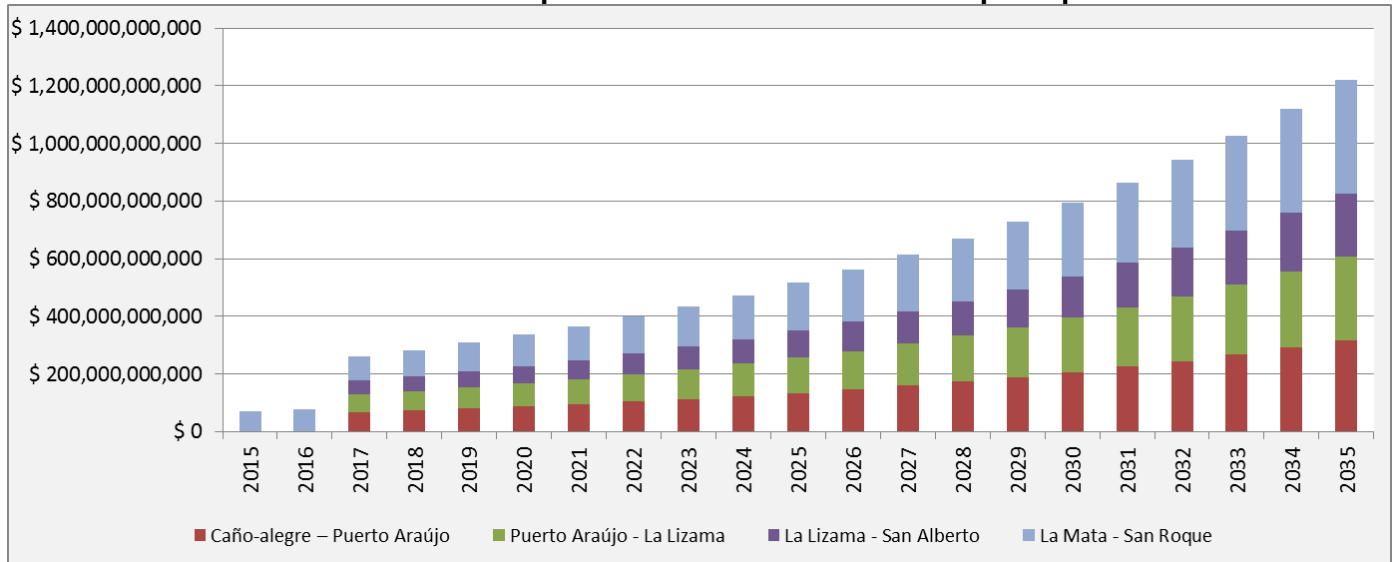
# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	67 / 115

Los resultados del cálculo de beneficios en pesos corrientes por tramos y por año se presentan en la siguiente gráfica. El valor presente de los beneficios por ahorros de costos en transporte asciende a 3.24 billones de pesos colombianos de 2011.

**Gráfica 12-4. Beneficios por ahorros de costos en transporte por tramo.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.


Adicionalmente, se tiene el beneficio de los conductores en cuanto al mayor confort de la vía, a la sensación de más seguridad por tránsito en calzadas de sentido único y al aumento de la velocidad promedio al haber dos calzadas habilitadas. Estos beneficios han sido también ampliamente estudiados en otros proyectos. Se trata de una medida que surge del análisis directo mediante estudios de Valoración Contingente, Costos de Viaje Contingente o Análisis Conjoint. En el presente análisis no se adelantó un estudio particular para el proyecto. La medida de beneficio o Disponibilidad a Pagar (DAP) de un conductor típico de cada categoría se estimó con información primaria recopilada en el tramo dos de la Ruta del Sol. La forma de cálculo usada para los beneficios por cambios en la DAP fue:

$$bdap_a = \sum_{c=1}^c DAP_{a,c} * v_{a,c}$$

Dónde:

- $bdap_a$  = Beneficios por disponibilidad a pagar en el año  $a$ .
- $DAP_{a,c}$  = Disponibilidad a pagar por mayor confort y sensación de más seguridad por tramo en el año  $a$  y en un vehículo de la categoría  $c$ .
- $v_{a,c}$  = Número de viajes de la categoría  $c$  en el año  $a$ .

Para el cálculo de los beneficios, se utilizó el 50% de los valores promedio del  $DAP_{a,c}$  del estudio “Determinación de las Disponibilidades a Pagar por Mejoras en la Vía Existente, Construcción de la Segunda Calzada y Variantes en los Pasos Urbanos de la Ruta del Sol Sector Dos (Puerto Salgar – San Roque)” (Valoración Económica Ambiental S.A.S.,

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	68 / 115	

2011a) siguiendo la recomendación del panel NOAA se utilizó el 50% de la medida estimada, en la siguiente tabla se presentan los valor estimados (100%).

**Tabla 12-30: Valores de DAP por tipo de trayecto y categoría vehicular- Doble Calzada**

Categoría vehicular	Promedio	Cortos	Medianos	Largos
<i>I</i>	\$ 11.271	\$ 5.069	\$ 8.921	\$ 15.808
<i>II a</i>	\$ 10.682	\$ 6.741	\$ 7.944	\$ 17.285
<i>II b</i>	\$ 14.139	\$ 5.738	\$ 6.649	\$ 18.617
<i>III</i>	\$ 54.809	\$ -	\$ 13.172	\$ 58.279
<i>IV</i>	\$ 48.860	\$ -	\$ 27.315	\$ 52.052
<i>v</i>	\$ 67.795	\$ -	\$ 40.650	\$ 70.967
<b>Promedio</b>	\$ 27.251	\$ 7.422	\$ 11.747	\$ 37.948

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S. (2011a, pág. 26).

Nótese que estas disponibilidades a pagar (DAP) representan el valor de las mejoras en la percepción de seguridad al transitar en la vía (como resultado de una mejor señalización, de transitar en calzadas de sentido único y de mejores condiciones de la vía), el mayor confort o la mayor comodidad al transitar por la vía (como resultado, también, de una mejor señalización y mejores condiciones de la vía) y el aumento de la velocidad de tránsito promedio al haber doble calzada; es decir que esta medida ya tiene implícito el valor de la reducción del tiempo de viaje de los conductores y pasajeros que transitan por los tramos 2, 3, 4 y 7 del sector 2 de la Ruta del Sol.

Los datos de viajes por tramo por categoría utilizados para el cálculo de los beneficios son estimaciones a partir de datos de facturación de los peajes de la Ruta del Sol entre junio 2009 y junio 2010.

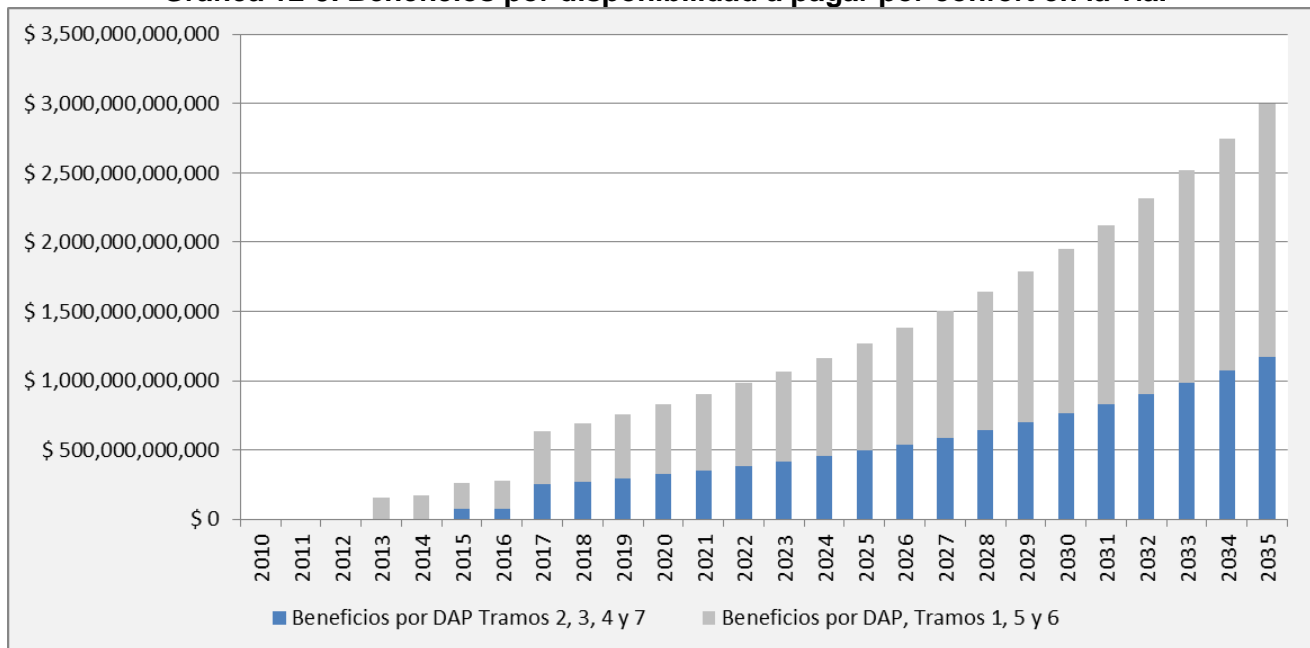
Los beneficios por DAP por mayor confort y sensación de seguridad en la vía se presentan en la siguiente gráfica. Estos llegan a tres billones de pesos en el año 2035.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	69 / 115

**Gráfica 12-5. Beneficios por disponibilidad a pagar por confort en la vía.**



Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos, Cálculos del autor.

El valor presente neto de los beneficios por DAP de confort, mostrados en la anterior gráfica, ascienden a 1,06 billones de pesos colombianos de 2011. El valor presente neto de los beneficios por DAP del total de la Ruta del Sol Sector dos asciende a 1.56 billones de pesos del 2011.

## 12.5.2 Beneficios económicos por el aumento en el valor de la propiedad de finca raíz.

La forma de cálculo usada para los beneficios por cambios en el valor de la propiedad de finca raíz, incluyen cambios en el valor de la tierra agrícola o pecuaria y en el valor de las viviendas de los cascos urbanos ubicados sobre el corredor vial. Para el caso del precio de la tierra se usó la siguiente ecuación de cálculo:

$$bvt = \sum_{m=1}^{m=M} \sum_{rd=1}^{rd=RD} mrgt_{m,rd} * vt_{m,rd} * ut_{m,rd}$$

Dónde:

- $bvt$  = Beneficios por cambio en el valor total de la tierra.
- $mrgt_{m,rd}$  = Cambio marginal del valor de cada unidad de tierra en el municipio  $m$ , a un rango de distancia  $rd$  de la vía.
- $vt_{m,rd}$  = Valor de cada unidad de tierra en el municipio  $m$  a un rango de distancia  $rd$  de la vía.
- $ut_{m,rd}$  = Unidades de tierra en el municipio  $m$  a un rango de distancia  $rd$  de la vía.

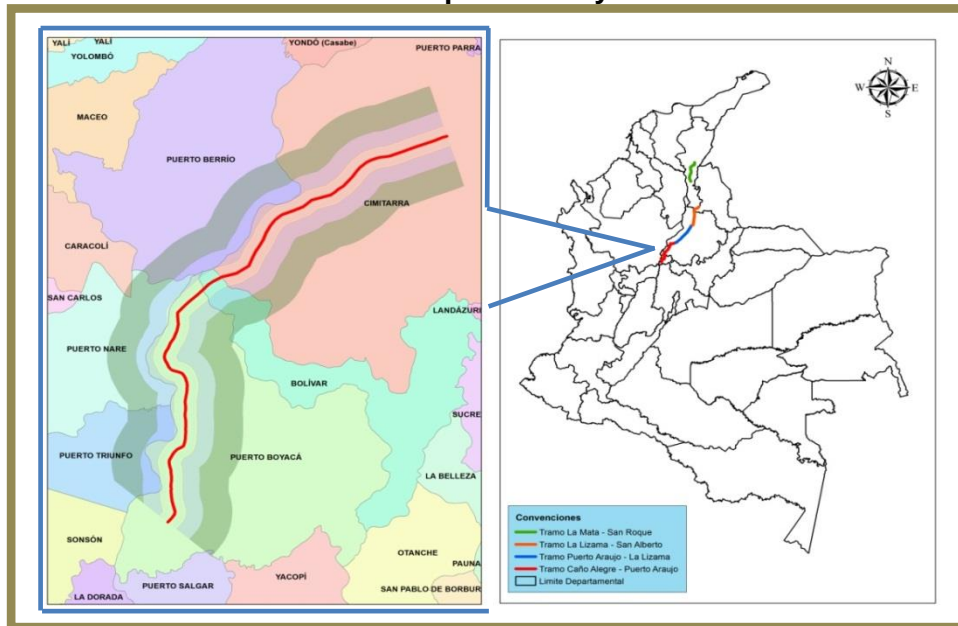
# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	70 / 115

Para calcular las unidades de tierra en los rangos de distancia se usó el trazado preliminar de la vía, mediante el software Arcview 9.3.1., se construyeron buffer a este trazado de 30, 50, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 5.000 y 10.000 metros de distancia. Luego, esta información se cruzó con la información geográfica de los municipios para determinar el número de hectáreas en cada rango de distancia en cada municipio, tal como se muestra en la siguiente ilustración, en donde la línea roja indica el trazado preliminar de la ruta y las líneas negras en la parte izquierda de la ilustración que la rodean son los buffer de distancia.

**Ilustración 12-4: Trazado preliminar y buffer de distancia.**



**Fuente: Ruta del Sol – Sector 2. Cálculos del autor.**

En la siguiente tabla se presentan las hectáreas en cada rango de distancia en cada municipio.

**Tabla 12-31. Número de hectáreas en cada rango de distancia en cada municipio.**

Municipio	Entre y 30 Metros	Entre y 50 Metros	Entre y 500 Metros	Entre y 1000 Metros	Entre y 1.500 Metros	Entre y 2.000 Metros	Entre y 5.000 Metros	Entre y 10.000 Metros	Total
ABREGO	-	-	-	-	-	-	-	758	758
AGUACHICA	195	130	2.868	3.075	3.365	3.353	19.116	26.757	58.860
CAPARRAPI	-	-	-	-	-	-	62	4.945	5.007
GAMARRA	66	44	986	1.006	544	543	3.656	9.342	16.187
LA DORADA	-	-	-	16	75	247	9.056	19.756	29.149
LA ESPERANZA	-	-	-	-	-	54	2.242	10.487	12.783
LA GLORIA	78	52	1.208	1.418	1.502	1.588	11.586	22.374	39.807
PELAYA	-	-	-	-	-	-	-	2.642	2.642
PUERTO BOYACA	76	51	1.169	1.363	1.395	1.394	7.835	11.938	25.221
PUERTO SALGAR	185	123	2.806	3.183	3.244	3.226	14.132	18.956	45.855
PUERTO	-	-	-	-	-	-	-	2.804	2.804

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



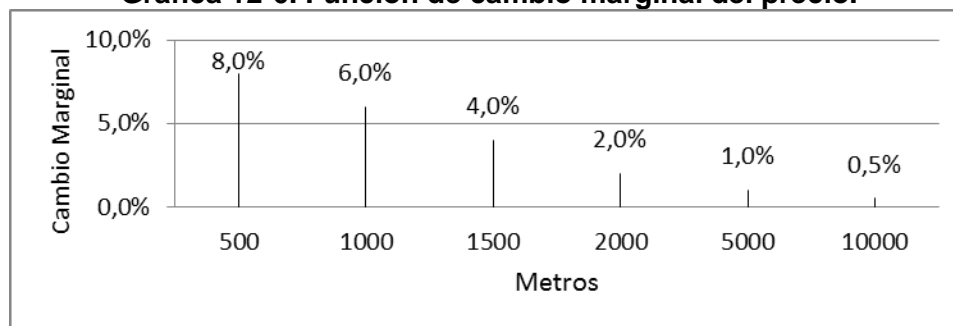
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	71 / 115

Municipio	Entre y 30 Metros	Entre y 50 Metros	Entre y 500 Metros	Entre y 1000 Metros	Entre y 1.500 Metros	Entre y 2.000 Metros	Entre y 5.000 Metros	Entre y 10.000 Metros	Total
TRIUNFO									
RIO DE ORO	32	21	537	793	956	967	6.107	11.950	21.362
SAN ALBERTO	88	59	1.353	1.548	1.582	1.632	9.700	13.203	29.165
SAN MARTIN	135	90	2.024	2.282	2.331	2.298	13.442	23.943	46.544
SONSON	-	-	-	-	-	-	709	5.037	5.746
TAMALAMEQUE	-	-	-	-	-	-	-	729	729
VICTORIA	-	-	-	-	-	-	-	70	70
YACOPI	-	-	-	-	-	-	-	340	340
<b>Total</b>	<b>854</b>	<b>570</b>	<b>12.953</b>	<b>14.685</b>	<b>14.993</b>	<b>15.302</b>	<b>97.642</b>	<b>186.033</b>	<b>343.031</b>

Fuente: Caculos del autor.

Como se mencionó anteriormente en el numeral 12.4.2, y según Goyeneche (2003), el precio de la hectárea se ve influenciado por la distancia a vías principales. Ahora bien el mayor valor por hectárea decrece a medida que aumenta la distancia en relación a la vía. Los cambios marginales usados para el cálculo corresponden a los valores sobre la función de cambio marginal presentada en la siguiente gráfica.

**Gráfica 12-6. Función de cambio marginal del precio.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

Adicionalmente se usó un valor promedio por hectárea de 8,2 millones de pesos. Lo anterior siguiendo el trabajo de Caballero (2006), sobre valorización de la tierra agrícola en Colombia.

Los resultados del análisis de aumento de precio de la tierra arrojan que en general el aumento será de 67 mil millones de pesos de 2011 (ver la siguiente tabla).

**Tabla 12-32. Beneficios (Pesos de 2010) por aumento del valor de la tierra.**

Municipio	Entre 0 y 500 Metros	Entre 500 y 1000 Metros	Entre 1000 y 1500 Metros	Entre 1500 y 2000 Metros	Entre 2000 y 5000 Metros	Entre 5000 y 10000 Metros	Total
Barrancabermeja	\$ 2,478,441,302	\$ 1,869,007,708	\$ 1,149,005,590	\$ 462,964,615	\$ 1,178,765,232	\$ 893,261,132	\$ 8,031,445,579
Betulia	\$ 18,159,019	\$ 19,537,625	\$ 18,506,306	\$ 16,255,102	\$ 118,066,820	\$ 226,916,522	\$ 417,441,393
Bolívar	\$ 257,039,710	\$ 191,558,280	\$ 125,554,016	\$ 60,617,711	\$ 155,885,357	\$ 145,047,644	\$ 935,702,718

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	72 / 115

Municipio	Entre 0 y 500 Metros	Entre 500 y 1000 Metros	Entre 1000 y 1500 Metros	Entre 1500 y 2000 Metros	Entre 2000 y 5000 Metros	Entre 5000 y 10000 Metros	Total
Caracolí	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8,255,683	\$ 8,255,683
Chimichagua	\$ 411,496,722	\$ 337,826,136	\$ 254,292,902	\$ 134,962,763	\$ 465,322,293	\$ 547,827,497	\$ 2,151,728,313
Chiriguaná	\$ -	\$ -	\$ 45,214	\$ 232,022	\$ 11,195,402	\$ 48,042,903	\$ 59,515,542
Cimitarra	\$ 4,510,200,895	\$ 3,388,457,609	\$ 2,265,162,268	\$ 1,128,840,843	\$ 2,920,623,803	\$ 2,267,394,745	\$ 16,480,680,164
Curumaní	\$ 2,240,912,007	\$ 1,635,225,530	\$ 1,053,050,828	\$ 515,891,656	\$ 1,451,888,908	\$ 951,788,496	\$ 7,848,757,427
El Carmen	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 14,449,140	\$ 14,449,140
Girón	\$ 153,804,170	\$ 118,200,034	\$ 71,660,011	\$ 23,169,608	\$ 52,342,657	\$ 67,436,141	\$ 486,612,621
La Esperanza	\$ 198,504,126	\$ 207,640,090	\$ 208,581,417	\$ 125,716,139	\$ 617,407,249	\$ 705,263,646	\$ 2,063,112,668
La Gloria	\$ 290,011,512	\$ 251,057,206	\$ 170,890,113	\$ 84,325,867	\$ 294,016,470	\$ 401,923,189	\$ 1,492,224,357
Pailitas	\$ 1,517,052,617	\$ 1,112,528,534	\$ 726,230,249	\$ 352,578,569	\$ 985,271,512	\$ 562,403,663	\$ 5,256,065,143
Pelaya	\$ 1,172,213,409	\$ 873,100,725	\$ 530,049,901	\$ 264,206,632	\$ 819,099,031	\$ 507,465,269	\$ 4,166,134,966
Puerto Berrío	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,770,628	\$ 514,068,229	\$ 650,762,860	\$ 1,167,601,717
Puerto Boyacá	\$ 3,308,607,831	\$ 2,483,310,035	\$ 1,655,551,135	\$ 769,225,937	\$ 1,518,490,280	\$ 951,648,064	\$ 10,686,833,282
Puerto Nare	\$ -	\$ -	\$ 210,479	\$ 35,943,467	\$ 574,268,757	\$ 558,073,168	\$ 1,168,495,871
Puerto Parra	\$ 1,280,490,509	\$ 943,705,983	\$ 638,749,677	\$ 321,210,855	\$ 957,278,043	\$ 770,266,387	\$ 4,911,701,453
Puerto Salgar	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,486,517	\$ 3,486,517
Puerto Triunfo	\$ -	\$ -	\$ 132,043	\$ 22,037,786	\$ 322,254,298	\$ 332,264,209	\$ 676,688,336
Puerto Wilches	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 51,853,632	\$ 162,269,817	\$ 214,123,449
Rionegro	\$ 684,136,304	\$ 500,943,321	\$ 328,276,938	\$ 165,781,786	\$ 549,137,860	\$ 494,256,966	\$ 2,722,533,175
Sabana De Torres	\$ 3,060,881,320	\$ 2,286,929,913	\$ 1,509,432,061	\$ 742,580,633	\$ 2,096,856,309	\$ 1,545,861,444	\$ 11,242,541,679
San Alberto	\$ 1,156,213,329	\$ 816,032,544	\$ 490,085,588	\$ 228,341,782	\$ 402,514,370	\$ 207,738,934	\$ 3,300,926,547
San Vicente De Chucurí	\$ 251,211,769	\$ 207,076,390	\$ 264,602,280	\$ 252,641,452	\$ 965,886,329	\$ 823,908,509	\$ 2,765,326,729
Simacota	\$ 1,305,992,049	\$ 992,710,547	\$ 633,836,952	\$ 305,918,989	\$ 886,265,859	\$ 718,639,956	\$ 4,843,364,351
Tamalameque	\$ 265,649,675	\$ 176,889,914	\$ 183,282,602	\$ 104,667,644	\$ 327,145,446	\$ 570,041,332	\$ 1,627,676,613
<b>Total</b>	<b>\$ 17,836,933,828</b>	<b>\$ 13,431,155,495</b>	<b>\$ 8,867,540,108</b>	<b>\$ 4,298,912,415</b>	<b>\$ 12,633,990,041</b>	<b>\$ 10,278,226,148</b>	<b>\$ 67,346,758,035</b>

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

En el caso del beneficio por aumento del valor de la propiedad de finca raíz, se tiene la siguiente ecuación:

$$bvv = \sum_{m=1}^{m=M} mrgv_m * vv_m * uv_m$$

Dónde:

- $bvv$  = Beneficios por cambio en el valor total de las viviendas.
- $mrgv_m$  = Cambio marginal del valor de cada vivienda en el municipio  $m$ .
- $vv_m$  = Valor de cada vivienda en el municipio  $m$ .
- $uv_m$  = Número de viviendas en el municipio  $m$ .



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	73 / 115

El número de viviendas por municipio se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 12-33. Población y Viviendas de los municipios sobre los cuales se ubica el corredor vial.**

Municipio	Población Total	Población Cabecera	Población Resto	Viviendas Total	Viviendas Cabecera	Viviendas Resto	Casco Urbano Ubicados sobre el corredor vial
Barrancabermeja	191625	172993	18632	98982	89358	9624	No
Bolivar	12972	1359	11613	7816	819	6997	No
Chimichagua	30877	11635	19242	13072	4926	8146	No
Cimitarra	40299	15781	24518	17658	6915	10743	No
Curumani	25682	18835	6847	13128	9628	3500	Sí
La Esperanza	11566	1573	9993	5120	696	4424	No
La Gloria	13612	6147	7465	7292	3293	3999	No
Pailitas	16710	12741	3969	8012	6109	1903	Sí
Pelaya	17401	11570	5831	7346	4884	2462	Sí
Puerto Boyaca	53482	36341	17141	26736	18167	8569	No
Puerto Parra	7108	3376	3732	3216	1527	1689	No
Rionegro	27989	6560	21429	14114	3308	10806	No
Sabana De Torres	19202	12074	7128	10988	6909	4079	No
San Alberto	22757	16640	6117	9840	7195	2645	Sí
San Vicente De Chucuri	34116	13361	20755	13448	5267	8181	No
Simacota	8217	2408	5809	4336	1271	3065	No
Tamalameque	13973	5456	8517	6462	2523	3939	No

Fuente: DANE, Información conciliada del Censo del 2005.

De acuerdo con la información de la anterior tabla, cuatro municipios tienen su casco urbano sobre el corredor vial. En estos cuatro cascos urbanos hay 47,511 viviendas, sobre las cuales se adelantó el análisis de aumento sobre el precio de la propiedad de finca raíz.

Los valores de aumento marginal de estudios de precios hedónicos en viviendas sugieren que los aumentos por proximidad a proyectos de ingeniería, de transporte o ambientales (parques y demás) van desde un 3% hasta un 18% (Hernández, 2004; Carriazo, 1999; Losada, Neira & Jiménez (s.a.)). Para el caso del presente análisis preliminar se usó el aumento mínimo 3%. Este aumento arrojará la valoración de beneficios en su límite inferior. Para el valor promedio de la vivienda se utilizó la cifra de 50 millones de pesos, que corresponde a un valor promedio de la vivienda (Clavijo & Muñoz, 2004).

Los resultados del análisis de beneficios por aumento del precio de la propiedad de finca raíz urbana estiman un beneficio que asciende a 71,266.4 millones de pesos, ver la siguiente tabla.

**Tabla 12-34. Beneficios por aumento del precio de la vivienda.**

Municipio	Viviendas Cabecera	Beneficios	% de Participación
-----------	--------------------	------------	--------------------

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	74 / 115

Municipio	Viviendas Cabecera	Beneficios	% de Participación
Barrancabermeja	89358	\$ -	0.00%
Bolivar	819	\$ -	0.00%
Chimichagua	4926	\$ -	0.00%
Cimitarra	6915	\$ -	0.00%
Curumani	9628	\$ 14,441,976,858	20.26%
La Esperanza	696	\$ -	0.00%
La Gloria	3293	\$ -	0.00%
Pailitas	6109	\$ 9,163,456,579	12.86%
Pelaya	4884	\$ 7,326,581,829	10.28%
Puerto Boyaca	18167	\$ 27,250,658,658	38.24%
Puerto Parra	1527	\$ 2,291,196,857	3.21%
Rionegro	3308	\$ -	0.00%
Sabana De Torres	6909	\$ -	0.00%
San Alberto	7195	\$ 10,792,567,731	15.14%
San Vicente De Chucuri	5267	\$ -	0.00%
Simacota	1271	\$ -	0.00%
Tamalameque	2523	\$ -	0.00%
<b>Total</b>	<b>172795</b>	<b>\$ 71,266,438,511</b>	<b>100%</b>

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

De acuerdo con la información de la tabla anterior, el municipio que percibe el mayor beneficio por el aumento del precio de las viviendas es Puerto Boyacá, con un 38.24% de los beneficios totales por este concepto.

## 12.6 Beneficios económicos por la disminución del riesgo de accidente.

Como consecuencia de la doble calzada habrá una disminución en los riesgos de accidentes, los beneficios económicos por esta disminución se calcularon como reducción los costos de dichos accidentes, reducción en la atención en la vía, reducción en la atención de heridos en el sistema de salud, reducción por la pérdida de vidas y reducción por la pérdida de vehículos y carga. Para el cálculo del beneficio por la reducción del riesgo de accidentes, se utilizó la siguiente ecuación:

$$bra = (\Delta na * vaa) + (\Delta vf * vve) + (\Delta ne * vae) + (\Delta nvp * vvp)$$

Dónde:

- $bra$  = Beneficios por la reducción de accidentes.
- $\Delta na$  = Reducción en el número de accidentes.
- $vaa$  = Valor de atención de cada accidente.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	75 / 115

- $\Delta vf$  = Reducción en el número de víctimas fatales.  
 $vve$  = Valor de una vida estadística.  
 $\Delta ne$  = Reducción en el número de heridos.  
 $vae$  = Valor de atención de un herido.  
 $\Delta nvp$  = Reducción en el número de vehículos perdidos.  
 $vvp$  = Valor de un vehículo perdido.


Los datos de reducciones de accidentes, víctimas fatales, heridos y vehículos perdidos se construyeron a partir de la información registrada por la concesión para el periodo abril a junio de 2010, esta información se presentan en la siguiente tabla. Dado que sólo disponemos de información para la totalidad de la Ruta del Sol Sector dos (desde Puerto. Salgar hasta San Roque); estimaremos los beneficios por reducción de accidentalidad de los tramos 2, 3, 4 y 7 como una proporción de los beneficios totales suponiendo que la accidentalidad en un tramo es proporcional a su longitud. Así, dado que la longitud de los tramos 2, 3, 4 y 7 (387.7 km) constituye el 73.43% de la longitud total del proyecto (528 km), los beneficios por reducción de accidentalidad de los tramos 2, 3, 4 y 7 representan el 73.43% de los beneficios del sector dos de la Ruta del Sol.

**Tabla 12-35. Datos de accidentalidad, muertes y heridos.**

ITEM	Abril		Mayo		Junio		TOTAL	
	Pto. Salgar - Lizama	Lizama - San Roque	Pto. Salgar - Lizama	Lizama - San Roque	Pto. Salgar - Lizama	Lizama - San Roque	Pto. Salgar - Lizama	Lizama - San Roque
Accidentes	8	5	6	10	4	6	18	21
Víctimas fatales	1	1	1	2	0	14	2	17
Heridos leves	10	1	4	13	2	0	16	14
Heridos	3	7	8	23	4	38	15	68
Perdida de carga o vehículos	0	0	1	0	0	0	1	0
TPD promedio estaciones	5.938	6.872	5.548	6.505	5.562	6.551	5.683	6.643
Accidentes por cada 10.000 vehículos	0,45	0,24	0,35	0,50	0,24	0,31	0,346	0,348
Víctimas fatales por cada 10.000 vehículos	0,06	0,05	0,06	0,10	0,00	0,71	0,038	0,287
Heridos leves por cada 10.000 vehículos	0,56	0,05	0,23	0,64	0,12	0,00	0,305	0,231
Heridos por cada 10.000 vehículos	0,17	0,34	0,47	1,14	0,24	1,93	0,291	1,138
Perdidas vehículos o carga por cada 10.000 vehículos	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,019	0,000

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, por cada 10.000 vehículos en la vía se presentan 0,35 accidentes. Para el caso del periodo analizado, se presentaron en el tramo Puerto Salgar – La Lizama 18 accidentes y en el tramo La Lizama – San Roque 21 accidentes. Usando las tasas de accidentes, mortalidad, heridos y pérdidas de vehículos,

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	76 / 115	

se estimó el número anual de accidentes para el Sector Dos del Proyecto Ruta del Sol. En la siguiente tabla se presentan los estimados anuales de cada evento.

**Tabla 12-36. Accidentes, víctimas y pérdidas de vehículos al año.**

Evento	Total Sector 2	Total Tramos 2, 3, 4 y 7
Accidentes al año	156	114,62
Víctimas fatales al año	77	56,84
Heridos leves al año	119	87,53
Heridos graves al año	336	246,91
Pérdidas vehículos al año	4	2,95

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos.

La estimación del número de accidentes en cada categoría para los tramos 2,3,4 y 7 se realiza ajustando por la longitud de dichos tramos (387,7 km) sobre la longitud total del Sector 2 de la Ruta del Sol (528 km).

Sánchez (2008) y Gouvêa & Tamayo (s.a.) comparan cifras de accidentalidad en carreteras teniendo en cuenta el ancho de la vía. En sus resultados encuentran mejoras del 5% al 21% para ensanches que van de 0,3 metros hasta 1,2 metros. Para la estimación del valor de los beneficios por la reducción de la accidentalidad de los tramos 2, 3, 4 y 7 de la Ruta del Sol – Sector 2, se tomó como referencia el valor promedio entre los límites del 5% y el 21% planteados por los autores: a saber, se supuso una mejora en la accidentalidad del 13%. Así las cosas, se obtiene una reducción de accidentes al año en los tramos 2, 3, 4 y 7 de:

**Tabla 12-37: Reducción de la accidentalidad en los tramos 2, 3, 4 y 7.**

Evento	Total Tramos 2, 3, 4 y 7
Accidentes al año ( $\Delta na$ )	14,9
Víctimas fatales al año ( $\Delta v f$ )	7,4
Heridos al año ( $\Delta ne$ )	43,5
Pérdidas vehículos al año ( $\Delta nvp$ )	0,4

Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., diciembre 2011).

Ahora bien los valores de daño utilizados para el cálculo se muestran en la siguiente tabla, esto valores corresponden a valores de pago promedio de las aseguradoras por cada tipo de evento. Adicionalmente, se asume un valor por pérdida de vehículo de \$70.000.000 a precios del 2008.

**Tabla 12-38. Costos promedio de evento de accidente.**

	Costo promedio 2003	Costo promedio 2008
Accidente con daños materiales ( $vva$ )	\$ 4.600.000	\$ 5.030.823
Accidente con heridos ( $vae$ )	\$ 20.800.000	\$ 22.748.069
Accidente con muertos ( $vve$ )	\$ 118.500.000	\$ 129.598.377

Fuente: FACECOLDA.

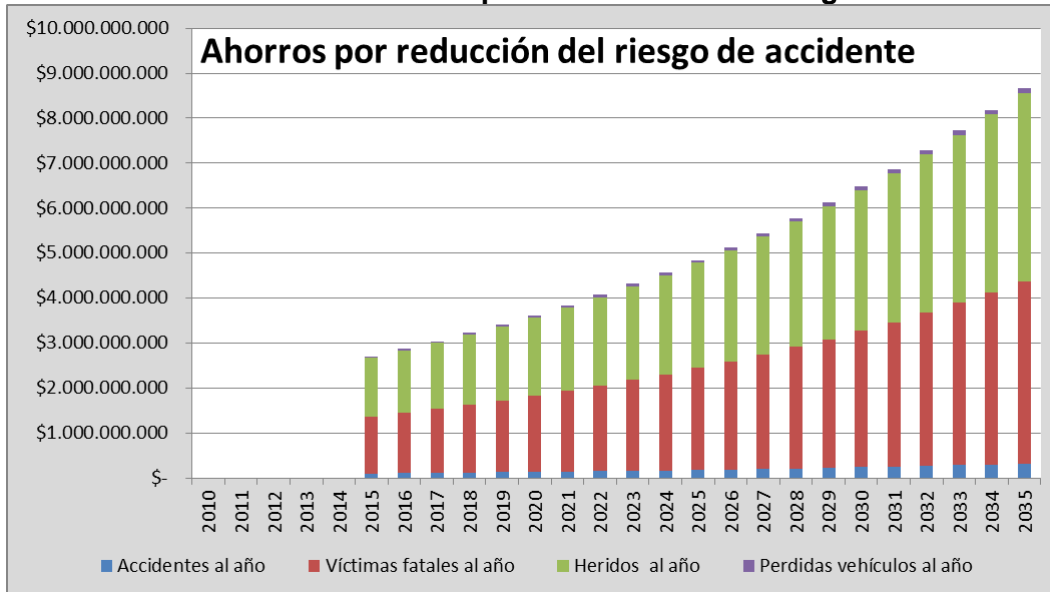
# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	77 / 115

Los ahorros anuales a precios corrientes por la reducción de la accidentalidad se presentan en la siguiente gráfica:

**Gráfica 12-7: Beneficios anuales por la reducción del riesgo de accidente.**



Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., diciembre 2011).


Los resultados anteriores, arrojan un valor presente neto de 32,793.5 millones de pesos colombianos de 2011, para el periodo de análisis del 2011 al 2035. Los beneficios se dan únicamente desde el 2015, por ser el año en que entrarán en operación los tramos 2, 3, 4 y 7 de la Ruta del Sol. Dado que los beneficios se derivan de las mejores condiciones y la mejor señalización de la vía, se asume que estos no se darán hasta no estar terminado y en operación dichos tramos.

## 12.7 Beneficios por efectos fiscales: Impuestos.

De acuerdo a la metodología del MAVDT los valores de regalías, impuestos, etc. que el gobierno local o nacional perciba durante la construcción u operación del proyecto, se constituyen en beneficios que deben ser cuantificados. En esta sección se analiza el valor de los impuestos durante la etapa de construcción del proyecto.

Los impuestos pagados por el proyecto se componen de los aportes parafiscales y el Impuesto al Valor Agregado (IVA). El primero de estos corresponde al pago del 9% de su nómina por concepto de subsidios familiares (cajas de compensación familiar), instituto colombiano de bienestar familiar (ICBF) y el servicio nacional de aprendizaje (SENA). El IVA por su parte corresponde al pago del 16% del valor total básico del proyecto.

La siguiente tabla presenta los resultados de los impuestos pagados durante la construcción del proyecto. El IVA se calcula sobre el valor del costo de construcción, presentado en el informe del plan de inversión del 1%. Por su parte, el valor de los

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO		(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	78 / 115	

aportes parafiscales se calcula en base al valor de nómina que se analiza en la sección de beneficios por el salario diferencial en la generación de empleos en la zona.

**Tabla 12-39. Impuestos pagados por el proyecto.**

Impuesto	Año	Valor
Parafiscales	2012	\$ 509,116,860
	2013	\$ 1,782,459,000
	2014	\$ 1,539,783,000
	2015	\$ 699,678,000
	2016	\$ 11,088,000
IVA	2011	\$ 102,532,378,700

Fuente: AMBIOTEC LTDA. Cálculos de Valoración Económica Ambiental S.A.S.

El valor presente neto de los beneficios por efectos fiscales asciende a 106,233.5 millones de pesos colombianos del 2011.

## 12.8 Plan del 1%

De conformidad con lo establecido en el artículo 43 de la Ley 99 de 1993, “todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, bien sea para consumo humano, recreación, riego o cualquier otra actividad industrial o agropecuaria, deberá destinar no menos de un 1% del total de la inversión para la recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográficas que alimenta la respectiva fuente hídrica. El propietario del proyecto deberá invertir este 1% en las obras y acciones de recuperación, preservación y conservación de la cuenca que se determinen en la licencia ambiental del proyecto”<sup>13</sup>.

En la tabla que se presenta a continuación se encuentran consignados los beneficios del proyecto asociados al Plan de Inversión del 1%.

**Tabla 12-40: Beneficios según programas del plan de inversión del 1%.**

Tramo	Área del Programa	Programas	Costos Asignados CRDS
2	Puente Río Ermitaño	Elaboración del Plan de Ordenación de la Cuenca Hidrográfica del Magdalena	\$ 270,905,607
2	Puente Río Ermitaño	Programa Gestión de la oferta hídrica	\$ 270,905,607
2	Puente Río Ermitaño	Programa Gestión de la calidad hídrica	\$ 361,207,476
2	Puente del río Ermitaño – Puerto Araujo	Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Carare	\$ 20,000,000
2	Puente del río Ermitaño – Puerto Araujo	Protección, conservación y manejo integrado de las cuencas hidrográficas	\$ 588,300,000

<sup>13</sup> Parágrafo del artículo 43 de la Ley de 1993

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	79 / 115

Tramo	Área del Programa	Programas	Costos Asignados CRDS
2	Puente del río Ermitaño – Puerto Araujo	Gestión de apoyo y control al manejo integral de residuos líquidos	\$ 459,347,600
<b>Total Tramo 2</b>			<b>\$ 1,067,647,600</b>
3	Puerto Araujo – La Lizama	Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Carare	\$ 20,000,000
3	Puerto Araujo – La Lizama	Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río opón	\$ 20,000,000
3	Puerto Araujo – La Lizama	Protección, conservación y manejo integrado de las cuencas hidrográficas	\$ 980,362,741
3	Puerto Araujo – La Lizama	Gestión de apoyo y control al manejo integral de residuos líquidos	\$ 515,320,613
<b>Total Tramo 3</b>			<b>\$ 1,535,683,354</b>
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Lebrija	\$ 20,000,000
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Santos Gutiérrez	\$ 20,000,000
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca Cayumba	\$ 20,000,000
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca de La Gómez	\$ 20,000,000
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Protección, conservación y manejo integrado de las cuencas hidrográficas	\$ 607,824,900
4	Entrada a San Rafael de Lebrija – Puente del río Lebrija	Gestión de apoyo y control al manejo integral de residuos líquidos	\$ 361,538,000
4	Puente del río Lebrija – Puente del río Cáchira	Formulación e implementación de los Planes de Manejo de las cuencas abastecedoras de acueductos urbanos y rurales	\$ 42,488,908
4	Puente del río Lebrija – Puente del río Cáchira	Manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas los municipios menores del área de jurisdicción de la CDMB	\$ 99,140,784
4	Puente del río Lebrija – Puente del río Cáchira	Apoyo y gestión para el saneamiento ambiental	\$ 42,488,908
4	Puente del río Lebrija – Puente del río Cáchira	Gestión para el ordenamiento integral de cuencas	\$ 28,325,938
4	La Lizama – San Alberto	Cuenca hidrográfica del Río San Alberto	\$ 84,977,815

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	80 / 115

Tramo	Área del Programa	Programas	Costos Asignados CRDS
4	La Lizama – San Alberto	Diseño y/o construcción de interceptores y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas	\$ 198,281,569
<b>Total Tramo 4</b>			<b>\$ 283,259,384</b>
7	La Mata – San Roque	Cuenca hidrográfica del Río Simaña	\$ 215,441,567
7	La Mata – San Roque	Cuenca hidrográfica del Río La Floresta	\$ 215,441,567
7	La Mata – San Roque	Cuenca hidrográfica del Río Singararé	\$ 215,441,567
7	La Mata – San Roque	Cuenca hidrográfica de la Ciénaga de Zapatosa	\$ 215,441,567
7	La Mata – San Roque	Diseño y/o construcción de interceptores y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas	\$ 574,510,844
<b>Total Tramo 7</b>			<b>\$ 1,436,277,110</b>
<b>Total</b>			<b>\$ 4,322,867,448.00</b>

Fuente: Ambiotec Ltda. (2011)

De acuerdo con la tabla anterior, los beneficios del proyecto por el Plan de Inversión del 1%, ascienden aproximadamente a cuatro mil trescientos millones de pesos.

## 12.9 Beneficios por el salario diferencial en la generación de empleos en la zona

El proyecto generará empleo durante su fase de construcción. Estos nuevos empleos serán remunerados a una tarifa más alta que el salario de oportunidad de la zona, que para efectos de este estudio se ha asumido como el salario mínimo legal vigente. La diferencia entre el salario mínimo y el salario del proyecto, es el beneficio económico social que se contabilizará en este sub numeral.

La forma de cálculo usada para los beneficios por el salario diferencial en la generación de empleo del proyecto, contempla el salario de oportunidad y el número de empleos generados durante la construcción del proyecto. Para el caso del beneficio por la generación de empleo se usó la siguiente relación matemática:

$$bsd_a = \sum_{t=1}^{t=T} (sp - so) * nt_{a,t}$$

Dónde:

- $bsd_a$  = Beneficios por la generación de empleo en el año  $a$ .
- $sp$  = Salario del proyecto.
- $so$  = Salario de oportunidad.
- $nt_{a,t}$  = Número de empleos generados por el proyecto en el año  $a$  en el tramo (o puente)  $t$ .

El valor del salario del proyecto utilizado para el cálculo fue de 700.000 pesos para el año 2011. El salario incremental se obtuvo de la diferencia entre el salario del proyecto y el SMMLV del año 2011. La siguiente tabla presenta los beneficios del diferencial salarial, junto con el total de empleados en cada uno de los puentes y tramos del proyecto.



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	81 / 115

**Tabla 12-41. Beneficios por la generación de empleo**

Trabajadores					
Año	2012	2013	2014	2015	2016
Tramo 2	0	10.006	10.150	5.603	44
Tramo 3	0	0	2.393	5.503	132
Tramo 4	0	8.284	10.150	0	0
Tramo 7	8.081,22	10.003	1.748	0	0
Beneficio Diferencial Salarial					
Año	2012	2013	2014	2015	2016
Tramo 2	\$ -	\$ 1.644.986.400	\$ 1.668.660.000	\$ 921.133.200	\$ 7.233.600
Tramo 3	\$ -	\$ -	\$ 393.409.200	\$ 904.693.200	\$ 21.700.800
Tramo 4	\$ -	\$ 1.361.889.600	\$ 1.668.660.000	\$ -	\$ -
Tramo 7	\$ 1.328.552.568	\$ 1.644.493.200	\$ 287.371.200	\$ -	\$ -
<b>Total Beneficio Diferencial Salarial</b>	<b>\$ 1.328.552.568</b>	<b>\$ 4.651.369.200</b>	<b>\$ 4.018.100.400</b>	<b>\$ 1.825.826.400</b>	<b>\$ 28.934.400</b>

Fuente: AMBIOTEC LTDA. Cálculos de Valoración Económica Ambiental S.A.S.

La parte decimal del número estimado de trabajadores en el 2012 se debe a que algunos no trabajan durante todo el año. El valor presente neto de los beneficios por el diferencial salarial asciende a 9.658,12 millones de pesos colombianos de 2011.

## 12.10 Beneficios por el valor de las medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación

A continuación, se calcula el valor monetario de las estrategias de manejo ambiental necesarias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por el proyecto durante las etapas de construcción y operación. Estos valores proceden del Plan de Manejo Ambiental (Ver Capítulo 7 de la Evaluación de Impacto Ambiental y los Anexos 25, 26 y 27 de la respuesta Auto 834 al MAVDT). La siguiente tabla, presenta el valor de cada una de las estrategias de manejo ambiental, junto con su valor.

Para mantener un cálculo conservador, se asume que la totalidad de los costos del plan de manejo se causan al finalizar la etapa de construcción de los tramos 2, 3, 4 y 7, es decir, en el 2016. Las estructuras de costos de cada programa del plan de manejo ambiental se presentan en el capítulo 7.

**Tabla 12-42. Valor de medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación**

PROGRAMAS	FICHA		COSTOS
PROGRAMA DE DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	<b>GA-00</b>	Programa de gestión socio-ambiental	\$1.520.421.000*
GESTIÓN AMBIENTAL			
MANEJO DEL SUELO (ABIÓTICO)	<b>GA-01</b>	Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación	\$152.475.000
	<b>GA-02</b>	Manejo de taludes	P.O**
	<b>GA-03</b>	manejo de materiales y equipos de construcción	P.O**

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	82 / 115

PROGRAMAS	FICHA		COSTOS
	<b>GA-04</b>	manejo de residuos sólidos domésticos, industriales y peligrosos	\$1.056.000
	<b>GA-05</b>	Manejo morfológico y paisajístico	P.O**
<b>Subtotal</b>			<b>\$153.531.000</b>
MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO (ABIÓTICO)	<b>GA-06</b>	Manejo de residuos líquidos	\$112.800.000
	<b>GA-07</b>	Manejo de cruces de cuerpos de agua	P.O**
	<b>GA-08</b>	Manejo de la captación	P.O**
	<b>GA-09</b>	Manejo de escorrentía	P.O**
<b>Subtotal</b>			<b>\$112.800.000</b>
MANEJO DEL RECURSO AIRE (ABIÓTICO)	<b>GA-10</b>	Manejo y control de fuentes de emisiones y ruido	P.O**
<b>Subtotal</b>			<b>P.O**</b>
MANEJO DEL SUELO (BIÓTICO)	<b>GA-11</b>	Manejo de remoción de cobertura vegetal, y descapote	\$324.000.000
	<b>GA-12</b>	Ahuyentamiento de fauna silvestre	\$126.000.000
	<b>GA-13</b>	Manejo hidrobiológico de migraciones de peces	P.O**
	<b>GA-14</b>	Manejo del aprovechamiento forestal	\$ 3.584.000.000
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 4.034.000.000</b>
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE HABITATS (BIÓTICO)	<b>GA-15</b>	Protección y conservación de hábitats	P.O**
REVEGETALIZACIÓN Y PAISAJISMO (BIÓTICO)	<b>GA-16</b>	Revegetalización, reforestación y adecuación por afectación paisajística	\$6.543.649.642
CONSERVACIÓN DE ESPECIES VULNERABLES (BIÓTICO)	<b>GA-17</b>	Conservación de especies vegetales vulnerables	\$547.200.000
COMPENSACIÓN (BIÓTICO)	<b>GA-18</b>	Manejo de la compensación forestal	\$5.046.015.317
	<b>GA-19</b>	Pasos de fauna y señalización	\$812.092.110
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE HABITATS (BIÓTICO)	<b>GA-20</b>	Manejo fauna íctica sembrada en Jagüeyes o en cuerpos de agua lenticos	P.O**
<b>Subtotal</b>			<b>\$ 12.948.957.069</b>
GESTIÓN SOCIO-ECONÓMICA			
GESTIÓN SOCIAL	<b>GS-20</b>	Educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto	\$30.000.000
	<b>GS-21</b>	Información y participación comunitaria	\$101.000.000
	<b>GS-22</b>	Adquisición predial y traslado de población	P.O**
	<b>GS-23</b>	Apoyo a la capacidad de gestión institucional	P.O**
	<b>GS-24</b>	Capacitación y educación ambiental a la comunidad aledaña al proyecto	\$5.000.000
	<b>GS-25</b>	Contratación de mano de obra local	P.O**
	<b>GS-26</b>	Accesibilidad y seguridad de la población del área de influencia del proyecto	\$72.000.000
	<b>GS-27</b>	Restablecimiento de infraestructura	\$3.500.000

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	83 / 115

PROGRAMAS	FICHA		COSTOS
	GS-28	Restablecimiento de equipamiento comunitario	\$7.500.000
	GS-29	Apoyo al comercio local	\$40.000.000
	GS-30	Fomento a la seguridad vial	\$30.000.000
	GS-31	Manejo de redes de servicios públicos	P.O**
<b>Subtotal</b>			<b>289.000.000</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 17.538.288.069</b>

Fuente: AMBIOTEC LTDA.

## 12.11 Beneficios por transferencias locales: uso de recursos naturales durante la construcción y operación del proyecto.

Siguiendo la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del MAVDT, el valor de las transferencias locales que se perciben durante la construcción u operación del proyecto, constituyen beneficios que deben incorporarse dentro del análisis económico. Por tal motivo, esta sección estudia el valor de las transferencias locales por el uso de agua y el aprovechamiento forestal durante la etapa de construcción del proyecto.

### 12.11.1 Beneficios por Transferencias locales en el Aprovechamiento forestal.

Como medida de beneficios asociada al aprovechamiento forestal se usará el recaudo por concepto de la tasa de aprovechamiento forestal. Los volúmenes estimados de aprovechamiento forestal en cada uno de los tramos se presentan a continuación.

**Tabla 12-43. Volumen de aprovechamiento forestal por tramos.**

Tramo	Longitud (Km)	Volumen en Metros Cúbicos
Tramo 2: Caño-alegre – Puerto Araújo	114	138,528
Tramo 3: Puerto Araújo – La Lizama	88	54,432
Tramo 4: La Lizama – San Alberto	91	60,480
Tramo 7: La Mata – San Roque	88	58,500

Fuente: AMBIOTEC LTDA.

Se usó un valor promedio de tasa de aprovechamiento de 18.000 pesos por metro cúbico de aprovechamiento forestal. Los ingresos para las corporaciones con jurisdicción en los tramos 2, 3, 4 y 7 se presentan en la siguiente tabla.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	84 / 115

**Tabla 12-44. Valor de las transferencias por aprovechamiento forestal.**

Tramo	Valor total de las transferencias por tasa de aprovechamiento forestal.
Tramo 2: Caño-alegre – Puerto Araújo	\$ 2,493,504,000
Tramo 3: Puerto Araújo – La Lizama	\$ 979,776,000
Tramo 4: La Lizama – San Alberto	\$ 1,088,640,000
Tramo 7: La Mata – San Roque	\$ 1,053,000,000

Fuente: AMBIOTEC LTDA. Cálculos de Valoración Económica Ambiental S.A.S.

El valor total por transferencias locales por el concepto de aprovechamiento forestal es de 5,614.9 millones de pesos colombianos. Suponiendo que se pagan al finalizar la etapa de construcción del proyecto, el valor presente a 2011 de los beneficios por este concepto es de 5,175.04 millones de pesos.

## 12.11.2 Beneficios por transferencias locales, tasa de uso del agua.

Como medida de beneficios asociada al aprovechamiento forestal se usará el recaudo por concepto de la tasa de uso del agua. Las fuentes que se usarán durante la fase de construcción y operación se señalan en la siguiente tabla.

**Tabla 12-45. Fuentes hídricas.**

TRAMO	FUENTE HÍDRICA	CUENCA	SUBCUENCA	CORPORACIÓN
2	Quebrada La Velásquez	MAGDALENA	Río Magdalena <sup>1</sup>	CORPOBOYACA
	Caño Saca Mujeres			
	Caño Caimital o Pavas			
	Caño Palagua			
	Río El Ermitaño			
	Río Zambito		Río Carare <sup>2</sup>	CAS
	Río Baúl			
	Caño Cachimbero			
	Caño Negro			
	Caño La Caimana			
Río San Juan				
3	Río Carare	MAGDALENA	Río Carare <sup>3</sup>	CAS
	Río Guayabito			
	Quebrada La Parra			
	Quebrada Aguas Negras			
	Río Opón		Río Opón <sup>4, 5</sup>	
	Río La Colorada			
	Río Oponcito			
	Quebrada La Vizcaina			
Quebrada El Zarzal				
4	Quebrada La Lizama	SOGAMOSO	Cayumba <sup>6</sup>	CAS
	Río Sogamoso			
	Quebrada Cayumba			
	Quebrada La Gómez		La Gómez <sup>6</sup>	

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	85 / 115

TRAMO	FUENTE HÍDRICA	CUENCA	SUBCUENCA	CORPORACIÓN	
	Quebrada Santos Gutiérrez	LEBRIJA	Santos Gutiérrez <sup>6</sup>	CAS – CDMB	
	Canal Los Santos Gutiérrez		Lebrija Medio <sup>7</sup>		
	Quebrada Paraguay				
	Quebrada Payandé				
	Quebrada Taladro				
	Río Lebrija				
	Río Cáchira				Cáchira Medio <sup>8</sup>
	Quebrada Mula		San Alberto <sup>9</sup>		CORPONOR - CORPOCESAR
Río San Alberto					
7	Quebrada El Cuare	MAGDALENA	Simaña <sup>10</sup>	CORPOCESAR	
	Río Simaña		Singararé <sup>11</sup>		
	Quebrada Pelaya				
	Aliviadero				
	Caño Sucio				
	Quebrada El Lucero				
	Quebrada Los Laureles				
	Quebrada el Quemado				
	Quebrada el Tigre				
	Quebrada La Floresta				Ciénaga de la Zapatosa <sup>12</sup>
	Quebrada Trapiche				
	Quebrada Jairo				
	Quebrada Villa Mary				
	Quebrada La Rayita				
	Quebrada Tocaloa				
	Quebrada Aguacatal				
	Quebrada Tijeras				
	Quebrada Santa Isabel				
	Quebrada Animito				
	Quebrada San Pedro				
Quebrada San Martín					
Caño Largo					


Fuente: AMBIOTEC LTDA.

Los volúmenes de agua que se utilizarán durante la fase de construcción se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 12-46. Demanda de agua durante la construcción.**

Tramo	Caudal unitario (m3/día/km)	Distancia (Km)	Tiempo de Obra		% del tiempo de Suministro	Volumen total (m3)
			Meses	Días		
2	2	104	37	1.11	60%	138,528
3	2	84	18	540	60%	54,432
4	2	80	21	630	60%	60480
7	2	65	25	750	60%	58500
Total						311,940

Fuente: AMBIOTEC LTDA.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO		(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción		86 / 115

Los valores de las tasas por uso de agua se presentan en la siguiente tabla. Se ha asumido un factor regional igual a 6, el cual es aplicado por CORPOCESAR para las fuentes del tramo 7.

**Tabla 12-47. Tasas por uso de agua.**

Corporación Autónoma	Tarifa mínima por m <sup>3</sup> de agua 2008	Factor Regional	Pesos del año 2008	Pesos del año 2011
CORPOCESAR	\$ 0.62	6	\$ 3.72	\$ 4.11
CAR	\$ 0.28	6	\$ 1.65	\$ 1.82
CAS	\$ 1.00	6	\$ 6.66	\$ 6.63

Fuente: CORPOCESAR, CAR. Cálculos Valoración Económica Ambiental S.A.S.

El valor total de las transferencias por este concepto asciende a un millón novecientos veinte mil cuatrocientos diez pesos (\$ 1'920,410). Suponiendo que el pago se realice al finalizar la etapa de construcción del proyecto, el valor presente a 2011 de los beneficios por este concepto ascienden a 1,503.5 millones de pesos.

## 12.12 Costos por afectación de la calidad del aire

Para medir los efectos de un cambio en la morbilidad, asociados a cambios ambientales producto de la intervención humana del medio ambiente, se deben tener en cuenta los diferentes medios a través de los cuales una persona puede resultar afectada o beneficiada por los cambios en la incidencia o prevalencia de una enfermedad. En el cálculo de los costos por la afectación de la calidad del aire, el daño se ocasiona por la exposición a gases contaminantes y se traduce en las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en la población afectada por la operación de los tramos 2, 3, 4 y 7 de la Ruta del Sol – Sector 2.

Para el cálculo de estos beneficios se usa el enfoque de función de producción de salud (ver MAVDT, 2003, pág. 34-35). El objetivo es estimar el aumento de los costos de prevención y tratamiento, los costos de oportunidad asociados a la pérdida de ingreso y el costo de muerte, durante la fase de operación del paso vial. El cálculo de los costos por exposición a gases contaminantes y material particulado, se realizó mediante el uso de la siguiente expresión:

$$cs_a = he_a \times cpp_a + nc_a(cpt_a + ppi_a) + nm_a \times vve$$

Dónde:

- $cs_a$  = Costos totales por efectos sobre la salud en el año  $a$ .
- $he_a$  = Hogares expuestos a gases contaminantes en el año  $a$ .
- $cpp_a$  = Costo promedio de prevención en el año  $a$ .
- $nc_a$  = Número de casos de IRA en el año  $a$ .
- $cpt_a$  = Costo promedio de tratamiento en el año  $a$ .
- $ppi_a$  = Pérdida promedio de ingreso en el año  $a$ .
- $nm_a$  = Número de muertes por IRA en el año  $a$ .

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	87 / 115

*vve* = Valor de una vida estadística.

Los costos por la afectación de la calidad del aire se calcularon utilizando la siguiente expresión:

$$CCA_a = CS_{a,Conproyecto} - CS_{a,Sinproyecto}$$

Dónde:

$CS_{a,Sinproyecto}$  = Proyección de los costos totales por efectos sobre la salud en el año *a* bajo el escenario Sin Proyecto.

$CS_{a,Conproyecto}$  = Proyección de los costos totales por efectos sobre la salud en el año *a* bajo el escenario Con Proyecto.

La población expuesta corresponde a todos aquellos hogares que están dentro de un buffer de 250 metros alrededor de la vía. Dado que el proyecto contempla la construcción de una doble calzada, el ancho de la vía aumenta en 7,30 m (3,65 m por carril adicional), lo cual implica un crecimiento de 278,13 ha en el buffer para el escenario Con Proyecto<sup>14</sup>. El cálculo del número de personas expuestas se realizó con base a las proyecciones de población reportadas por el DANE con base en el censo del 2005 y teniendo en cuenta la densidad poblacional rural de los municipios afectados. En este análisis no se incluye la población de los centros poblados por los que pasa la Ruta del Sol debido a que para cada uno ha de realizarse un EIA específico. Los cálculos a este respecto se presentarán en los EIAs específicos de cada centro poblado. Los datos utilizados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12-48: Densidad poblacional de los municipios afectados sin tener en cuenta cabeceras municipales.**

Municipio	Población Resto	Hogares Resto	Densidad Personas (personas/Ha)	Densidad Hogares (h./Ha)
Barrancabermeja	19248	4645	15,11	3,65
Barrancabermeja	19248	4645	15,11	3,65
Bolívar	12581	3055	8,44	2,05
Chimichagua	19618	3835	13,77	2,69
Cimitarra	21521	5333	7,56	1,87
Cimitarra	21521	5333	7,56	1,87
Curumaní	9311	2087	10,19	2,28
La Esperanza	9631	2142	14,46	3,22
La Gloria	8807	2103	11,16	2,67
Pailitas	4233	1048	8,12	2,01
Pelaya	5866	1310	13,39	2,99
Puerto Boyacá	16495	4334	11,21	2,94
Puerto Parra	3679	886	4,94	1,19
Rionegro	23230	5721	18,54	4,57

<sup>14</sup> Igual a 7,3m x 381km.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	88 / 115

Municipio	Población Resto	Hogares Resto	Densidad Personas (personas/Ha)	Densidad Hogares (h./Ha)
Sabana De Torres	8113	2010	6,98	1,73
San Alberto	5809	1499	10,23	2,64
San Vicente De Chucurí	20562	4782	18,63	4,33
Simacota	6686	1587	6,81	1,62
Tamalameque	8869	1983	17,32	3,87
<b>Total</b>			<b>11,00</b>	<b>2,62</b>

Fuente: DANE (2005), cálculos de Valoración Económica Ambiental S.A.S.

Las personas expuestas en los tramos 2, 3, 4 y 7 del Sector 2 de la Ruta del Sol, sin incluir la población de los centros poblados que atraviesa la vía se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 12-49. Hogares y personas expuestas (2012)**

Alternativa	Área Buffer 250m (ha)	Personas expuestas	Hogares expuestos
Sin Proyecto	9.525,00	104.729,27	24.934,68
Con Proyecto	9.803,13	107.787,36	25.662,78
<b>Diferencia</b>	<b>278,13</b>	<b>3.058,09</b>	<b>728,09</b>

Fuente: DANE (2005). Cálculos de Valoración Económica Ambiental S.A.S.

De la tabla anterior, se puede ver que la reducción en personas y hogares expuestos como resultado de la variante es de 3.058,09 personas y 728,09 hogares, respectivamente.

Para estimar el cambio en el número de casos anuales por IRA fue necesario tener en cuenta el crecimiento del cambio en la población afectada a lo largo del periodo de evaluación (2012-2035). Las tasas de crecimiento utilizadas se calcularon con base en las proyecciones poblacionales del DANE para los municipios afectados (Proyecciones de población 2005-2020 total por sexo y grupos de edad, 2005) y se presentan en la siguiente gráfica. Esta tasa de crecimiento fue aplicada al número de personas y hogares afectados.

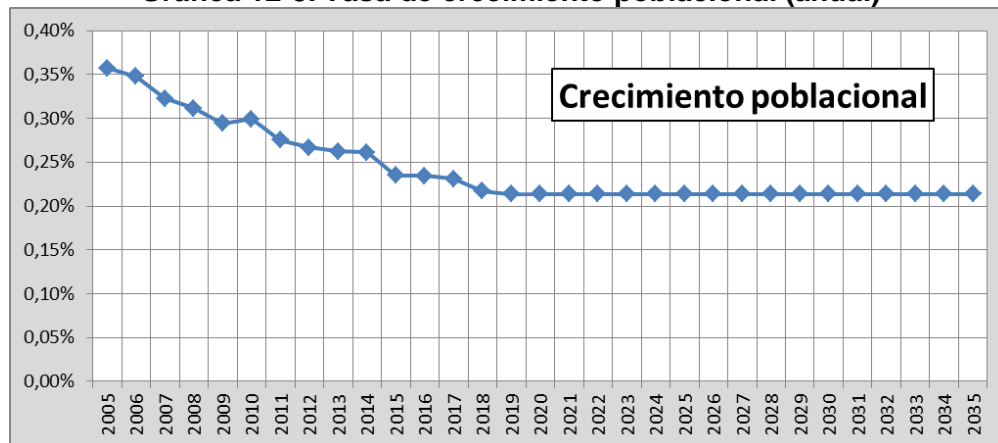


# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	89 / 115

**Gráfica 12-8. Tasa de crecimiento poblacional (anual)**



Fuente: (DANE, 2005), (Valoración Económica Ambiental S.A.S., enero 2012)

En la estimación de los costos de prevención, tratamiento y pérdida de ingreso se asumió que el total de los hogares expuestos incurre en costos de prevención (los costos de prevención son por hogar). Para el caso de muerte, se supuso que no hay muertes por IRA durante el periodo analizado. Los datos de costos de prevención y tratamiento son promedios por hogares y por casos, respectivamente. El valor de prevención es el reportado por (Rodríguez, 1999), y el valor de tratamiento es el promedio de los gastos en que incurrieron las personas encuestadas que reportaron haber presentado Enfermedades Respiratorias Agudas en el último año (Valoración Económica Ambiental S.A.S, 2011). En el caso del costo por muerte, el valor es igual al reportado por las aseguradoras. Por último, la pérdida de ingreso corresponde al salario promedio que deja de recibir un enfermo de IRA, durante el tiempo de incapacidad. Tanto el salario promedio como el número de días de incapacidad fueron determinados con base en la información recolectada en la etapa de recolección de información primaria (Valoración Económica Ambiental S.A.S, 2011). Dichos costos se resumen en la tabla que se presenta a continuación.

**Tabla 12-50. Costos promedio por evento de enfermedad (en pesos del 2012)**

Impacto	Costo
Prevención ( <i>c<sub>pp</sub></i> )	\$ 36.853,7
Tratamiento ( <i>c<sub>pt</sub></i> )	\$ 65.595,6
Pérdida de Ingreso ( <i>p<sub>pi</sub></i> )	\$ 34.159
Muerte ( <i>v<sub>ve</sub></i> )	\$ 135.972.289

Fuente: (Rodríguez, 1999) (Valoración Económica Ambiental S.A.S., enero 2012) FASECOLDA.

Al estimar los casos nuevos anuales de enfermos, se usó la tasa morbilidad estimada por Rodríguez (1999), ante cambios en la exposición a gases contaminantes, como es el caso del dióxido de azufre. El valor estimado por este autor es de un aumento en la morbilidad por IRA (número de casos sobre población expuesta) del 0,2361% ante un aumento de una unidad en la concentración de dióxido de azufre ( $SO_2$ ). Por último, con base en las

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



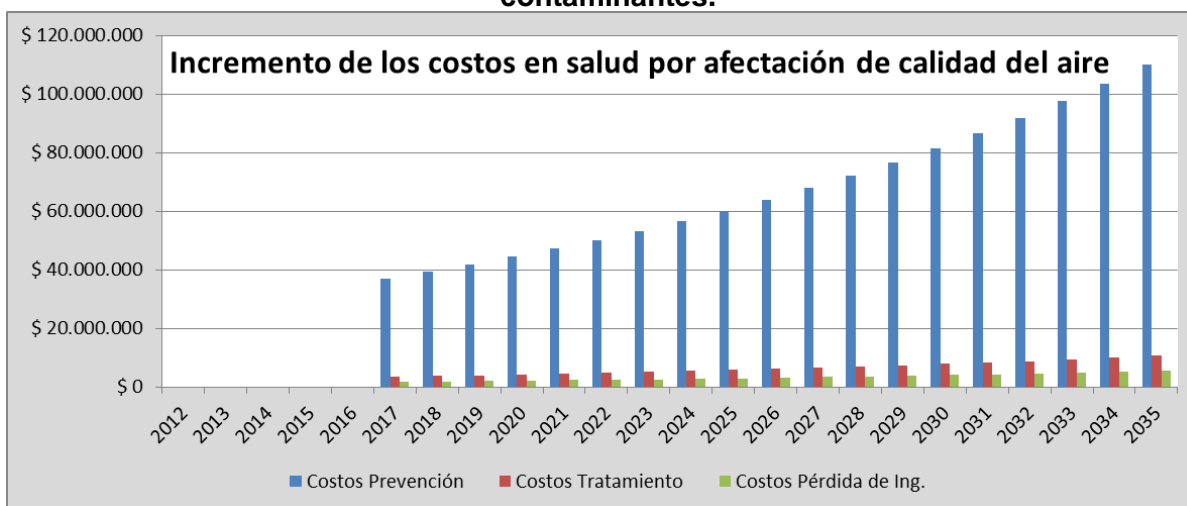
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	90 / 115

mediciones de la calidad del aire en Puerto Libre y La Mata (estaciones 1 y 8, respectivamente), tenemos que la concentración promedio de dióxido de azufre alrededor de la vía es de  $5,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ver Anexo 5, “Monitoreo Calidad del Aire para el proyecto Ruta del Sol”, Ambiotec Ltda., 2012, pág.80-87). Nuevamente, para mantener un cálculo conservador, suponemos que el incremento en la concentración de  $\text{SO}_2$  en el área que se agrega al buffer de 250 m como resultado de la construcción de doble calzada, es igual a la concentración total en el buffer de 250 m en el escenario Sin Proyecto: a saber,  $\Delta\text{SO}_2 = 5,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El número de casos en el año  $a$  bajo cada escenario  $j$  se calcula como:

$$nc_{a,j} = \text{Población expuesta} \times \Delta\text{SO}_2 \times 0,002361$$

De acuerdo con la información anterior, el valor presente neto de los beneficios por la reducción en exposición a gases contaminantes, asciende a \$ 447.505.796,81, a precios del 2012. Los beneficios anuales se presentan en la siguiente gráfica:

**Gráfica 12-9: Beneficios anuales por reducción de la exposición a gases contaminantes.**




Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., enero 2012).

Podemos ver que los costos más representativos son los de prevención, alcanzando alrededor de 110.000 millones en el 2035. Los costos por tratamiento y pérdida de ingreso alcanzan \$10.637.516 y \$5.539.501 respectivamente para el 2035.

## 12.13 Costos por servicios ambientales de los bosques

La afectación de los servicios ambientales del bosque se incluye en los costos de la valoración económica de impactos debido a la presencia de zonas con alta densidad de vegetación y zonas de bosque de galería al borde del cauce de los ríos a intervenir, las cuales se constituyen en zonas ambientalmente sensibles por albergar algunas especies bajo riesgo de amenaza, por su función de corredor biológico e interconector de la biota y porque corresponden a la única cobertura boscosa dentro del área de estudio. En esta sección se presenta una revisión de la literatura internacional, acerca de los servicios ambientales que prestan los bosques y se resume la metodología de cálculo para

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 <p>CONCESIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S. Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2</p>
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	91 / 115	


determinar los costos por afectar las zonas de bosque que se encuentran en el área intervenida.

Pérez, García & Sayer (2007) afirman que los bosques, además de ser los sistemas terrestres más extensos, tienen un gran valor en términos de biodiversidad y desempeñan funciones ambientales importantes, tanto a nivel local como a nivel global.

De acuerdo con Beer et al (2003), dentro de los principales servicios de los bosques se encuentran el mantenimiento de la fertilidad del suelo, reducción de la erosión, fijación de nitrógeno, reciclaje de nutrientes, conservación de la calidad y cantidad de agua, captura de carbono y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados. Adicional a eso, los autores hacen énfasis en los productos de uso comercial o familiar, como es el caso de la leña, la madera y los frutos.

Por su parte, Pérez, García & Sayer (2007) y la CEPAL (2003) centran la evaluación económica de servicios ambientales de los bosques en cuatro componentes fundamentales: biodiversidad, fijación de carbono, ciclo hidrológico y educación/recreación. De los anteriores, los servicios de educación y recreación se han ido incorporando gracias a la creciente conciencia ambiental en las poblaciones; la fijación de carbono se ha vuelto un componente relevante dada la importancia de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su relación con el cambio climático; y la conservación de la biodiversidad y las funciones sobre las cuencas hidrográficas, son los servicios ambientales de los bosques que llevan más tiempo siendo reconocidos (Pérez, García, & Sayer, 2007).

En la tabla que se presenta a continuación se encuentran resumidos los principales mercados ambientales para cada uno de los cuatro componentes nombrados anteriormente.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO		(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	92 / 115	

**Tabla 12-51. Principales mercados de servicios ambientales de los bosques.**

Mercado de Servicio	Producto Ofrecido	Oportunidades
<b>Biodiversidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas protegidas</li> <li>• Derecho de Bioprospección</li> <li>• Concesiones para la conservación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conciencia creciente</li> <li>• Aumento y diversificación de mercados</li> <li>• Innovación en diseño de productos y sistemas de pago</li> <li>• Mercados Nacionales e internacionales</li> </ul>
<b>Carbono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado de reducción de emisiones</li> <li>• Créditos de compensación de emisiones</li> <li>• Volumen asignado de emisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolución desde acuerdos individuales a pequeña escala hasta acuerdos internacionales a gran escala</li> <li>• Mercados Nacionales e internacionales</li> </ul>
<b>Agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrato de gestión de cuencas</li> <li>• Créditos de calidad de aguas</li> <li>• Derechos de aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad de identificar proveedores y beneficiarios</li> <li>• Mercados Nacionales</li> </ul>
<b>Escénico-Recreativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derechos de entrada</li> <li>• Servicios de ecoturismo</li> <li>• Acuerdos de gestión de recursos naturales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vínculo entre biodiversidad y valor escénico</li> <li>• Mercados Nacionales e Internacionales</li> </ul>

Fuente: (Pérez, García, & Sayer, 2007)

En la tabla que se presenta a continuación se encuentra consignado el valor de cada uno de los servicios ambientales principales prestados por los bosques:

**Tabla 12-52. Valor de los servicios ambientales de los bosques**

Servicio Ambiental	Bosque Primario (dólares/ha/año)	Bosque Secundario (dólares/ha/año)
Fijación de Carbono	38	29
Protección de Agua	5	3
Protección de Biodiversidad	10	6
Recreación	5	3
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>41</b>

Fuente: (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL., 2003)

En la tabla anterior, la columna de bosque primario hace referencia a los bosques compuestos por especies nativas de árboles en los que no ha habido alteraciones a causa de actividades antrópicas, y el bosque secundario hace referencia a aquel que se regenera después de ser despejado por causas naturales o como producto de actividades como la ganadería y la agricultura.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	93 / 115

Los costos por servicios ambientales del bosque en el proyecto están relacionados con el área de aprovechamiento forestal. A la fecha, se ha aprovechado un volumen total de 5.514 metros cúbicos, los cuales equivalen a un área de 20 hectáreas de bosque densamente poblado (una hectárea de bosque densamente poblado tiene aproximadamente 267 metros cúbicos). Teniendo en cuenta el volumen de aprovechamiento autorizado por el MADS (aproximadamente 20.000 metros cúbicos), el área total de aprovechamiento es aproximadamente 72 hectáreas.

Para el cálculo de los costos por los servicios ambientales del bosque, se escogió el valor correspondiente a los costos de servicios ambientales del bosque primario que se encuentran en la

. Dicho valor se transformó a valor presente y a pesos colombianos teniendo en cuenta la tasa de cambio. Dicha información se encuentra resumida en la siguiente tabla.

**Tabla 12-53. Costos por servicios ambientales del bosque**

Servicios Ambientales	Valores a 2003 (dólares/ha/año)	Valores a 2011 (dólares/ha/año)	Valores a 2011 (pesos/ha/año)
Fijación de Carbono	29	41	73.158,71
Protección de Agua	3	4	7.568,14
Protección de Biodiversidad	6	8	15.136,29
Recreación	3	4	7.568,14
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>57</b>	<b>\$ 103.431,28</b>

Fuente: (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL., 2003) y cálculos (Valoración Económica Ambiental S.A.S, 2011)

Con base en los valores de la tabla anterior y teniendo en cuenta el área de aprovechamiento forestal autorizada para diferentes actividades en los tramos 2, 3, 4 y 7, se calcularon los costos por los servicios ambientales del bosque durante los primeros 5 años, cuando aún no se observan los beneficios de los programas incluidos en el Plan de Manejo Ambiental. El flujo de costos durante los cinco años se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 12-54. Costos por servicios ambientales del bosque**

Tramo	Hectáreas	2012	2013	2014	2015	2016
Tramo 2: Caño-alegre – Puerto Araújo	518.83	\$ -	\$ 59,898,553	\$ 63,492,466	\$ 67,302,014	\$ 71,340,135
Tramo 3: Puerto Araújo - La Lizama	203.87	\$ -	\$ -	\$ 24,948,183	\$ 26,445,074	\$ 28,031,779
Tramo 4: La Lizama - San Alberto	226.52	\$ -	\$ 26,151,135	\$ 27,720,203	\$ -	\$ -
Tramo 7: La Mata - San Roque	219.10	\$ 23,908,315	\$ 25,294,997	\$ 26,812,697	\$ -	\$ -

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	94 / 115

Tramo	Hectáreas	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Total</b>	<b>1168.31</b>	<b>\$ 23,908,315</b>	<b>\$ 111,344,685</b>	<b>\$ 142,973,549</b>	<b>\$ 93,747,088</b>	<b>\$ 99,371,913</b>
<b>Tasa de descuento</b>	<b>8.50%</b>					
<b>VPN</b>	<b>\$ 362,285,118</b>					

Fuente: Cálculos de (Valoración Económica Ambiental S.A.S, 2011)

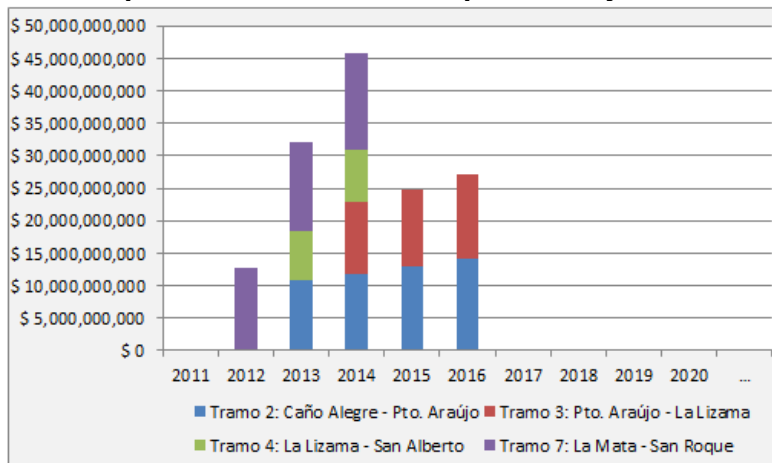
A partir de la información suministrada anteriormente, el valor presente neto de los costos por servicios ambientales del bosque, con una tasa de descuento del 8.5%, es de 362.28 millones de pesos.

## 12.14 Costos por restricción de la movilidad durante la fase de construcción.

El cálculo de los costos en que incurrirán los usuarios de corredor vial por los mayores tiempos de viaje dadas las restricciones durante la fase de construcción se realizó usando la misma estructura de cálculo de la sección de beneficios económicos por la reducción de los costos de viaje, pero ahora para un aumento en los tiempos de viaje que repercutirán en un aumento en los costos de mover carga, pasajeros y de transportarse en vehículos particulares por el corredor vial.

Los costos de viajes por los mayores tiempos de viaje durante la fase de construcción se calcularon para un aumento en los costos de viaje del 5%. Lo anterior, dado que el corredor vial existente se intervendrá de manera alternativa y teniendo en cuenta que las nuevas obras se desarrollarán en una calzada que ocupara un espacio diferente al corredor existente.

**Gráfica 12-10: Costos por aumento en los tiempos de viaje durante la construcción.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

El valor presente neto de los costos por la restricción a la movilidad durante la fase de construcción llegará a 102,128.83 millones de pesos del año 2011. Como puede apreciarse en la gráfica anterior, estos costos se presentaran entre el año 2012 y 2016.

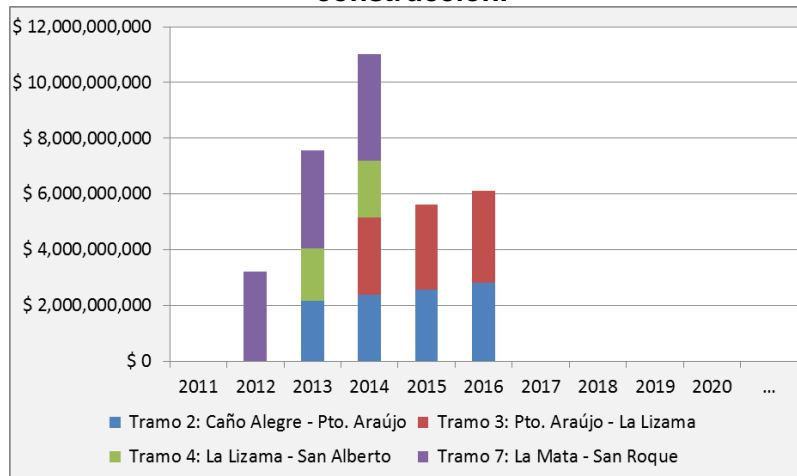
# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	95 / 115

Así mismo, se calculó un costo por la pérdida de bienestar asociado al mayor tiempo de viaje y a los cierres temporales de la calzada existente. Los resultados son:

**Gráfica 12-11: Costos DAP por aumento en los tiempos de viaje durante la construcción.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

El valor presente de los costos relacionados con DAP por confort al desplazarse por la vía durante la fase de construcción es de 24,082.54 millones de pesos colombianos de año 2010. Al igual que los costos por aumento en los tiempos de viaje, estos se presentaran durante el periodo 2012 a 2016.

## 12.15 Costos de construcción del proyecto

Los costos de construcción corresponden a los calculados como parte del Plan de Inversión del 1% (ver Anexo 29, respuesta Auto 834 al MAVDT). Los costos de la construcción de la doble calzada y cada uno de los puentes se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 12-55. Costos construcción**

TRAMOS	COSTOS CONSTRUCCIÓN DOBLE CALZADA	COSTO ADQUISICIÓN PREDIAL*	COSTO EQUIPOS	COSTOS PEAJES Y ÁREAS DE SERVICIO	COSTO TOTAL
Caño Alegre – Puerto Araujo	\$ 92.777.216.153,40	\$ 7.817.040.000	\$ 96.327.582.910,67	\$ 4.934.995.895,00	\$ 201.856.834.959
Puerto Araujo – La Lizama	\$ 71.528.819.180,39	\$ 7.936.051.200	\$ 73.799.575.344,80	\$ 4.087.931.212,00	\$ 157.352.376.937
La Lizama – San Alberto	\$ 89.031.093.518,70	\$ 8.420.853.000	\$ 48.818.314.507	\$ 4.934.995.932,00	\$ 151.205.256.958
La Mata – San Roque	\$ 69.133.262.293,18	\$ 3.302.071.500	\$ 70.553.747.740,18	\$ 4.087.931.101,00	\$ 147.077.012.634
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 657.491.481.488,32</b>

Fuente: AMBIOTEC LTDA.

El cálculo de los costos anteriores transformados a precios cuenta tal y como lo establece la *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales* (MAVDT, 2010) se presenta en la siguiente tabla:

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	96 / 115

**Tabla 12-56. Costos de construcción a precios cuenta.**

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN A PRECIOS CUENTA			
<b>Caño Alegre – Puerto Araujo</b>	<b>%</b>	<b>RPC</b>	<b>Costos a precios cuenta</b>
Bien Transable	0,154	0,82	\$ 25.490.481.119
Bien No Transable	0,497	0,84	\$ 84.271.191.459
Mano de Obra Calificada	0,081	0,72	\$ 11.772.290.615
Mano de Obra No Calificada	0,268	0,61	\$ 32.999.555.379
<b>Total</b>			<b>\$ 154.533.518.571</b>
<b>Puerto Araujo – La Lizama</b>	<b>%</b>	<b>RPC</b>	<b>Costos a precios cuenta</b>
Bien Transable	0,154	0,82	\$ 19.870.458.160
Bien No Transable	0,497	0,84	\$ 65.691.470.324
Mano de Obra Calificada	0,081	0,72	\$ 9.176.790.623
Mano de Obra No Calificada	0,268	0,61	\$ 25.723.966.582
<b>Total</b>			<b>\$ 120.462.685.688</b>
<b>La Lizama – San Alberto</b>	<b>%</b>	<b>RPC</b>	<b>Costos a precios cuenta</b>
Bien Transable	0,154	0,82	\$ 19.094.199.849
Bien No Transable	0,497	0,84	\$ 63.125.170.675
Mano de Obra Calificada	0,081	0,72	\$ 8.818.290.586
Mano de Obra No Calificada	0,268	0,61	\$ 24.719.035.407
<b>Total</b>			<b>\$ 115.756.696.517</b>
<b>La Mata – San Roque</b>	<b>%</b>	<b>RPC</b>	<b>Costos a precios cuenta</b>
Bien Transable	0,154	0,82	\$ 18.572.885.155
Bien No Transable	0,497	0,84	\$ 61.401.711.234
Mano de Obra Calificada	0,081	0,72	\$ 8.577.531.377
Mano de Obra No Calificada	0,268	0,61	\$ 24.044.150.025
<b>Total</b>			<b>\$ 112.596.277.792</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 503.349.178.568</b>

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.



# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	97 / 115

## 12.16 Flujos de costos y beneficios, cálculo de indicadores de rentabilidad social.

En este numeral se presenta el análisis de los flujos de costos y de beneficios del proyecto, este análisis se realizó a precios corrientes y también a precios cuenta en el caso de los costos de construcción y operación. También, se presentan en este capítulo los resultados del cálculo de la relación costos beneficio y un análisis de sensibilidad de dicha relación para diferentes tasas de descuento. En la siguiente tabla se presentan los costos del proyecto en millones de pesos.

**Tabla 12-57. Flujo de Costos por rubro del Proyecto en millones de pesos.**

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Construcción	0	0	50,828	50,828	50,828	50,828	50,828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Construcción a precios cuenta	0	0	100,670	100,670	100,670	100,670	100,670	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gasto en los estados financieros	0	0	0	0	0	43,620	46,237	49,011	51,952	55,069	58,373	61,875	65,588	69,523	73,695	78,116	82,803	87,772	93,038	98,620	104,537	110,810	117,458	124,506	131,976	139,894
Gasto en los estados financieros a precios cuenta	0	0	0	0	0	33,394	35,397	37,521	39,772	42,159	44,688	47,369	50,212	53,224	56,418	59,803	63,391	67,194	71,226	75,500	80,030	84,831	89,921	95,317	101,036	107,098
Activo por la naturaleza del gasto	0	0	0	0	0	5,987	6,347	6,728	7,131	7,559	8,013	8,493	9,003	9,543	10,116	10,723	11,366	12,048	12,771	13,537	14,349	15,210	16,123	17,090	18,116	19,203
Activo por la naturaleza del gasto a precios cuenta	0	0	0	0	0	4,970	5,268	5,584	5,919	6,274	6,650	7,049	7,472	7,921	8,396	8,900	9,434	10,000	10,600	11,236	11,910	12,625	13,382	14,185	15,036	15,938
Garantías y Seguros	39,138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garantías y Seguros a precios cuenta	39,138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Supervisión INCO	10,824	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Supervisión INCO a precios cuenta	7,555	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	98 / 115

Concepto	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Interventoría	0	0	0	493	4,380	6,924	5,692	15,116	11,288	11,965	12,683	13,444	14,250	14,431	15,297	16,215	17,188	18,219	19,312	20,471	21,699	23,001	24,381	25,844	27,395	29,038	
Interventoría a precios cuenta	0	0	0	344	3,057	4,833	3,973	10,551	7,879	8,351	8,853	9,384	9,947	10,073	10,677	11,318	11,997	12,717	13,480	14,289	15,146	16,055	17,018	18,039	19,122	20,269	
Predial	0	26,663	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predial a precios cuenta	0	22,397	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Divulgación	1,817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Divulgación a precios cuenta	1,526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago IFC	2,526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago IFC a precios cuenta	2,526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fiducia	76	80	84	89	94	100	106	112	119	126	134	142	150	159	169	179	190	201	213	226	240	254	269	285	303	321	
Fiducia a precios cuenta	55	57	61	64	68	72	76	81	86	91	96	102	108	115	122	129	137	145	154	163	173	183	194	205	218	231	
Impuestos	2,651	2,792	2,945	3,116	3,303	3,501	3,711	3,934	4,170	4,420	4,685	4,966	5,264	5,580	5,915	6,270	6,646	7,045	7,468	7,916	8,391	8,894	9,428	9,993	10,593	11,229	
Impuestos a precios cuenta	2,651	2,792	2,945	3,116	3,303	3,501	3,711	3,934	4,170	4,420	4,685	4,966	5,264	5,580	5,915	6,270	6,646	7,045	7,468	7,916	8,391	8,894	9,428	9,993	10,593	11,229	
Servicio de Deuda	8,431	8,878	9,366	9,910	10,504	11,134	11,802	12,511	13,261	14,057	14,900	15,794	16,742	17,746	18,811	19,940	21,136	22,404	23,749	25,174	26,684	28,285	29,982	31,781	33,688	35,709	
Servicio de Deuda a precios cuenta	6,070	6,392	6,744	7,135	7,563	8,017	8,498	9,008	9,548	10,121	10,728	11,372	12,054	12,777	13,544	14,357	15,218	16,131	17,099	18,125	19,213	20,365	21,587	22,882	24,255	25,711	
<b>Total</b>	<b>62,811</b>	<b>35,621</b>	<b>60,279</b>	<b>61,320</b>	<b>65,807</b>	<b>118,593</b>	<b>121,012</b>	<b>83,478</b>	<b>83,751</b>	<b>88,776</b>	<b>94,102</b>	<b>99,749</b>	<b>105,733</b>	<b>111,403</b>	<b>118,088</b>	<b>125,173</b>	<b>132,683</b>	<b>140,644</b>	<b>149,083</b>	<b>158,028</b>	<b>167,510</b>	<b>177,560</b>	<b>188,214</b>	<b>199,506</b>	<b>211,477</b>	<b>224,166</b>	
<b>Total a precios cuenta</b>	<b>56,870</b>	<b>28,847</b>	<b>107,474</b>	<b>108,213</b>	<b>111,358</b>	<b>151,954</b>	<b>153,882</b>	<b>62,745</b>	<b>63,204</b>	<b>66,996</b>	<b>71,016</b>	<b>75,277</b>	<b>79,793</b>	<b>84,110</b>	<b>89,157</b>	<b>94,506</b>	<b>100,177</b>	<b>106,187</b>	<b>112,558</b>	<b>119,312</b>	<b>126,471</b>	<b>134,059</b>	<b>142,102</b>	<b>150,629</b>	<b>159,666</b>	<b>169,246</b>	

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos. Cálculos Valoración Económica Ambiental S.A.S.

Ahora bien los costos ambientales y sociales del proyecto se presentan en la siguiente tabla.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	99 / 115

**Tabla 12-58. Costos por restricción de la movilidad durante la fase de construcción en millones de pesos.**

Costos Ambientales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Costos por restricción a la movilidad	0	0	12,658	32,066	45,909	24,865	27,095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos en salud por la afectación de la calidad del aire	0	0	0	0	0	0	0	43	45	48	51	54	58	61	65	69	73	78	83	88	93	99	105	112	119	126
Costos por servicios ambientales del bosque	0	0	24	111	143	94	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos. Cálculos Valoración Económica Ambiental S.A.S.

La suma de costos de construcción y operación totales del proyecto asciende a 3.18 billones de pesos, estos costos analizados a precios cuenta ascienden a 2.42 billones de pesos. El valor presente neto con una tasa de descuento del 8.5% de los costos de construcción y operación a partir del 2011 y a precios cuenta es de 843,116.13 millones de pesos colombianos del 2011. Los costos por restricción a la movilidad durante la fase de construcción en valor presente, son de 110,809.78 millones de pesos colombianos del 2011. Los costos por servicios ambientales del bosque en valor presente son de 362.28 millones de pesos de 2011.

En cuanto a los beneficios del proyecto, se presenta en la siguiente tabla el flujo de beneficios por cada tema socioeconómico analizado.

**Tabla 12-59. Flujo de Beneficios por rubro del Proyecto en millones de pesos.**

Beneficios Ambientales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Ahorros en costos de transporte	0	0	0	0	0	70,420	76,735	259,705	282,996	308,375	336,030	366,165	399,003	434,785	473,777	516,265	562,564	613,014	667,990	727,895	793,172	864,304	941,815	1,026,277	1,118,313	1,218,604
DAP por confort	0	0	0	0	0	35,441	38,619	124,951	136,157	148,367	161,673	176,172	191,971	209,187	227,947	248,389	270,665	294,938	321,388	350,210	381,617	415,840	453,133	493,770	538,051	586,303
Aumento en el precio de la tierra	0	67,347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aumento en el precio de las viviendas	0	71,266	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disminución de la Accidentalidad	0	0	0	0	0	2,705	2,868	3,040	3,222	3,415	3,620	3,837	4,068	4,312	4,570	4,845	5,135	5,444	5,770	6,116	6,483	6,872	7,285	7,722	8,185	8,676
Transferencias por impuestos	0	102,532	509	1,782	1,540	700	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0


# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	100 / 115

Beneficios Ambientales	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Diferencial Salarial	0	0	1,329	4,651	4,018	1,826	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Plan 1%	0	4,323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Plan de Manejo Ambiental	0	0	0	0	0	0	17,766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferencias locales por uso de recursos	0	0	0	0	0	0	5,617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	0	245,468	1,838	6,434	5,558	111,091	141,645	387,696	422,375	460,158	501,323	546,174	595,041	648,284	706,294	769,499	838,364	913,396	995,148	1,084,221	1,181,273	1,287,017	1,402,232	1,527,768	1,664,549	1,813,583

Fuente: Concesión Ruta del Sol – Sector Dos. Cálculos Valoración Económica Ambiental S.A.S.

<b>Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7</b>					 <b>CONCESIONARIA</b> <b>RUTA DEL SOL</b> <small>S.A.S.</small> Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2
<b>CÓDIGO</b>	<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA APROBACIÓN</b>	<b>ACCESO</b>	<b>(HOJA / HOJAS)</b>	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	101 / 115	

La tabla anterior muestra que el flujo de beneficios es siempre creciente y para el último año de análisis alcanza 2.2 billones de pesos. El valor presente neto de estos beneficios con una tasa de descuento del 8.5% asciende a 5.7 billones de pesos colombianos del 2010. Los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 12-60. Indicadores de rentabilidad socioeconómica a una tasa de descuento del 8.5%.**

VP Beneficios del proyecto	VP Costos del proyecto	Valor Presente Neto (VPN)	Razón Beneficio Costo (RBC)
\$ 5,118,044,661,439	\$ 1,198,066,024,827	\$ 3,919,978,636,612	4.27

Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



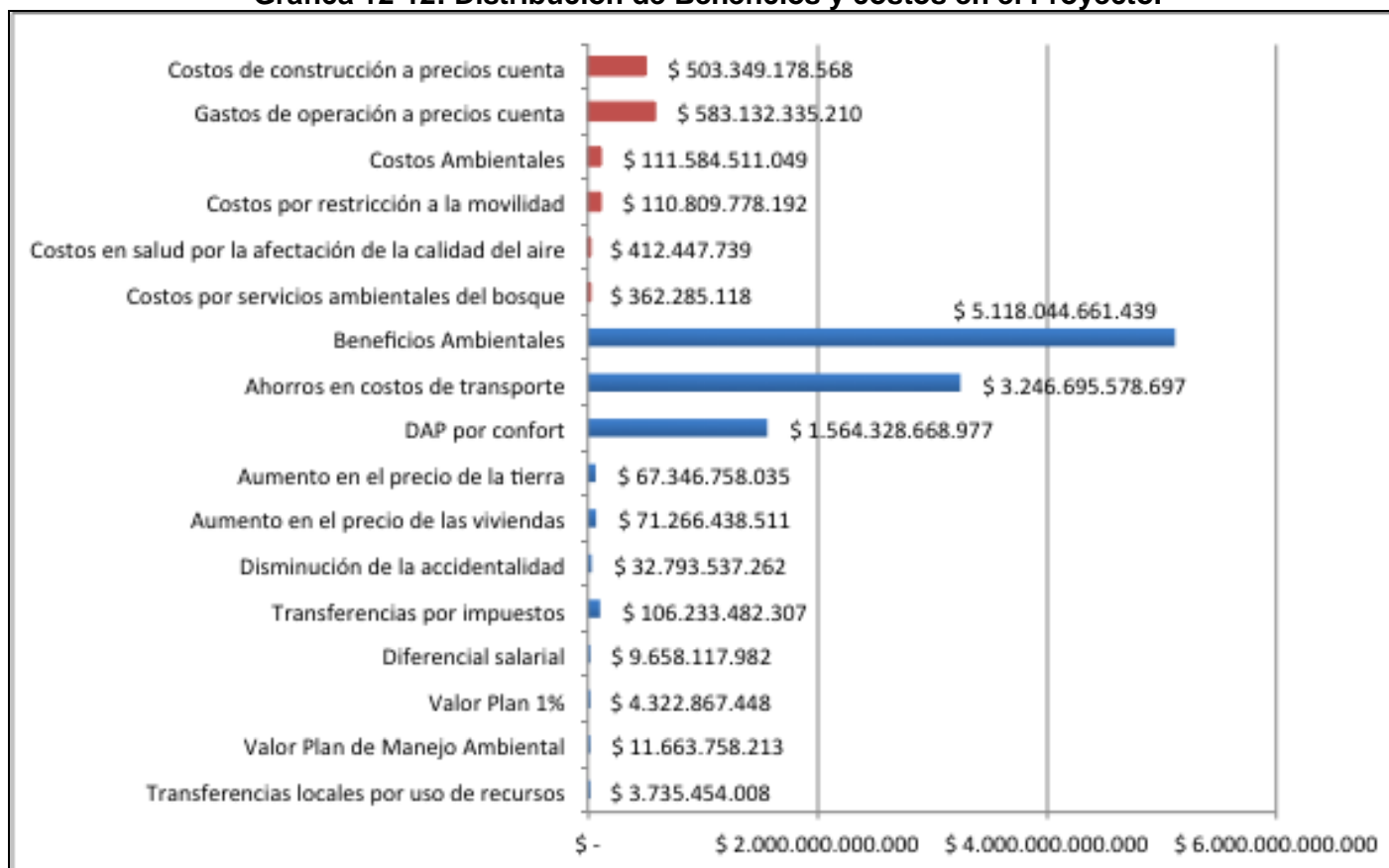
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	102 / 115

## 12.17 Conclusiones y recomendaciones.

El valor presente neto de los beneficios calculados del proyecto asciende a 5.12 billones de pesos. De estos beneficios el 63.4% está representado por el ahorro en los costos de transporte. Otro 30.6% está representado por la Disponibilidad a Pagar que tienen los usuarios de la vía por el mayor confort y el 6% restante corresponde a la suma de los beneficios por aumento de la propiedad de finca raíz, la disminución de la accidentalidad, las transferencias por impuestos, el diferencial salarial, las transferencias locales por uso de recursos y el valor del plan de manejo ambiental. Los costos totales del proyecto (incluidos los costos ambientales y sociales) ascienden a 0.95 billones de pesos, el 18.25% de los cuales tendrán lugar en la fase de construcción en el periodo 2012 a 2016.

La distribución del valor presente de cada uno de los flujos analizados se presenta en la siguiente gráfica:

**Gráfica 12-12: Distribución de Beneficios y costos en el Proyecto.**



Fuente: (Valoración Económica Ambiental S.A.S., diciembre 2011)

Para validar los resultados anteriores, es necesario realizar un análisis de la sensibilidad de los indicadores frente a cambios en los supuestos realizados durante la valoración de

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

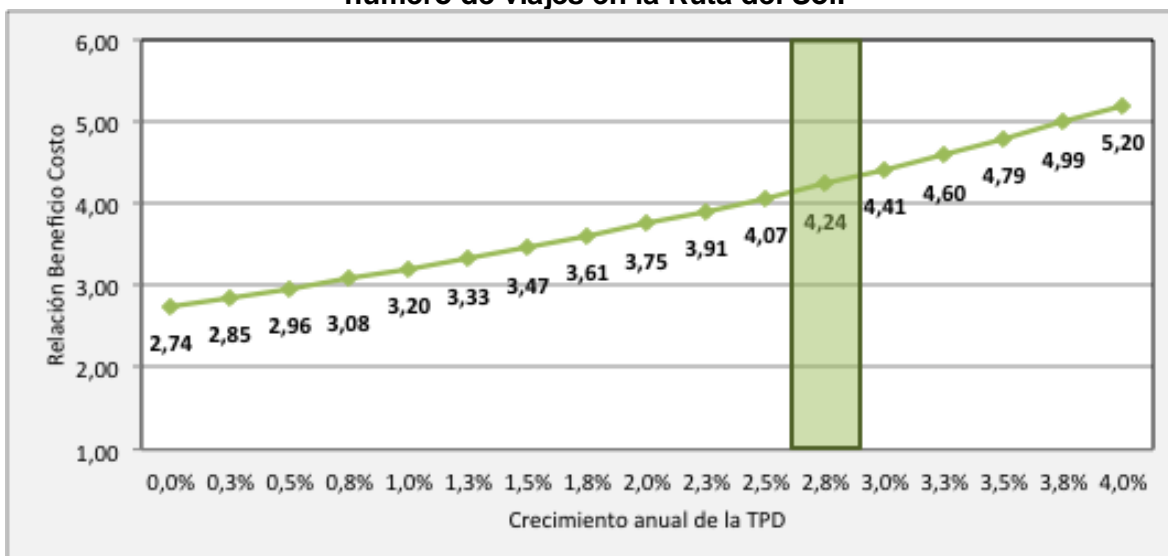


CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	103 / 115

los impactos. Este análisis se realizará sobre los flujos más representativos en la tabla anterior. Éstos son los *Ahorros en costos de transporte* y el *DAP por confort*. Adicionalmente, se realizará un análisis de sensibilidad sobre la tasa de descuento utilizada puesto que esta influye de manera crítica en el cálculo de los indicadores de rentabilidad socioeconómica del proyecto.

Para el análisis de sensibilidad frente a cambios en los ahorros de costos de transporte y al DAP por confort, se recalculó la razón beneficio costo frente a variaciones en el crecimiento anual de los volúmenes de tráfico en los tramos a licenciar. Cabe recordar que para la valoración de estos beneficios, se asumió un aumento anual del 2.8% en el número de viajes realizados en los tramos 2, 3, 4 y 7 de la Ruta del Sol – Sector 2. Los resultados de este análisis se presentan a continuación:

**Gráfica 12-13. Relación beneficio costo frente a cambios en el crecimiento anual del número de viajes en la Ruta del Sol.**



Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

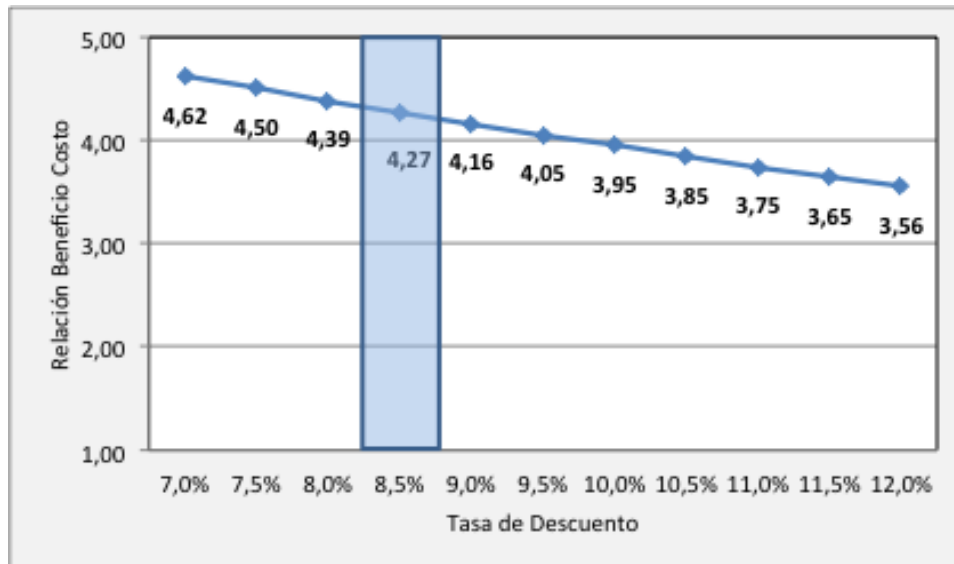
Vemos que para crecimientos anuales del tráfico promedio diario (TPD) entre el 0% y el 4%, la RBC varía desde 2.74 y 5.20, siempre superior a la unidad, por lo que concluimos que el proyecto es rentable socioeconómicamente y robusto ante variaciones en el crecimiento del TPD. Dado que los criterios de la RBC y el VPN son equivalentes omitiremos el análisis de sensibilidad del VPN, del cual se obtendrían las mismas conclusiones.

Los resultados del análisis de sensibilidad de la RBC frente a cambios en la tasa de descuento utilizada se presentan a continuación:

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	104 / 115

**Gráfica 12-14. Relación beneficio costo frente a cambios en la tasa de descuento.**




Fuente: Valoración Económica Ambiental S.A.S.

Vemos que para tasas de descuento entre el 7.0% y el 12.0%, la RBC varía entre 4.62 y 3.56. Dado que siempre está por encima de la unidad, concluimos que el proyecto es socioeconómicamente rentable y robusto frente a cambios en la tasa de descuento utilizada. Nuevamente, dado que los criterios de la RBC y el VPN son equivalentes omitiremos el análisis de sensibilidad del VPN, del cual se obtendrían las mismas conclusiones.

Así pues, teniendo en cuenta los resultados anteriores, se concluye que el proyecto es rentable socioeconómicamente y se recomienda su ejecución.



Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7				
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	105 / 115

### 13 Bibliografía.

- Campbell D., Tennant M. (2008). *The Impact of Transportation Improvements on Housing Values in the Lower Mainland and Fraser Valley*. Real Estate Investment Network.
- Adriaenssens, V., Baets, B. D., Goethals, P. L., & Pauw, N. D. (2004). Fuzzy Rule-based Models for Decision Support in Ecosystem Management. *The Science of the Total Environment*, 319(1-3), 1-12.
- AMBIOTEC LTDA. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental Primer proceso de Licenciamiento Ruta del Sol Tramo Dos*. Bogotá.
- Ambiotec Ltda. (2011). Capítulo 5: Evaluación Ambiental. In C. R. Sol, *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Ruta del Sol Sector 2, Segundo Proceso*. Bogotá.
- AMBIOTEC Ltda. (2011). *EIA paso vial Inspección de Puerto Libre*. Bogotá.
- Ashenfelter Orley . (2005). *Measuring the Value of a Statistical Life: Problems and Prospects*.
- Asia Development Bank. ( 2007). *Socioeconomic Effects of Road Improvements*.
- Basili, M., & Zappia, C. (2009). Shackle and Modern Decision Theory. *Metroeconomica*, 60(2), 245-282.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10, 80-87.
- Blaeij y otros. (2003). *The value of statistical life in road safety: A meta-analysis, accident analysis and prevention*.
- Boarnet y Otros. (2001). *News Highways, houses price and Urban development*.
- Boarnet, Marlon y otros . (2000). *New Highways, Urban Development, And Induced Travel*.
- Bojórquez-Tapia, L., Juárez, L., & Cruz-Bello, G. (2002). Integrating Fuzzy Logic, Optimization, and GIS for Ecological Impact Assessments. *Environmental Managment*, 30(3), 418-433.
- Caballero Quintero, Y. (2006). *Revista electrónica de difusión científica – Universidad Sergio Arboleda Bogotá – Colombia*. Retrieved 2010, from Valorización De La Tierra Rural En Colombia.
- Campos, A. d., & Mello, R. d. (2006). A Decision Support Method for Environmental Impact Assessment using a Fuzzy Logic Approach. *Ecological Economics*, 58(1), 170-181.
- Carpintero. (2005). *Infraestructuras de transporte y desarrollo económico*.
- Carriazo, F. (1999). *Impactos de la contaminación del Aire en el precio de la Vivienda*. Bogotá: UNIANDES.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL. (2003). *Ejemplo de cálculo de los daños ambientales*. Retrieved Mayo 20, 2011, from [http://www.eclac.org/publicaciones/xml/7/12707/lcmexg5e\\_TOMO\\_IVe.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/7/12707/lcmexg5e_TOMO_IVe.pdf)
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (N.A.). *Chapter 1: Data Envelopment Analysis, History, Models and Interpretations*. Retrieved 11 21, 2011, from [www.wpi.edu](http://www.wpi.edu): <http://users.wpi.edu/~jzhu/dea/hbchapter1.pdf>
- Department of Transportation (DOT). (2009). *Treatment of the Economic Value of a Statistical Life in Departmental Analyses – Annual Revision*.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	106 / 115

- Derycke, Pierre-Henri. (1971). *La economía urbana; Colección nuevo urbanismo*.
- European Investment Bank (EIB). (1998). *Contribution of major road and rail infraestructura projects to regional development*.
- Filippo, S., Martins, P., & Kahn, S. (2007). A Fuzzy Multi-Criteria Model applied to the Management of the Environmental Restoration of Paved Highways. *Transportation Research. Part D, Transport and Environment*, 12(6), 423-436.
- Fondo de Prevención Vial. (2002). *Ministerio de Transporte*. Retrieved Julio 1, 2010, from <http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/PDF/ACCIDENTALIDAD.pdf>
- Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez. (2010). *Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez*. Recuperado el 13 de Mayo de 2010, de <http://www.accionambiental.org/index.php>
- Gallego Losada, R., Alonso Neira, M. Á., & Pires Jiménez, L. (n.d.). *La ampliación del transporte público en Madrid y su impacto sobre el precio de la propiedad residencial: un análisis a partir del modelo de "precios hedónicos"*.
- Giuliano, G. (1989). *Research and Policy Review 27: New Directions for Understanding Transportation and Land Use*.
- Giuliano, G. (1995). *The Weakening Transportation-Land Use Connection*.
- Gobernación de Cundinamarca. (2006). *Análisis financiero e impacto socioeconómico del peaje Guayabal. Carretera por concesion Los Alpes-Villeta-Chuguacal-Cambao*.
- González, B., Adenso-Díaz, B., & González-Torre, P. (2002). A Fuzzy Logic Approach for the Impact Assessment in LCA. *Resources, Conservation and Recycling*, 37(1), 61-79.
- Goodland, R. (1995). The Concept of Environmental Sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26(Annual Reviews), 1-24.
- Gouvêa Campos, V. B., & Sampedro Tamayo, A. (n.d.). *Efecto de los elementos de la infraestructura viaria sobre la seguridad de la circulación*. Retrieved 2010, from [www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(1\).pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(1).pdf)
- Goyeneche, F. (2003). *Efecto de la Erosión en el Precio de la Tierra y sus implicaciones de Política*. Bogotá: UNIANDES.
- Hernandez Hernandez, D. (2004). *Impacto de las políticas de recuperación de cuerpos de agua sobre el valor del arrendamiento de la vivienda en Bogotá*. Bogotá.
- Hoesli, M., Thion, B., & Watkins, C. (1997). A Hedonic Investigation of the rental value of Apartments in Central Bordeaux. *Journal of Property Research*, 15-26.
- Huang, W. (1994). *The Effects of Transportation Infrastructure on Nearby Property Values: A Review of the Literature*. Institute of Urban and Regional Development (IURD) Working Paper #620.
- Hung, M.-L., Yang, W.-F., Ma, H.-W., & Yang, Y.-M. (2006). A Novel Multiobjective Programming Approach dealing with Qualitative and Quantitative Objectives for Environmental Management. *Ecological Economics*, 56(4), 584-593.
- Jaime Rueda, H. (2010). *Evaluación Socioeconómica Preliminar del Sector II del proyecto Ruta del Sol*. Bogotá.: Valoración Económica Ambiental S.A.S.
- Jaime Rueda, H., & Coronado Arango, H. (2009). *Valoración de Costos Ambientales Asociados al Transporte y Embarque del Carbón en Santa Marta*. Contraloría General de la República.
- Junta de Andalucía, Conserjería de Obras Públicas y Transportes, Sevilla. (2000). *Socio-Economic Benefits of the A92 Motorway in Spain - Research Report*.

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	107 / 115


- Klir, G., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Kraemer y Otros. (1991). *Elementos de Ingeniería de Tráfico*.
- Langley, Jr., C. J. (1981). *Highways and Property Values: The Washington Beltway Revisited*.
- Martínez, J. y otros. (2004). *El valor estadístico de la vida humana en España*.
- Medaglia, A. L., Fang, S.-C., Nuttle, H. L., & Wilson, J. R. (2002). An Efficient and Flexible Mechanism for Constructing Membership Functions. *European Journal of Operational Research*, 139(1), 84-95.
- Medaglia, A., Hueth, D., Mendieta, J. C., & Sefair, J. (2008). A Multiobjective Model for the Selection and Timing of Public Enterprise Projects. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(1), 31-45.
- Medina, S., & Moreno, J. (2007). Risk Evaluation in Colombian Electricity Market using Fuzzy Logic. *Energy Economics*, 29(5), 999-1009.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, d. C. (2003). *Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales*. Retrieved 11 10, 2011, from Sistema de Información Ambiental de Colombia: [http://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Uso%20de%20Recursos/Instrumentos%20economicos/20111007\\_guiavaloracion%20MAVDT%202003.pdf](http://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Uso%20de%20Recursos/Instrumentos%20economicos/20111007_guiavaloracion%20MAVDT%202003.pdf)
- Ministerio de Transporte. (2008). *Diagnóstico del Sector Transporte*. Bogotá.
- Obregón. (2008). *Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el "Eix Transversal de Catalunya" y la carretera MEX120 en México*.
- OMS. (2004). *INFORME MUNDIAL SOBRE PREVENCIÓN DE LOS TRAUMATISMOS CAUSADOS POR EL TRÁNSITO*.
- Peche, R., & Rodríguez, E. (2009). Environmental Impact Assessment Procedure: A New Approach based on Fuzzy Logic. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(5), 275-283.
- Pérez, M., García, C., & Sayer, J. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas. Revista científica y técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 81-90.
- Piepat, A. (2001). *Fuzzy Modeling and Control*. Heidelberg; New York: Physica Verlag.
- Riera, P. (2004). *El valor del tiempo de desplazamiento recreativo al campo español*.
- Ringuest, J. L., & Graves, S. B. (1989). The Linear Multi-Objective R&D Project Selection Problem. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 36(1), 54-57.
- Robusté, F. et al.: (2000). *Els comptes del transport de viatgers a la Regió Metropolitana de Barcelona ; Autoritat del Transport Metropolità*. Barcelona, España. .
- Rodríguez Hernández, R. (2007). Reestimación de la Tasa Social de Descuento en Colombia a Partir del Desarrollo de su Mercado de Capitales durante el Período 1995-2005. *Equidad y Desarrollo, Universidad de la Salle*, 55-81.
- Romero Hernández, M. (1999). Análisis Coste-Beneficio de un Proyecto de Inversión en Infraestructura de Carreteras. *Investigaciones Económicas, vol VVIII (2)*, 251-265.
- S. Clavijo, M. J., & Muñoz, S. (2004). Retrieved 2010, from LA VIVIENDA EN COLOMBIA: Sus Determinantes Socio-Económicos y Financieros.
- Salud Colombia. (2005). *Informe Especial. Colombia Lesiones y muertes en Accidentes de Tránsito*. Retrieved Junio 30, 2010, from <http://www.saludcolombia.com/actual/salud76/informe.htm>

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	108 / 115

- Sánchez Ordóñez, J. F. (2008). *www.mintransporte.gov.co/...vial/...ACCIDENTALIDAD\_VIAL/.../A\_Sem\_Internac.doc*. Retrieved 2010, from La evaluación de la consistencia del diseño geométrico de carreteras: un aporte a la seguridad vial.
- Shepard, R. B. (2005). *Quantifying Environmental Impact Assessments Using Fuzzy Logic*. New York: Springer.
- Sheppard, S. (1999). *Hedonic Análisis of Housing Markets*. Handbook of Regional and Urban Economics.
- Silvert, W. (1997). Ecological Impact Classification with Fuzzy Sets. *Ecological Modelling*, 96(1-3), 1-10.
- Silvert, W. (2000). Fuzzy Indices of Environmental Conditions. *Ecological Modelling*, 130(1-3), 111-119.
- Steer Davies Gleave. (2009, Febrero). *Estudio de demanda*.
- Steer Davies Gleave. (2009, Julio). *Análisis Costo - Beneficio de alternativas del nuevo corredor Tobiagrande/Villeta – Puerto Salgar*.
- Superintendencia Nacional de Salud. (2002, Febrero). *Manual preguntas sobre derechos y deberes del régimen contributivo del sistema general de seguridad social en salud*.
- The MathWorks™. (2010, March). *Fuzzy Logic Toolbox: User's Guide*. Retrieved April 2010, from The MathWorks™: [http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/fuzzy/fuzzy\\_product\\_page.html](http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/fuzzy/fuzzy_product_page.html)
- Universitat de Valencia, Aumar e Instituto de Economía Internaciónal. (2000). *"Valoración Económica de los Efectos de la Autopista A7 en la Comunidad Valenciana"*.
- Valoración Económica Ambiental S.A.S. (2011).
- Valoración Económica Ambiental S.A.S. (2010). *Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental*. Bogotá.
- Valoración Económica Ambiental S.A.S. (2011).
- Valoración Económica Ambiental S.A.S. (2011a). *Determinación de las Disponibilidades a Pagar por Mejoras en la Vía Existente, Construcción de la Segunda Calzada y Variantes en los Pasos Urbanos de la Ruta del Sol Sector Dos (Puerto Salgar – San Roque)*. Bogotá.
- Valoración Económica Ambiental S.A.S. (diciembre 2011). *Cálculos de*.
- Vitousek, P. (1994, October). Beyond Global Warming: Ecology and Global Change. *Ecology*, 75(7), 1862-1876.
- Yen, J., & Langari, R. (1999). *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Young, R. A. (2001). *Uncertainty and the Environment: Implications for Decision Making and Environmental Policy*. Northampton: Edward Elgar Publishing Limited.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information And Control*, 8(3), 338-353.
- Ministerio de Transporte. (2008). *Diagnóstico del Sector Transporte*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (2005). *Caracterización del Transporte en Colombia Diagnostico y Proyectos de Transporte e Infraestructura*. Bogotá.
- Documento Conpes 3571. (2009). *IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PROYECTO VIAL "AUTOPISTA RUTA DEL SOL"*. Bogotá.
- Anuario Estadístico del transporte. (2009). Ministerio de Transporte. Bogotá.

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	109 / 115	

Steer Davies Gleave. (2008, Noviembre). *Estudio de demanda-Anexo A.*

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	110 / 115

## 14 Anexos.

### Anexo 1. Variación diaria del tránsito en la ruta del sol.

ESTACIÓN	RAMAL	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	Promedio
HONDA	BOGOTÁ	4106	5085	5232	5342	5940	5969	5472	5307
	DORADA	4646	5944	6200	6524	7109	6307	6518	6178
CAÑO ALEGRE	BOGOTÁ	3941	5101	5507	5586	5731	5384	5610	5266
	STA MARTA	2722	3184	3653	3603	3540	3551	3781	3433
PUERTO OLAYA	BOGOTÁ	2108	2327	2745	2877	2682	2735	2962	2634
	STA MARTA	2355	3010	3577	3609	3476	4010	3815	3407
LA LIZAMA	BOGOTÁ	1969	2712	3115	3206	2996	2927	3200	2875
	STA MARTA	3830	4751	5381	5386	5760	5560	4775	5063
SAN ALBERTO	BOGOTÁ	2618	3242	3174	3856	3889	3302	3279	3337
	STA MARTA	3815	4814	5270	5434	5070	4484	4961	4835
BOSCONIA	BOGOTÁ	5794	6527	6954	7605	7487	5776	4451	6371
	STA MARTA	5273	4930	5532	5725	5740	3956	3461	4945
Y DE CIÉNAGA	BOGOTÁ	6389	6894	7245	7192	6553	4257	3497	6004
	STA MARTA	9062	9995	9352	9582	9552	5802	5605	8421

Fuente: Steer Davies Gleave

CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	111 / 115

Anexo 2. Matriz vehículos livianos hora máxima demanda día típico.

Origen\Dtno	Bogotá	0.00%	1.73%	0.11%	0.14%	0.31%	1.29%	3.02%	0.10%	1.53%	0.43%	0.55%	0.38%	0.15%	0.00%	0.80%	0.88%	0.03%	0.62%	0.00%	0.11%	0.04%	0.11%	0.00%	0.07%	0.00%	0.23%	0.04%	0.00%	12.63%
	P Boyacá	1.68%	0.06%	0.04%	0.00%	0.00%	1.75%	0.08%	2.37%	0.00%	0.13%	0.08%	0.08%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.00%	0.23%	0.00%	0.13%	0.00%	0.13%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	9.38%
	Norte Cesar	0.37%	1.52%	0.28%	3.39%	0.62%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.63%	0.58%	0.00%	0.03%	0.00%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.10%
	AMVA	6.67%	0.32%	0.19%	0.09%	0.00%	0.10%	0.00%	0.24%	0.10%	0.00%	0.35%	0.16%	0.15%	0.00%	0.69%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.05%	0.00%	0.04%	0.00%	0.15%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	8.93%
	Dr M/lena	0.94%	3.24%	0.89%	1.02%	0.23%	0.00%	0.03%	0.04%	0.00%	0.00%	0.12%	0.49%	0.00%	0.00%	0.70%	0.33%	0.00%	0.00%	0.04%	0.10%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.74%
	Sur Cesar	0.03%	0.10%	0.75%	1.17%	3.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.77%	0.00%	0.00%	0.46%	0.06%	0.04%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.23%
	Occ Stder	0.36%	0.99%	0.29%	0.41%	0.90%	0.12%	0.28%	0.23%	0.00%	0.00%	0.07%	0.10%	0.00%	0.00%	0.45%	0.67%	0.29%	0.04%	0.48%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.93%
	Dorada	0.64%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	2.01%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.33%	0.66%	0.28%	0.00%	0.55%	0.05%	0.05%	0.55%	0.25%	0.45%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	5.28%
	Guajira	1.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	2.11%	0.16%	0.14%	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	4.36%
	Atlántico	1.15%	0.40%	0.73%	0.65%	1.09%	0.00%	0.08%	0.15%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.54%
	Norte Stnder	0.34%	0.06%	1.34%	0.21%	1.06%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.40%
	Torima-Amazonia	0.43%	0.15%	0.30%	0.12%	0.03%	0.15%	0.21%	0.25%	0.03%	0.65%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.88%	0.14%	0.00%	0.23%	0.63%	0.05%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.94%
	Ele Cafetero	1.06%	0.00%	0.14%	0.00%	0.21%	0.31%	0.00%	0.15%	0.00%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.05%	0.00%	0.14%	0.04%	0.07%	0.10%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.35%
	Bolivar	1.35%	0.28%	0.10%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.35%
	Dr Ant	0.06%	0.05%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.99%	0.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.23%
	Honda	0.48%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.15%	0.04%	0.00%	0.13%	0.00%	0.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.63%
	Berrio-Triunfo	0.29%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.39%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.34%
	Pacifico	0.10%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%	0.03%	0.16%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.17%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.13%
	C/marca	0.06%	0.06%	0.04%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.51%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.94%
	Cordoba-Sucre	0.03%	0.00%	0.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.94%
	M/lena	0.00%	0.35%	0.00%	0.14%	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.59%
	Boyacá	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.53%
	Orinoquia	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.49%
	Occ Atlántico	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%
	Guajira	0.00%	0.00%	0.00%	0.05%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.14%
	Venezuela	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%
	Total	18.19%	9.70%	7.62%	7.52%	71.77%	6.22%	5.46%	4.77%	4.58%	3.71%	5.53%	3.46%	3.27%	2.59%	2.21%	1.99%	1.84%	1.40%	1.00%	0.84%	0.36%	0.50%	0.46%	0.43%	0.36%	0.43%	0.36%	0.18%	100.00%

Fuente: Steer Davies Gleave

# Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7



CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	112 / 115


## Anexo 3. Matriz Camiones pequeños hora máxima demanda día típico.

Origen\ Dto	Bogotá	Or M/lana	Or Snder	Norte Cesar	Atlántico	Occ Snder	AMVA	Sur Cesar	Dorada	P Boyacá	Tolima-Amazonia	Norte Snder	Guaviya	Bolívar	Paçifico	Eje Cafetero	C/marca	Berrio-Triumfo	M/lana	Honda	Boyacá	Córdoba-Sucre	Guajiña	Occ Ant	Or Ant	P Salgar	Orinequía	Total
	10.13%	0.38%	1.27%	0.00%	0.00%	0.13%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.35%	
	0.00%	0.68%	0.19%	0.61%	2.36%	0.85%	1.26%	0.12%	0.42%	0.23%	0.36%	0.28%	0.28%	0.18%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	11.59%	
	0.77%	0.65%	0.13%	0.72%	0.74%	2.04%	0.49%	1.25%	0.26%	0.16%	0.28%	0.68%	0.00%	0.38%	0.53%	0.14%	0.00%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.90%	
	0.41%	4.24%	0.47%	1.28%	1.00%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.00%	0.16%	0.11%	0.65%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.46%	
	3.40%	0.12%	0.29%	0.33%	0.11%	0.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.55%	0.00%	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.00%	0.20%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	7.00%	
	0.00%	0.90%	0.38%	2.79%	1.61%	0.00%	0.25%	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.36%	0.00%	0.09%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.96%	
	1.06%	0.00%	1.72%	0.00%	0.38%	0.81%	0.33%	0.11%	0.33%	0.09%	0.22%	0.00%	0.00%	0.19%	0.00%	0.13%	0.00%	0.26%	0.00%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.84%	
	2.69%	0.33%	0.32%	1.28%	0.00%	0.00%	0.07%	0.22%	0.00%	0.00%	0.22%	0.00%	0.10%	0.00%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.81%	
	0.38%	0.05%	0.26%	0.12%	0.31%	0.06%	0.44%	0.18%	0.69%	0.46%	0.00%	0.00%	0.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.20%	0.17%	0.12%	0.00%	0.37%	0.06%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	4.09%	
	0.05%	0.00%	1.29%	0.29%	0.35%	0.29%	0.00%	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.74%	
	0.08%	0.29%	0.25%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.67%	0.00%	0.00%	0.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.43%	0.73%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.99%	
	0.40%	0.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.59%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.26%	0.21%	0.24%	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	2.64%	
	0.22%	0.00%	0.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.14%	0.3%	0.00%	0.85%	0.00%	0.65%	0.09%	0.31%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.37%	
	0.00%	0.14%	0.64%	0.40%	0.13%	0.30%	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.22%	
	0.21%	0.00%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.83%	0.60%	0.00%	0.11%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.16%	
	1.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	0.20%	0.00%	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.12%	
	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.31%	0.09%	0.62%	0.08%	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.00%	0.10%	0.00%	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.92%	
	0.14%	0.00%	0.34%	0.00%	0.00%	0.78%	0.00%	0.00%	0.11%	0.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	1.83%	
	0.00%	0.40%	0.50%	0.00%	0.12%	0.00%	0.14%	0.10%	0.00%	0.00%	0.13%	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.49%	
	0.00%	0.09%	0.00%	0.08%	0.21%	0.43%	0.04%	0.08%	0.00%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.27%	
	0.34%	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%	0.33%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.03%	
	0.33%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.54%	
	0.00%	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.46%	
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.38%	
	0.00%	0.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.34%	
	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.21%	
	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.19%	
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	
	22.30%	8.67%	8.46%	8.34%	6.61%	6.38%	5.39%	4.58%	3.81%	3.17%	3.02%	2.52%	2.24%	2.21%	2.16%	2.04%	1.52%	1.27%	1.19%	1.06%	0.81%	0.58%	0.41%	0.37%	0.34%	0.31%	100.00%	


Fuente: Steer Davies Gleave





Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7					 <p>CONCESIONARIA <b>RUTA DEL SOL</b> S.A.S.</p> <p>Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2</p>
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO	(HOJA / HOJAS)	
	00	Diciembre-2011	Sin restricción	114 / 115	

**Anexo 5. Informe de Recolección de Información Primaria.**

Estudio de Impacto Ambiental – EIA Tramo 2, 3, 4 y 7				 <b>CONCESIONARIA</b> <b>RUTA DEL SOL</b> <small>S.A.S.</small> Proyecto Vial Ruta del Sol Sector 2	
CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA APROBACIÓN	ACCESO		(HOJA / HOJAS)
	00	Diciembre-2011	Sin restricción		115 / 115

**Anexo 6. Informe de Estimación de DAP's.**