

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS
ÉNFASIS EN FINANZAS

MODELO DE VALORACIÓN DE ACTIVOS PUBLICOS EN
CARRETERAS

Informe de Práctica Profesional para obtener el grado de Master en Administración de Empresa,
con énfasis en finanzas

Realizado por:

JOSE PABLO SIBAJA SABORIO

AGOSTO 2003

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a mis
padres por todo su apoyo, a la gente del LANAMME,
a todas las instituciones y personas que
colaboraron en la elaboración de este trabajo
y a Dios por todo su apoyo

Esta Práctica Profesional fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Master en Administración de Empresas, con énfasis en finanzas.

M.B.A. Marco Morales Zamora

M.Sc. Rídiguer Artavia Barboza

M. Sc. Marcos Rodríguez Mora

M.Sc. Héctor González Morera

Ing. José Pablo Sibaja Saborío

ESQUEMA DEL INFORME

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO.....	ii
HOJA DE APROBACIÓN.....	iii
RESUMEN.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi

INTRODUCCIÓN.....	1
--------------------------	----------

CAPÍTULO I :EL ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS PARA LA EVALUACIÓN DE ACTIVOS PÚBLICOS EN CARRETERAS

1.1 Valoración de proyectos en carreteras	10
1.2 Costos derivados de la construcción de carreteras.....	12
1.2.1 Costos asociados a los proyectos de construcción de obras de infraestructura vial.....	12
1.2.2 Consideraciones especiales para la determinación de los costos en proyectos de carreteras	14
1.3 Beneficios para el usuario y el Estado de la construcción de carreteras	17
1.3.1 Análisis de beneficio de carreteras en el Reino Unido.....	17
1.3.2 Modelo de beneficios de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos	20
1.3.3 Análisis de beneficios de proyectos de carreteras en Costa Rica.....	20
1.3.4 Enfoque canadiense de los beneficios a los usuarios de las carreteras	27
1.4 El VAN, el TIR y la razón Costo - Beneficio	28

CAPÍTULO II :LAS INVERSIONES EN CARRETERAS EN COSTA RICA

2.1 Reseña histórica del sector de infraestructura en carreteras en nuestro país.....	32
2.2 Importancia de la infraestructura vial en Costa Rica	34
2.3 Problemática de la infraestructura vial en Costa Rica.....	41

CAPÍTULO III : EL LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, ENTE FISCALIZADOR DE LAS OBRAS VIALES EN COSTA RICA

3.1 Reseña histórica del LANAMME	47
3.2 Labor asignada al LANAMME por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria	50
3.3 Importancia para el LANAMME de un modelo de valoración de activos públicos en carreteras	57

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO UTILIZADAS EN COSTA RICA

4.1 Costos involucrados en el caso del proyecto de construcción de la carretera nacional San José – Caldera	73
A. Costos de construcción	74
B. Costos de Mantenimiento y operación.....	76
4.2 Beneficios involucrados en el caso del proyecto de construcción de la carretera nacional San José – Caldera.....	77
4.3 El VAN, el TIR y la razón Costo Beneficio.....	78

CAPÍTULO V: MODELO PROPUESTO DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA NACIONAL SAN JOSÉ – CALDERA

5.1 Diagnóstico de los costos involucrados en el proyecto.....	83
5.1.1 Modelo de deterioro del pavimento	84
5.1.2 Costos de construcción y rehabilitación iniciales de la obra.....	93
5.1.3 Política de mantenimiento.....	93
5.1.4 Costos de las alternativas de mantenimiento y conservación de la obra.....	94
5.2 Diagnóstico de los beneficios involucrados en el proyecto	102
5.2.1 Ahorro de tiempo de los usuarios y costo de operación de los vehículos	103
5.2.2 Costo de accidentes	109

5.2.3 Costos medioambientales.....	110
5.2.4 Costos sociales o beneficios a la zona.....	113
5.3 Flujos de efectivo proyectados.....	114
5.4 El valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), y la razón costo – beneficio (C/B).....	115
5.5 Análisis de escenarios de diferentes alternativas para el desarrollo del proyecto.....	117
CONCLUSIONES.....	120
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFIA.....	127
ANEXO 1.....	132
ANEXO 2.....	142
ANEXO 3.....	144
ANEXO 4.....	148
ANEXO 5.....	167
ANEXO 6.....	171

Sibaja Saborío, José Pablo

Modelo de valoración de activos públicos en carreteras

Proyecto Final de Graduación – Maestría en Administración de Empresas con énfasis en finanzas
- San José, C. R.

J.P. Sibaja S., 2003

138 h: 13 ils. –36 refs.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo proponer un modelo de valoración de activos públicos, específicamente carreteras, para el cual se utiliza el proyecto de construcción de la carretera San José – Caldera (ruta 27). Se efectúa un análisis de la situación de la infraestructura vial en nuestro país, en cuanto a su importancia y a su problemática actual, para este fin se incorporan datos del presupuesto nacional dedicado la infraestructura vial y a su importancia con respecto al producto interno bruto (PIB). En cuanto a la problemática, se destaca el deterioro que sufre, mediante indicadores como el índice de regularidad internacional (IRI), además de otros datos de accidentes y crecimiento de la flota vehicular. Dentro del análisis, se incluye al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) y su importancia como ente fiscalizador de las obras viales de nuestro país, para además poner de manifiesto, la importancia que podría tener el modelo de valoración dentro de las labores asignadas a este laboratorio, por parte del Estado. Con respecto al proyecto San José – Caldera, se realiza un diagnóstico de la metodología utilizada por la Dirección General de Planificación (DGP) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), para realizar la valoración económica del proyecto; en esta sección se discute la consideración de los costos, los beneficios y los indicadores involucrados en esta valoración. Por último se plantea un modelo de valoración de proyectos de carreteras, con el uso del caso de la ruta 27.

Mediante la investigación de campo, se logró recopilar información sobre las nuevas tendencias en valoraciones económicas de carreteras, las inversiones en infraestructura de carreteras en nuestro país, el LANAMME y el modelo utilizado por la DGP para evaluar la ruta 27. Además se

establece un modelo para realizar las valoraciones antes mencionadas, con datos reales del proyecto, cuantificando los costos y beneficios del mismo, para dar como resultado, la valoración mediante indicadores financieros de la rentabilidad para los costarricenses de realizar tal inversión.

El modelo propuesto viene a llenar muchos vacíos conceptuales que tienen los actuales modelos utilizados, además se evidencia, debido a la falta de datos actuales y precisos, el poco interés que tienen las autoridades responsables, de realizar este tipo de estudios. El modelo propuesto, es fácil de utilizar y sirve como una referencia rápida para la toma de decisiones, además evita tener que manejar la gran cantidad de información que tienen otros modelos. J.P.S.

COSTO, BENEFICIO, RENTABILIDAD, CARRETERAS, INVERSIÓN PÚBLICA,
VALORACIÓN DE ACTIVOS PÚBLICOS

M.Sc. Rídiguer Artavia Barboza

Programa de Posgrado en Administración y Dirección de Empresas

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: EJEMPLO DE CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD.....	13
TABLA 2: INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA COMO PORCENTAJE DE LA INVERSIÓN PÚBLICA Y DEL PIB.....	36
TABLA 3: ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL 1999.....	41
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES Y TRAMOS DEL PROYECTO.....	67
TABLA 5: ANÁLISIS COMPARATIVO DE RUTAS ALTERNAS.....	68
TABLA 6: TRÁFICO PROYECTADO PARA EL PROYECTO CIUDAD COLÓN – OROTINA.....	69
TABLA 7: DIFERENTES POLÍTICAS O ESTRATEGIAS, DE ACUERDO A LOS TRAMOS Y SECCIONES DEL PROYECTO.....	71
TABLA 8: COSTOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN.....	75
TABLA 9: COSTOS ESTIMADOS DE ACTIVOS DEPRECIABLES.....	75
TABLA 10: COSTOS ESTIMADOS DE INVERSIÓN.....	76
TABLA 11: COSTOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO ANUAL.....	76
TABLA 12: COSTOS ESTIMADOS DE OPERACIÓN ANUAL.....	77
TABLA 13: FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA CON EL VALOR DE CONGESTIONAMIENTO CONSIDERADO.....	81
TABLA 14: FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA CON EL VALOR DE CONGESTIONAMIENTO SIN CONSIDERAR.....	82
TABLA 15: ESPESORES DE ELEMENTOS DE LA CARRETERA UTILIZADOS EN EL MODELO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO.....	88
TABLA 16: COSTO TOTAL DE LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA, APLICANDO UNA CARPETA EXTRA.....	97
TABLA 17: COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA DEL PROYECTO, APLICANDO BACHEO.....	98
TABLA 18: COSTOS TOTALES DURANTE EL PERIODO DE ANÁLISIS.....	101
TABLA 19: COEFICIENTES PARA LA ECUACIÓN QUE RELACIONA LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS CON EL IRI.....	104

TABLA 20: RESULTADO DE LOS INDICADORES FINANCIEROS APLICADOS AL PROYECTO VIAL SAN JOSÉ – CALDERA.....	116
TABLA 21 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA CADA UNO DE LOS BENEFICIOS EN CADA UNO DE LOS SEGMENTOS ESTUDIADOS.....	118

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: : COMPARACIÓN DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL IRI.....	14
FIGURA 2: ESQUEMA DE MUERTOS EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO SEGÚN EL ROL DEL USUARIOS.....	43
FIGURA 3: COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO SAN JOSE – CIUDAD COLON.....	89
FIGURA 4: COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO SAN JOSE – CIUDAD COLON.....	90
FIGURA 5: COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO CIUDAD COLON - OROTINA.....	90
FIGURA 6: COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO CIUDAD COLON - OROTINA.....	91
FIGURA 7: COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO OROTINA - CALDERA.....	91
FIGURA 8: COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO OROTINA - CALDERA.....	92
FIGURA 9: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: VEHÍCULOS LIVIANOS.....	105
FIGURA 10: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: AUTOBUSES.....	105
FIGURA 11: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE DOS EJES.....	106
FIGURA 12: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE TRES EJES.....	106
FIGURA 13: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE CINCO EJES.....	107

INTRODUCCIÓN

Mucha de la infraestructura de carreteras en nuestro país no se encuentra en las mejores condiciones de funcionamiento. Este es uno de los factores donde el Estado debe concentrar esfuerzos, para garantizarle a sus ciudadanos una calidad de vida mejor y aprovechar los recursos de una manera eficiente; además su infraestructura en carreteras debe convertirse en una fortaleza que podría servir para atraer más inversión extranjera directa (IED), con el fin de aumentar los recursos económicos del país.

Los bienes de uso público como las carreteras, deben mantenerse en buen estado, para que sirvan de la mejor manera posible su función primordial de transporte de personas y carga hacia los diferentes puntos de la geografía del país.

Actualmente las carreteras son empleadas sin la debida planificación que requiere la administración moderna y, por el contrario, se gastan recursos públicos en obras inconclusas, de mala calidad, con pobre control sobre los materiales, entre otros.

La inversión pública en carreteras en nuestro medio, no se realiza de una forma planificada, ni bajo el concepto financiero de obtener el mayor rendimiento de dicha inversión. Si bien es cierto se realizan análisis de rendimiento, éstos no se llevan a la práctica en el momento de construir los proyectos. Parte de esta falta de planificación se observa cuando se conoce que el Estado debe gastar \$5477 millones en corregir diferentes errores en los proyectos viales (La Nación, Lunes 24 de febrero de 2003: Pág. 4A).

Los recursos que aportan los ciudadanos en nuestro país, no se ven reflejados en el estado de las carreteras nacionales, donde para cualquier usuario es evidente el deterioro de algunas vías y la poca duración que tienen las obras en otros casos.

De esta forma, los administradores del Estado, no optimizan los limitados recursos y, por el contrario, se desperdician y no aseguran que éstos cumplan con el objetivo de mantener los caminos y carreteras en buen estado. Como síntoma de lo anterior se puede observar el estado

actual de deterioro de las carreteras, obras con poca vida útil y la fuerte presión por parte del Estado de conseguir financiamiento para la construcción y mantenimiento de las carreteras.

El financiamiento de obras puede ser con recursos propios del Estado, financiamiento externo, inversión privada o una mezcla de éstos. Para el caso de financiamiento externo con bancos de desarrollo (BID, Banco Mundial), se debe demostrar el rendimiento del proyecto, incluyendo beneficios sociales; por lo que el análisis de rentabilidad debe reflejar las condiciones más cercanas a la realidad nacional.

Realmente en Costa Rica la metodología para establecer el valor de los activos públicos en carreteras consiste en un análisis con ayuda del programa *Highway Design and Maintenance* (HDM); el cual no contempla diferentes variables como la seguridad de los ciudadanos y el impacto en las zonas aledañas a los proyectos de infraestructura vial; por otra parte, las variables que incluye no se adaptan a la realidad nacional; como por ejemplo consideraciones sobre el valor del tiempo para los usuarios de carreteras, sumado a lo anterior tampoco se ha hecho un estudio sobre la tasa de descuento apropiada para traer a valor actual neto los flujos, y entonces se utiliza una tasa de referencia que se recomendaba internacionalmente hace diez años (12%).

Los activos en carreteras deben ser tratados como cualquier otro activo de una empresa, y tratar de obtener el mayor rendimiento de los mismos, teniendo en cuenta el beneficio social que aportan a la comunidad en general.

En otros países se ha desarrollado una metodología de valoración de activos de uso común, como las carreteras; y se pone en práctica cada vez que se realizan inversiones privadas o estatales en infraestructura de transporte.

En este proyecto se propuso la utilización de una metodología financiera en el uso de los recursos, que garantice en gran parte que las decisiones que se toman, conlleven cierto proceso de análisis y planificación y que estas decisiones garanticen el correcto uso de los activos de uso común.

Con el presente trabajo se pretendió desarrollar una metodología para la valoración de los activos públicos en carreteras; que incluye la identificación y cuantificación de las variables que contempla dicha valoración. Además se complementó el estudio con una metodología para optimizar los recursos y que sirva para la toma de decisiones planificadas en materia de inversiones en infraestructura de carreteras.

La valoración incluye tomar en cuenta todos los costos relacionados con la construcción y mantenimiento de carreteras, además de cuantificar todos los beneficios asociados a la misma construcción. Estos datos se analizan mediante una metodología costo-beneficio y un análisis del valor actual neto de dichas obras.

De esta manera, se obtiene como resultado la valoración de los proyectos para poder hacer un uso más eficiente de los recursos y priorizar las opciones financieramente más viables.

Además, se pueden obtener otros beneficios como son determinar el momento adecuado de realizar inversiones, identificar factores o beneficios manejables, para aumentar el valor actual neto de los activos.

Otra herramienta muy útil y que se utilizó para este tipo de análisis, es un estudio de sensibilidad, para someter el proyecto a diferentes situaciones y cuantificar su comportamiento.

El análisis planteado se realizó con el proyecto San José – Caldera, pero podría utilizarse en futuros proyectos de infraestructura de carreteras.

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), ha sido facultado por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria para fiscalizar la calidad de la infraestructura en carreteras de nuestro país.

Específicamente, su labor consiste en auditar desde el punto de vista técnico, diferentes actividades del proceso de inversión en infraestructura: proyectos terminados, obras por comenzar y en proceso, plantas asfálticas, laboratorios de control de calidad; entre otros.

De esta forma, se maneja un punto de vista técnico ad hoc del proceso de la construcción de la infraestructura de carreteras.

La vinculación directa con el sector vial del país a través del LANAMME, es la principal motivación profesional para proponer una metodología y propuesta de mejora de uso de los recursos invertidos en carreteras.

Si bien es cierto, el aspecto técnico-constructivo de las carreteras debe ser analizado con detalle para detectar posibles oportunidades de mejora; el aspecto financiero y de uso de los recursos también es un tema que debe ser tomado en cuenta para mejorar las actividades constructivas de carreteras en nuestro país.

Además, debido a la importancia del sector vial para nuestro país, es que se deben buscar diferentes opciones para su mejora continua; por lo tanto se propuso un proyecto que pueda contribuir a este sector.

Delimitando el alcance del proyecto, éste se concentró en realizar la valoración de una carretera, la obra San José - Caldera en Costa Rica; incluyendo todas las variables que conlleva un proyecto de este tipo; pero se desarrolló una metodología estandarizada que se pueda utilizar en la valoración de cualquier infraestructura de carreteras del país.

Este tipo de metodología ha sido poco estudiada en el país y la bibliografía en nuestro medio es casi inexistente. Debido a lo anterior, es que se debió recurrir a fuentes de información de otros países, en donde dichos estudios se han realizado con mayor detalle.

Otra de las limitaciones del estudio consistió en cuantificar económicamente los beneficios obtenidos por la construcción de una carretera, debido a que éstos muchas veces incluyen variables sociales como la comodidad y la seguridad.

Con el presente proyecto se obtuvo una herramienta útil, que puedan utilizar todos los sectores tanto público como privado involucrados en las inversiones en infraestructura en el país, con el

fin de obtener la mejor rentabilidad de tales proyectos y el consecuente beneficio para la sociedad costarricense.

El objetivo principal de este proyecto es establecer un modelo de valoración de activos públicos en carreteras aplicándolo al proyecto de construcción de la ruta nacional San José – Caldera, con el fin de diseñar propuestas para obtener la mejor rentabilidad de estos activos y optimizar el uso de los recursos públicos, este modelo es de utilidad para el LANAMME, debido a la labor que le ha sido asignada por el Estado, mediante la Ley de Simplificación Tributaria, de velar por la calidad de las obras de infraestructura vial que se construyen en Costa Rica, ya que el análisis de carreteras va más allá del aspecto técnico y constructivo e involucra aspectos financieros.

Entre los objetivos específicos tenemos:

- Exponer los análisis de costos y beneficios involucrados en los proyectos de carreteras, esto incluye a los indicadores de rentabilidad VAN, TIR y razón costo – beneficio. Se describen las tendencias actuales de valoración de activos públicos en infraestructura vial.
- Describir la situación de la infraestructura de carreteras en Costa Rica, tanto en su importancia para el país, como en su problemática.
- Describir la labor realizada por el LANAMME en el aseguramiento de la calidad de las obras viales del país y destacar la importancia que tendría para su labor, la realización de análisis económicos de proyectos viales.
- Describir y analizar los modelos de valoración de activos en carreteras en Costa Rica, con el caso del proyecto de construcción de la ruta 27: San José – Caldera.
- Proponer un modelo para la valoración de los proyectos de construcción vial en Costa Rica y aplicarlo a la ruta nacional San José – Caldera.

La metodología utilizada en este Proyecto de Graduación, se detalla a continuación para cada uno de los capítulos del mismo.

La investigación para el capítulo I, es en primera instancia exploratoria, para familiarizarse con la temática de los análisis costo – beneficio y su aplicación a proyectos de infraestructura vial.

Posteriormente se pasa a la fase de la investigación descriptiva, donde el objetivo es explicar con más detalle las características de los costos y los beneficios implicados en la valoración de activos fijos en carreteras, además de los indicadores para permitir definir la rentabilidad social de los proyectos viales (VAN, TIR, radio costo – beneficio).

El método utilizado en este capítulo es deductivo; pues se basa en situaciones específicas acerca de la metodología costo – beneficio y sus dos componentes como son los costos y los beneficios, todo explicado por un marco teórico general.

La principal técnica utilizada para complementar este capítulo, consiste en la investigación o revisión documental de lo que se ha escrito acerca de los análisis costo – beneficio y las ventajas y desventajas de su uso. También se desglosa cada etapa del análisis como son el análisis de los costos y el de los beneficios.

La información es recopilada en resúmenes que posteriormente son ordenados con una secuencia lógica.

Los indicadores en este capítulo son conceptos generales de la metodología costo – beneficio y su utilización.

Se usan fuentes secundarias de información como los portales de Internet de diferentes departamentos de transportes de países desarrollados como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, entre otros. Además el portal del Banco Mundial, que viene trabajando desde hace bastante tiempo en análisis de rentabilidad para proyectos de carreteras.

Otra fuente importante de información han sido los trabajos finales de graduación de estudiantes del área de ingenierías y de ciencias económicas.

Además se tiene información de congresos y seminarios, donde se ha expuesto el tema para el escrutinio público.

La investigación descriptiva utilizada en el capítulo II tiene la intención de brindar un panorama general acerca de la situación actual de la infraestructura vial del país.

El método de investigación cuantitativo - cualitativo es el utilizado, pues a partir de la descripción general de las inversiones en infraestructura vial en Costa Rica de forma cualitativa, se aportan datos estadísticos y cuantitativos.

La revisión documental de diversas fuentes de información se contempla como la técnica utilizada para recoger un panorama de lo que tiene el país en infraestructura y su estado de deterioro. Esto incluye el análisis descriptivo de aspectos financieros como el financiamiento de las obras viales y la presupuestación o gastos del Estado en infraestructura de carreteras.

Las fichas de trabajo producto de la revisión documental son los instrumentos utilizados para ordenar la información.

En el capítulo II se obtienen ciertos indicadores como diversos índices que ponen de manifiesto la importancia de las inversiones de infraestructura vial para el país. Estos indicadores están relacionados con el gasto total del gobierno, el producto interno bruto, las inversiones en otros rubros de bien social, entre otros.

Además se obtienen indicadores para cuantificar el estado de deterioro de la red vial y las proyecciones de inversiones en este rubro.

Para el desarrollo de este capítulo se acude a fuentes secundarias que tienen el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), el Instituto de Estadística y Censo (INEC), el Instituto Nacional de Seguros (INS) y el Informe del Estado de la Nación.

La investigación descriptiva es la que se utiliza en el capítulo III, cuyo objetivo es describir lo que hace el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) en Costa Rica para fiscalizar la calidad de las obras viales.

En este caso la descripción que se utiliza es del tipo inductivo, pues para una situación concreta como es el caso de la labor del LANAMME son descritas situaciones generales.

Esta descripción incluye una reseña histórica del LANAMME y la labor que le fue asignada por el Estado para verificar la calidad de la infraestructura vial.

La revisión documental de fuentes secundarias incluye considerar la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria e información impresa del LANAMME, esta es la técnica utilizada para obtener una descripción del Laboratorio y de la importancia estratégica para Costa Rica de su labor como ente fiscalizador del Estado.

Se elaboran fichas de trabajo para recopilar la información obtenida de fuentes secundarias.

En esta etapa del proyecto se describe la labor del LANAMME y su importancia para el país, que incluye una explicación de las funciones de auditoría técnica de las obras viales que se realizan en Costa Rica, la capacitación y asesoría al sector de infraestructura vial, la elaboración de estándares nacionales para la construcción de carreteras y los ensayos de laboratorio que verifiquen la calidad de los materiales utilizados en las vías del país.

Fuentes secundarias como la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria y documentación interna del Sistema de Aseguramiento de Calidad del LANAMME, donde se explica su historia y su labor actual dentro del contexto universitario y nacional.

La investigación en el capítulo IV consiste en una etapa explicativa o analítica de la metodología para evaluar el proyecto de la construcción de la carretera San José – Caldera desde el punto de vista financiero, por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

El análisis del caso en particular se basa en una metodología analítica, donde se trata de explicar una situación concreta.

Para el análisis de la metodología costo – beneficio utilizada por el MOPT, se hace necesario una revisión documental del informe emitido por el Departamento de Planificación del Ministerio sobre el análisis económico del proyecto San José - Caldera y la recolección mediante dos entrevistas no dirigidas con el Encargado del análisis de este proyecto; de la explicación de lo que se realizó en la evaluación de la viabilidad financiera de esta ruta nacional.

Esta explicación incluye los valores de entrada del modelo que son los costos y los beneficios y como es efectuado el cálculo para obtener el rendimiento financiero.

El análisis de la metodología utilizada para obtener la rentabilidad del proyecto San José – Caldera, es mediante la comparación de las diferentes teorías utilizadas a nivel mundial con la que se emplea en Costa Rica, haciendo énfasis en las ventajas y desventajas de cada planteamiento y con el objetivo de establecer oportunidades de mejora a lo que se realiza en nuestro país.

Los indicadores que se obtienen en este capítulo son el valor actual neto del proyecto San José Caldera y su tasa interna de retorno, mediante la metodología utilizada en Costa Rica de análisis costo – beneficio.

Existe una fuente secundaria de información como los son los informes elaborados por el Departamento de Planificación del MOPT y por la empresa URS Greiner, para el proyecto de construcción de la vía nacional San José – Caldera. Además una fuente primaria que consiste en dos entrevistas con el Encargado del Departamento antes mencionado, para que esta persona explique como se realizó el análisis en este caso en particular.

El capítulo V se basa en la investigación documental hecha en el capítulo I, donde se describen las diferentes metodologías utilizadas para el análisis costo – beneficio de proyectos de infraestructura vial. A partir de un análisis de estas metodologías se establece para el proyecto vial San José – Caldera, las mejores variables a incorporar tanto en el lado de los costos como de los beneficios, para efectuar una evaluación financiera de este proyecto.

La investigación que se requiere es analítica para evaluar los resultados de la evaluación que se pretende realizar.

El método utilizado es el experimental - analítico, donde se analizan diferentes variables que afectan los costos y beneficios de un proyecto de infraestructura vial, para posteriormente efectuar el análisis costo – beneficio y se comprueban las variaciones o efectos que tiene este análisis con respecto al análisis realizado por el MOPT.

En el momento de realizar el análisis costo – beneficio para el proyecto San José – Caldera, se utiliza información sobre variables de tránsito, número de accidentes, datos de población entre otros.

Para la utilización del modelo propuesto de costo – beneficio en el caso del proyecto de construcción de la red vial San José – Caldera, se debe utilizar alguna herramienta informática. Para este fin se tiene al programa *Excel* que consiste en una hoja electrónica con diversas funciones y la posibilidad de programación, de manera que se puede montar un modelo de valoración con cierto grado de complejidad, en cuanto a variables y fórmulas.

Otra herramienta que se utiliza son los programas Road Economics Decision Model (RED) y Road Costs Knowledge System (ROCKS) del Banco Mundial, para obtener parámetros necesarios para la evaluación económica.

Una vez efectuado el análisis costo – beneficio mediante la metodología propuesta, se espera obtener el VAN, TIR y radio C/B; para compararla con los indicadores obtenidos en el análisis efectuado por el MOPT y de esta forma plantear oportunidades de mejora.

Fuentes secundarias que son datos de tránsito obtenidos por el MOPT y datos de accidentes de tránsito obtenidos del Instituto Nacional de Seguros. Estos se toman como datos de entrada para el modelo propuesto.

Capítulo I :El análisis de costos y beneficios para la evaluación de activos públicos en carreteras

1.1 Valoración de proyectos en carreteras

La inversión en activos del Estado debe justificarse de una manera más científica, para que pueda beneficiar de manera efectiva a los usuarios de estos activos y los recursos sean dirigidos a los proyectos que aporten más al país en materia de bienestar social. De esta forma es como surgen las metodologías de valoración de activos públicos como una respuesta ante la necesidad de asignar un valor económico a cada proyecto de inversión pública, con el fin de seleccionar los proyectos más rentables desde el punto de vista financiero.

Sin embargo, tenemos que para efectuar una evaluación puramente financiera se deben considerar los beneficios sociales que los proyectos traen consigo, esto incluye la cuantificación monetaria de los aportes de determinada obra a la sociedad en general.

Las inversiones públicas en infraestructura contribuyen al desarrollo económico de los países (Barrios, 1992), por lo que es deseable que un país tenga la infraestructura necesaria que motive a la economía y a la vez aumente el nivel de vida de los ciudadanos.

Para el caso de la valoración de activos públicos en carreteras se han desarrollado diversas metodologías, entre ellas se encuentra el análisis costo - beneficio, que consiste en considerar para cada proyecto por realizar todos los costos involucrados en su realización y enfrentarlos contra los beneficios que aportaría dicho proyecto; de esta forma se obtienen flujos de efectivo, que traídos al valor actual neto (VAN) dan como resultado un valor monetario del proyecto de construcción a tratar. Además existen otros indicadores de la rentabilidad de una obra, como lo son la tasa interna de retorno (TIR) y la razón costo – beneficio (C/B) que se van a tratar con más detalle adelante.

El Departamento de Transporte del Reino Unido, define el análisis costo – beneficio como:

“Un término utilizado para describir el análisis que busca cuantificar en términos económicos la mayoría de los costos y beneficios de un proyecto posible,

incluyendo aspectos donde el mercado no provee una medida satisfactoria de su valor económico” (www.dft.gov.uk/itwn/mms,2000:pág. 1).

En esta definición es importante rescatar el hecho de que los análisis costo – beneficio son realizados con el fin de cuantificar en términos monetarios la realización de un proyecto y tratan de minimizar las percepciones subjetivas concernientes a opiniones sobre la importancia de realizar determinada obra.

Los análisis de costo – beneficio tienen sus orígenes en Inglaterra en los años cincuentas, donde el objetivo era montar un marco teórico de análisis de proyectos para desarrollar la red vial de ese país. Desde entonces otras metodologías han sido desarrolladas a partir del análisis costo - beneficio como la *highway design and maintenance standars model* (HDM) y el *road economic desition model* (RED) del Banco Mundial y la *highway economic requirements system* (HERS) del Departamento de Transporte de los Estados Unidos.

Si se comparan los valores obtenidos del análisis de costo - beneficio de diferentes proyectos, se pueden plantear estrategias para escoger los que aporten mayor valor y de esa forma se utilizan de forma óptima los recursos financieros del Estado, que son limitados y se pueden utilizar en otro tipo de infraestructura de bien social como escuelas, hospitales, aeropuertos, puertos marítimos, entre otros.

El primer paso del análisis costo – beneficio consiste en definir geográfica y temporalmente el proyecto que se va a analizar, pues sobre la base de esto se puede continuar con el siguiente paso, que consiste en definir quienes son los beneficiarios directos de la carretera en estudio.

Estos beneficiarios son tanto los usuarios directos que transiten por ella, como los pobladores de las áreas vecinas del proyecto que podrían obtener beneficios como mayor acceso a educación, productos, posibilidad de llevar su producción agrícola a otros puntos, entre otros.

Además se necesita definir la cantidad de uso que se va a efectuar de la carretera, pues sobre la base de esa demanda de tránsito de la obra se definen aspectos técnicos como el diseño de la carretera y los tipos de mantenimiento a realizar.

Por lo general el análisis costo – beneficio se realiza comparando dos alternativas, la del proyecto a analizar contra la inexistencia del proyecto u otra alternativa existente.

Al igual que todos los modelos, la calidad de los resultados obtenidos con el análisis costo – beneficio depende de los datos de entrada. Es decir, no se pueden esperar resultados confiables para el planificador de las obras públicas, sin antes haber hecho un análisis detallado y real de los costos y beneficios involucrados en cada proyecto.

En este sentido el análisis costo – beneficio ha sido criticado, pues en algunos casos de aplicación (Demmel, 1992) no se han considerado todas las variables necesarias como el mejoramiento de la seguridad vial, el impacto ambiental, la comodidad de viaje, efectos sobre el empleo y la educación.

Al dejar de lado tales consideraciones no se están incluyendo todos los beneficios que puede traer un proyecto de infraestructura vial y por lo tanto, el valor actual neto no estaría cercano a la realidad económica de la obra. Sin embargo, de lo anterior surge otra discusión y es el modelo a aplicar para valorar en términos económicos los aspectos mencionados anteriormente; para que tales modelos se apeguen lo mejor posible a la realidad, y no brinden análisis costo – beneficio carentes de sentido y poco utilizables.

Actualmente, existen diferentes paquetes de programas computacionales que cumplen con el objetivo de organizar y realizar los cálculos implicados en el análisis de costo – beneficio; entre ellos tenemos al RED, HDM- IV y el HERS, que se basan en los modelos desarrollados por el Banco Mundial y el Departamento de Transporte de los Estados Unidos.

La primera consideración del análisis es definir y cuantificar los costos involucrados en los proyectos de infraestructura vial.

1.2 Costos derivados de la construcción de carreteras

1.2.1 Costos asociados a los proyectos de construcción de obras de infraestructura vial

Para valorar los costos dentro de un análisis costo – beneficio se deben primero definir los tipos de trabajo a realizar y sus actividades con el objetivo de asignar un valor monetario a cada uno de éstos rubros.

Además se debe definir la unidad de costo unitario en que se va a realizar la valoración que puede ser \$/km o \$/m².

La clasificación de las categorías de trabajos según la metodología *Road Costs Knowledge System* (ROCKS) del Banco Mundial es en trabajo de preservación y de desarrollo. Luego dentro de cada categoría se definen diferentes clases de trabajos como los periódicos, los rutinarios y los de rehabilitación para trabajos de preservación y mejoras o nuevo proyecto para trabajos de desarrollo; que posteriormente se subdividen en tipo de trabajo (reconstrucción parcial, total, entre otras) y para cada uno de los tipos existen diferentes actividades predominantes específicas que dependen del número de carriles y del tipo de material con que se realiza el trabajo que puede ser mezcla bituminosa o concreto, a estas actividades se les asigna un valor económico (ver anexos).

El criterio técnico de actividades a realizar es entonces lo que define los costos que determinado proyecto va a tener.

Un ejemplo de un proyecto puede ser entonces:

TABLA # 1. EJEMPLO DE CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD

Categoría de trabajo	Clase de trabajo	Tipo de trabajo	Actividad predominante	Costo
Preservación	Mantenimiento periódico	Reconstrucción parcial	2 carriles en concreto	\$/km ó \$/m ²

FUENTE (ROCKS),BANCO MUNDIAL, 2002

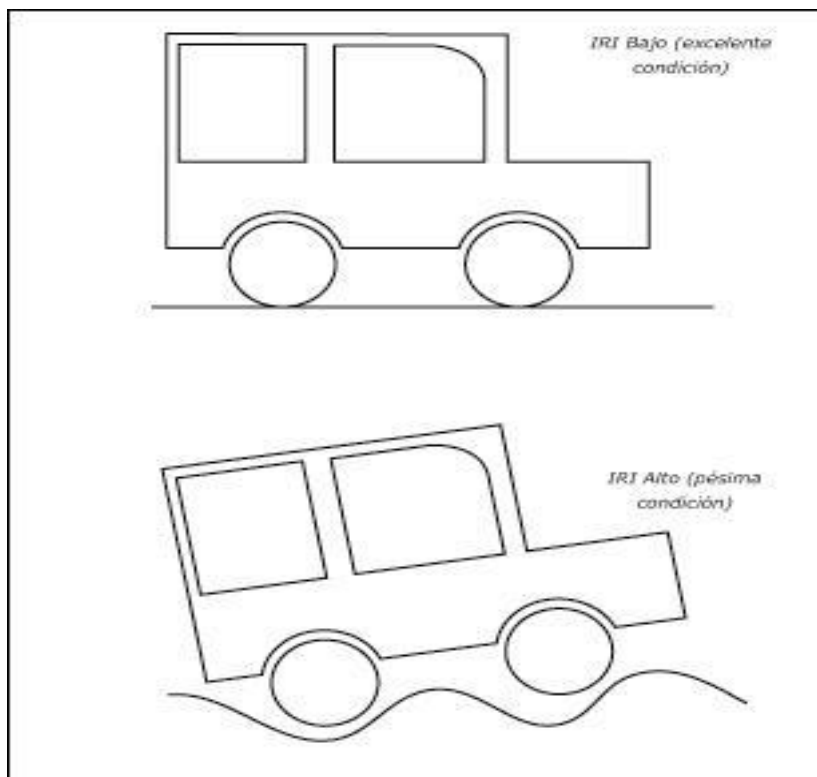
La definición de las diferentes categorías de trabajos, así como de sus clases, tipos y actividades, dependen del objetivo de servicio que se pretenda para una carretera, es decir que de acuerdo al periodo de vida del pavimento y al nivel deseado de condición con que se quiera mantener el proyecto, así se van a definir las estrategias que se van a seguir en determinada obra.

La condición del pavimento se puede definir de acuerdo a los niveles del índice de rugosidad (IRI) de la carretera, que se especifica como la irregularidad superficial o por el índice de comodidad de manejo (ICM), que es un índice subjetivo basado en encuestas a los usuarios de la carretera (Tessier, 1977).

Para cada proyecto se define un nivel mínimo de IRI o de ICM que se desea mantener para toda la vida útil de la carretera; a partir de este nivel existen diferentes actividades que se pueden realizar y con diferentes periodicidades.

Además cada alternativa técnica tiene su modelo de deterioro que hace que disminuyan el IRI y el ICM conforme avanza el tiempo. En la figura 1, se observa con detalle el concepto del IRI.

FIGURA # 1: COMPARACIÓN DE LA CONDICION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO SEGÚN EL IRI



FUENTE: REVISTA DEL LANAMME, VOLUMEN 5, JUNIO DE 2003

1.2.2 Consideraciones especiales para la determinación de los costos en proyectos de carreteras

En el momento de incluir los costos se debe hacer la consideración del tipo de costos, es decir si son costos estimados, actuales o contractuales. Además se debe definir para los proyectos, la subdivisión necesaria que caracterice cada sección con sus costos asociados, debido a que no necesariamente todo el proyecto va a tener las mismas actividades constructivas.

Es importante considerar un monto para las contingencias que con frecuencia se presentan en proyectos de ingeniería.

El valor de los costos involucrados, depende de las alternativas técnicas que se estén planteando para la construcción del proyecto. De esta forma, para cada proyecto es necesario establecer la

alternativa de diseño del pavimento para el periodo de análisis. Una estrategia de diseño del pavimento es:

“La combinación del diseño inicial del pavimento y todas las actividades necesarias de mantenimiento de soporte y rehabilitación” (Federal Highway Administration, 1998: pág. 9).

Otro de los aspectos que se debe definir es el periodo u horizonte del análisis, que por lo general para proyectos de carreteras es de 20 a 30 años (Pavement Management Committee, 1977). Otro criterio para escoger el periodo de análisis es hacerlo mayor al periodo de diseño del pavimento o que durante el periodo se realice al menos una actividad de rehabilitación (Federal Highway Administration, 1998).

Si se desea realizar una estrategia de corto plazo en un pavimento, hasta que se lleve a cabo una reconstrucción total; entonces podría darse el caso de que se puedan utilizar periodos de análisis más cortos.

Cada estrategia de diseño de los pavimentos tiene una vida de diseño esperada inicial, tratamientos de mantenimiento y la posibilidad de una serie de actividades de rehabilitación. Por lo tanto, para cada una de éstas actividades es necesario identificar el alcance, tiempo y costo.

Es necesario tener cierto detalle en los costos de construcción, e incluir puentes y otras obras accesorias necesarias. Diversos estudios consideran dentro de los costos de construcción la ingeniería, el movimiento de tierras y drenajes, estructuras, pavimento y otros (Porrás, 1971).

Además los costos de mantenimiento incluyen bacheo, nivelación, limpieza, reposición de superficie, reposición de carpeta, reposición de tratamiento, entre otros (Porrás, 1971).

Sin embargo, como se mencionó los rubros de costos de construcción y mantenimiento, dependen de la alternativa técnica seleccionada para cada proyecto en particular.

La consideración más importante para considerar la estrategia de diseño del pavimento es el tránsito o cantidad de vehículos o usuarios que se beneficien con la obra, pues dependiendo de la demanda del activo, de esta forma se debe responder con una estrategia que garantice la funcionalidad de la carretera.

De esta forma, es importante definir algunos conceptos relacionados a la cantidad de vehículos que transitan por una carretera como el tránsito atraído que corresponde a la parte del tránsito existente que se desplazará a la nueva carretera a partir del momento que ésta entre en operación. Además existe el tránsito desarrollado, que es el nuevo tránsito que surge con el desarrollo de la carretera.

El valor utilizado normalmente para valorar la cantidad de vehículos que pasan por una determinada carretera es el tránsito promedio diario (TPD), que consiste en el tránsito total anual dividido entre 365.

Debido a la importancia de lo anterior, es que el método con que se determine tal cantidad y el tipo de usuarios es muy relevante en el estudio costo – beneficio.

La valoración de los costos dentro del análisis es uno de los factores que menos problemas conceptuales presenta (Martínez, 1992). Sin embargo deben existir ciertas consideraciones a tomar en cuenta como la proyección de los costos a través del tiempo, que se pueden considerar por extrapolación de costos actuales, suponiendo que el comportamiento futuro será el mismo que el producido en periodos pasados, el grado de la tasa de crecimiento depende de las consideraciones del planificador. Se pueden ajustes lineales o exponenciales de primer grado, segundo grado, etc.

Otro punto a determinar es el valor de la inflación, la pérdida de valor de la moneda hace que el valor actual neto adjudicado al proyecto deba ser modificado para incluir este factor o de lo contrario se estarían obteniendo valores alejados de la realidad. El determinar el comportamiento de la inflación en un futuro no es un asunto sencillo de realizar, por el contrario; esto se ve influenciado por las políticas del gobierno que no siempre son tan predecibles.

Algunos analistas consideran que no es necesario incluir el análisis de inflación debido a la dificultad de su predicción, porque le añade incertidumbre al análisis, podría significar altas inversiones de capital hoy y porque los beneficios se pueden incrementar a la misma tasa relativa de los costos; por lo tanto se minimiza el efecto neto de la inflación (Pavement Management Committee, 1977). Desde el punto de vista de toma de decisiones donde los números no necesitan ser tan precisos, no se hace tan necesario incluir el uso de la inflación.

Por último se debe considerar el valor de rescate de los proyectos de infraestructura vial, el cual se encuentra determinando el valor económico de éste al final de la vida útil. Su cuantificación depende del volumen de material reutilizable, de su estado, del costo de ponerlo a funcionar, etc.

1.3 Beneficios para el usuario y el Estado de la construcción de carreteras

En el rubro de los beneficios es donde el análisis de costo – beneficio presenta mayor dificultad, debido a tener que cuantificar en términos monetarios situaciones sociales.

El análisis debe ser llevado a cabo incluyendo todos los beneficios significativos.

1.3.1 Análisis de beneficio de carreteras en el Reino Unido

Así el Departamento de Transporte del Reino Unido (DTRU) considera dentro de los beneficios asociados a cada obra los siguientes: cambios en el tiempo de viaje, costos de operación de los vehículos, comodidad y accidentes de tránsito; todos medidos en términos monetarios para cada proyecto analizado.

Se realizan las siguientes afirmaciones acerca del cálculo de los beneficios:

- La unidad monetaria a considerar debe ser los precios de mercado y no los precios unitarios, debido a que el primero incluye el valor de mercado de los bienes (excluido el impuesto que se debe pagar).
- El cálculo de los beneficios debe ser conducido de manera que se considere la opinión del usuario de las carreteras, para determinar cuanto está éste dispuesto a pagar por recibir beneficios como seguridad y comodidad.

- Los beneficios deben ser divididos en diferentes grupos de interés como usuarios de vehículos, usuarios de transporte público, transportistas de carga, transportistas de personas, etc. Esto con el fin de obtener mayor exactitud en el análisis. (www.dft.gov.uk/itwn/mms,2000)

Sobre la base de lo anterior se plantea la teoría del consumidor excedente que es definido como el beneficio que un consumidor disfruta en exceso con respecto al costo que él mismo percibe. Lo anterior implica por ejemplo (con el tiempo) que si alguien tiene que realizar un viaje que la persona considera de 20 minutos (costo percibido) y lo realiza en 15 (el beneficio disfrutado), el excedente es de 5 minutos. Si además se presenta otra alternativa para que el viaje lo realice en 12 minutos, el excedente ahora es de 3 minutos con respecto a la alternativa anterior.

Con el efecto del cambio en la demanda o el número de viajes realizados por persona, el resultado de los beneficios percibidos se puede expresar como (www.dft.gov.uk/itwn/mms,2000:pág. 10):

$$\text{Beneficio} = \frac{1}{2} \sum (P^0 - P^1) \times (T^0 + T^1) \quad (1)$$

donde,

P^0 = Costo percibido por el usuario.

P^1 = Costo “ganado” por el usuario tras la nueva alternativa.

T^0 = Número de viajes en la situación 1.

T^1 = Número de viajes en la nueva alternativa.

A la vez, el costo percibido de los usuarios se puede dividir en costos para viajes de trabajo y para viajes personales. Los primeros incluyen costos de peajes, parqueos, costo con impuestos de la gasolina para efectuar el viaje, costos operativos con impuestos de operación de los vehículos (llantas, mantenimiento, depreciación, etc.), tiempo “percibido” de viaje. Para los viajes personales se ha determinado que los costos operativos de los vehículos han de ser imperceptibles y se consideran el resto de los costos que para los viajes de trabajo.

Además se hace énfasis en que todos estos costos deben incluir impuestos, debido a que son “costos percibidos” por los usuarios y éstos en la realidad deben pagar impuestos.

En resumen, los beneficios percibidos por un usuario para una alternativa de proyecto comparada con otra alternativa o con la inexistencia del proyecto, es la suma de los factores: cargos de usuarios (peajes, parqueos, etc.), costos de operación de los vehículos (combustible, llantas, depreciación, etc.) y tiempo de viaje (comparación entre el valor percibido de dos alternativas); todo multiplicado por el número de viajes realizados.

Los valores monetarios del tiempo, son identificados para valores de viajes de trabajo como el valor del mercado del bien o servicio; pero para el caso de viajes personales este valor no tiene precio de mercado; por lo que la forma de determinarlo es mediante encuestas.

Para el consumo de gasolina se debe considerar el tipo de la flota vehicular, separando éstos en varias categorías que pueden ser gasolina y sus variantes y diesel. Los costos de congestionamientos, pueden ser tratados como costos percibidos mediante la teoría del excedente.

Los beneficios, se pueden analizar como ahorros de los usuarios. Además dentro del análisis deben incluirse beneficios, como los ingresos recibidos por conceptos de peajes e impuestos (en cuanto a lo último aplica sí es el Estado el operario de la carretera).

Los resultados del modelo expuesto anteriormente, dependen de los datos de entrada que se le incorporen al sistema, de esta forma cada modelo necesita ser calibrado para las condiciones propias de cada país o región. De esta forma para el caso de Costa Rica no aplicarían los mismos datos de entrada que para el caso de Inglaterra.

Al igual que los costos, los beneficios se encuentran influenciados por la cantidad de usuarios determinados por los estudios del tránsito promedio diario, hasta se ha determinado que una variación de la tasa de crecimiento de un 25% puede significar una variación del 100% del valor actual obtenido del análisis costo – beneficio (Martínez, 1992). Entre los métodos determinados

para hacer frente a la cantidad de usuarios que podrían utilizar una cierta carretera en construcción tenemos las encuestas dirigidas de origen y destino.

Una crítica al modelo de teoría de exceso planteada por los británicos para realizar su análisis costo – beneficio es que no consideran aspectos como que las personas a veces prefieren tener un mayor tiempo de viaje, con respecto a otros beneficios percibidos como vivir en el campo por ejemplo.

Esta metodología además, incluye el uso de encuestas de preferencia revelada (para el caso de proyectos ya realizados) y de preferencia declarada donde se plantean situaciones hipotéticas (proyectos por realizar). El uso de encuestas debe ser de sumo cuidado, pues los resultados arrojados por éstas dependen de un buen diseño de la encuesta y de la selección apropiada de la muestra entre otros aspectos.

Otro autor (Demmel, 1992), manifiesta la importancia de incluir entre los beneficios el ahorro de los costos de accidentes para los usuarios (costos materiales y personales); además de beneficios de desarrollo regional, de impacto ambiental y comodidad de viaje.

Este mismo autor, ante la dificultad de realizar mediciones cuantitativas de factores cualitativos propone la utilización de una “tabla de realización de objetivos” en la cual se contrasten las diferentes alternativas de proyectos con respecto a los siguientes objetivos: rapidez del transporte, seguridad, comodidad, reducción de la polución, reducción del ruido, conservación de monumentos históricos, eludir la división de poblaciones, conservación del paisaje y beneficio de los usuarios, entre otros. A estos objetivos, se les asignarían diferentes escalas de valores como el tiempo para la rapidez y la cifra de víctimas de accidentes para la seguridad.

1.3.2 Modelo de beneficios de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos

Por otra parte la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA, por sus siglas en inglés) incluye dentro de los beneficios o ahorros percibidos por los usuarios de las

carreteras a los costos de operación de los vehículos, los costos por retrasos y los costos por accidentes.

Este modelo consiste en multiplicar la cantidad adicional de los componentes de los costos de operación de los vehículos incurridos por el valor en dólares asignado a cada componente de los costos de operación. Entre los componentes a considerar de los costos de operación de los vehículos se encuentran los cambios de velocidad adicional, las paradas, las millas o las horas de retraso. Del mismo modo, los costos por retraso de los usuarios son determinados al multiplicar las horas adicionales de viaje resultado de los atrasos en el tráfico o las millas adicionales causadas por desvíos por el valor en dólares de una hora de retraso para cada clasificación de vehículo. Por último, los costos adicionales por accidentes son determinados multiplicando el número de accidentes adicionales por tipo por el valor en dólares apropiado asignado a cada tipo de accidente.

Este modelo se basa en datos tabulados obtenidos por diferentes estudios y modelos en los Estados Unidos para los tres factores que se consideran, por lo que su uso en Costa Rica debe ser cuidadosamente tratado para determinar su grado de aplicabilidad y, observar que tanto se relacionan estos datos con la realidad costarricense.

En la actualidad la FHWA utiliza el programa HERS para efectuar el cálculo del análisis costo – beneficio.

1.3.3 Análisis de beneficios de proyectos de carreteras en Costa Rica

En Costa Rica ciertos estudios (Fernández y Marín, 1985) analizan el uso de dos metodologías, empleadas anteriormente por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en la planificación de proyectos viales. La primera concerniente a zonas de producción agrícola y la segunda denominada modelo de ahorro de los usuarios (MAU); ambas se explican a continuación.

El primer modelo se llama método agropecuario (MAG) refleja los beneficios de la construcción de una carretera para determinada zona de influencia previamente definida. El análisis consiste en

una descripción detallada de la zona en mención incluyendo aspectos topográficos, clima, datos socioeconómicos, entre otros. Este método relaciona directamente el transporte de la producción agropecuaria con el uso de la carretera en estudio, y le suma el tránsito que no se relaciona con la producción para resultar un flujo de tránsito total.

Cuando se mejora una carretera, según este método se aumenta la producción agropecuaria además del tránsito productivo y no productivo. El productor agropecuario verá disminuidos sus costos debido a la disminución del costo de transporte de la materia prima y al aumento de la producción que se verá reflejado en un aumento de los precios.

El beneficio total para el productor se obtiene entonces de una disminución de los costos de la materia prima y de un aumento de los precios de sus productos. Los beneficios percibidos por los usuarios de una carretera se perciben como ahorros en los costos de operación y de los tiempos.

Para considerar la producción agrícola, se consideran los siguientes parámetros:

- Área actual dedicada a la producción de cada producto agrícola.
- Tasa de crecimiento anual del área destinada a cualquier producto.
- Área máxima de utilización prevista para cada proyecto durante el último año del análisis económico.
- Porcentaje del área inicial de cada producto cultivado con técnicas rudimentarias.
- Tasa de crecimiento anual prevista para el uso de técnicas no mejoradas para la producción de cualquier producto agrícola.
- Rendimiento de los cultivos con métodos rudimentarios¹.
- Rendimiento de los cultivos con métodos mejorados.¹
- Área inicial dedicada a la producción zootécnica.
- Tasa de crecimiento anual del área destinada a los pastos para la producción zootécnica.
- Área máxima destinada a la utilización de pastos para la producción zootécnica.
- Potencial zootécnico inicial, que es la cantidad máxima de cabezas de ganado por unidad de área dedicada a pastos durante el año anterior al término del proyecto.
- Tasa de crecimiento anual del potencial zootécnico previsto.

¹ Se entiende por métodos rudimentarios los utilizados con falta de control sobre los fertilizantes adecuados, funguicidas, etc.

Todos estos parámetros se deben incluir o calcular para efectos de incluir en el modelo. Además otro de los supuestos del modelo nos indica que los productos recorren tres fases, la primera de la finca al centro de mercado local; la segunda del centro de mercado local hasta la red principal de carreteras (que considera la carretera que se está evaluando); luego una fase para llegar a través de las carreteras principales a los centros de mercado regionales o nacionales.

Los datos de tránsito que se necesitan son el tránsito medio diario (TMD), que se describió anteriormente, la distribución del TMD por tipo de vehículo y los costos de operación y el tiempo empleado para cada tipo de vehículo.

Los costos de operación de los vehículos para la producción agrícola se obtienen de la siguiente forma (*Fernández y Marín, 1985: pág. 75*):

$$CA_1 = (\sum C_{mi} \times (i\%) \times KM_1/100) \quad (2)$$

donde,

CA_1 = Costo medio ponderado unitario del transporte agrícola de la fase 1 (¢/ton)

C_{mi} = Costo unitario del transporte de cada medio automotor empleado (¢/Km-ton)

i = Porcentaje fijado para cada uso del medio de transporte

KM_1 = Distancia media del transporte de la finca al centroide.

Esta misma fórmula se puede aplicar para la producción de leche, utilizando en vez de toneladas, litros o alguna unidad equivalente de volumen.

Estos costos son considerados para la primera etapa del transporte que se consideró anteriormente, luego para las etapas dos y tres se deben utilizar las siguientes fórmulas (*Fernández y Marín, 1985: pág. 83*):

$$CA_2 = (\sum C_{m2i} \times (i\%) \times KM_2/100) \quad (3)$$

$$CA_3 = (\sum C_{m3i} \times (i\%) \times KM_3/100) \quad (4)$$

donde,

CA_2 = costo medio ponderado unitario del transporte agrícola en la fase 2 (ϕ /ton)

CA_3 = Costo medio ponderado unitario del transporte agrícola en la fase 3 del transporte (ϕ /ton)

Cm_{2i} = Costo unitario del transporte para cualquier medio utilizado i (ϕ /km-ton) en la fase 2

Cm_{3i} = Costo unitario del transporte para cualquier medio utilizado i (ϕ /km-ton) en la fase 3

$(i\%)$ = Porcentaje fijado para el uso de cada medio de transporte i

KM_2 = Distancia media de utilización de la carretera en estudio en la fase 2 (km)

KM_3 = Distancia media de utilización de la carretera en estudio en la fase 3 (km)

Los parámetros que incluyen las fórmulas anteriores se deben calcular para la situación con y sin el proyecto de carretera. Los costos totales de transporte se obtienen con la suma de las fórmulas 2, 3 y 4.

Este modelo considera que el precio de cualquier producto en finca con el proyecto realizado es igual al precio sin el proyecto más el ahorro en los costos del transporte de la producción agrícola debido al mejoramiento o construcción de la carretera.

Sin embargo, se hace la aclaración que en Costa Rica se ha observado que los ahorros en el transporte corresponden en un 60% al productor y en un 40% al transportista, por lo tanto el factor de ahorro debe disminuirse en un 0,6.

La cantidad de tránsito no agropecuario o no vinculado con la actividad agrícola, se considera como la diferencia entre el tránsito total esperado y el tránsito agropecuario.

Los ahorros en los transportes no agropecuarios, se calculan con la siguiente fórmula (*Fernández y Marín, 1985: pág. 91*):

$$AU = (\sum CUC_i \times (\%i) - \sum CUS_i \times (\%i)) \times KM/100 \quad (5)$$

donde,

AU = Factor de ahorro de los usuarios (ϕ /vehi. medio)

CUC_i = Costo unitario de utilización del transporte para cada medio empleado i , en el proyecto (¢/km-veh) para la situación con proyecto

CUS_i = Costo unitario de utilización del transporte para cada medio empleado i , en el proyecto (¢/km-veh) para la situación sin proyecto

(% i) = Porcentaje fijado relativo al empleo de cualquier medio de transporte agropecuario

KM = Distancia del proyecto en estudio

Dentro del modelo se incluye la cantidad de producción total con y sin proyecto, como un beneficio neto de la construcción de la carretera.

Obtenidos los parámetros anteriores, se deben entonces incluir entre los costos del análisis los costos netos de la producción y transporte de la misma, costo de mantenimiento y otros costos medibles. Por otra parte entre los beneficios que se incluyen se encuentran los precios netos de la producción y transporte de la misma, ahorro de los otros usuarios no relacionados con la producción, además del valor de desecho del proyecto.

Estos cálculos deben ser realizados para la situación con y sin proyecto, para poder comparar ambos escenarios. Posteriormente se utilizan algunos parámetros como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) o la razón costo – beneficio (B/C), para medir los valores obtenidos del montaje de flujos de costos y beneficios.

Las principales críticas a esta metodología van enfocadas a su complejidad y la dificultad de la recolección de datos y la realización de los cálculos; sin embargo es una metodología bien aceptada y reconocida en el mundo (Fernández y Marín, 1985). Además, se podrían obtener buenos resultados elaborando una base de datos competente que sirva para alimentar el modelo y con la utilización de la tecnología informática para efectuar los cálculos. Este cálculo podría ser útil si dentro de la metodología tradicional de análisis costo – beneficio, se quiere incluir la influencia de determinado proyecto sobre cierta zona productora agrícola.

El otro método analizado (Fernández y Marín, 1985) es el denominado método de ahorro de los usuarios (MAU), que tiene su base en los ahorros de los usuarios que utilizarán el proyecto.

Entre los datos de ingreso de tal modelo están los flujos de tránsito de la zona, su distribución actual y su cambio debido a la realización del proyecto.

Este modelo se basa en el concepto que los costos disminuyen conforme aumenta el volumen de transporte en zonas desarrolladas, debido a los beneficios que aporta al tránsito inducido el nuevo proyecto. Lo anterior se puede expresar en forma matemática de la siguiente forma (*Fernández y Marín, 1985: pág. 101*):

$$B = (V1 + V2) / 2 \times (C1 - C2) \quad (6)$$

donde,

B = Beneficios del transporte

V1, V2 = Volúmenes de tránsito para las situaciones sin y con proyecto respectivamente

C1, C2 = Costos del transporte para las situaciones sin y con proyecto respectivamente

Los ahorros generados se establecen de acuerdo a la siguiente fórmula (*Fernández y Marín, 1985: pág. 101*):

$$AU = (\sum CUC_i \times (\%ic) \times KMC - \sum CUS_i \times (\%is)) \times KMS \quad (7)$$

donde,

AU = Factor de ahorro de los usuarios (¢/Veh. medio)

CUC_i = Costo unitario de utilización del transporte para cualquier medio empleado i (¢/km/veh) para la situación con proyecto

CUS_i = Costo unitario de utilización del transporte para cualquier medio empleado i (¢/km/veh) para la situación sin proyecto

(%ic) = Porcentaje designado para el uso de cualquier medio de transporte i para la situación con proyecto

(%is) = Porcentaje designado para el uso de cualquier medio de transporte i para la situación sin proyecto

KMC = longitud de proyecto en estudio (km)

KMS = longitud total de la carretera en estudio (km)

Luego de obtener este parámetro se comparan los costos obtenidos y los beneficios aportados, para utilizar algún indicador económico como el VAN, TIR y u o el radio costo – beneficio (C/B) con el fin de obtener un valor del proyecto de determinada carretera .

Este método se considera más fácil de aplicar que el MAG explicado anteriormente (Fernández y Marín, 1985). Pero también deja por fuera aspectos muy importantes en la valoración de carreteras como los beneficios a zonas cercanas al proyecto y la seguridad.

Otros estudios que se han realizado en Costa Rica a nivel empírico (Porras, 1971), consideran que el ahorro de los usuarios se puede obtener mediante la fórmula:

$$\text{Ahorro de los usuarios} = (\text{CO}_B - \text{CO}_P)\text{ErSU} \quad (8)$$

donde,

CO_B = costo de operación de la alternativa base

CO_P = costo de operación de la alternativa propuesta

ErSU = Factor de conversión de una serie de crecimiento geométrico a una serie uniforme, que se obtiene de tabulaciones

El costo de operación por alternativa se obtiene multiplicando el tránsito promedio diario (TPD) de cada alternativa por 365 (para anualizarlo) y por los costos de operación del usuario.

Para *este* análisis de costo - beneficio, se incluyen entre los beneficios el ahorro en los costos de operación y tiempo de los usuarios (obtenidos de valores tabulados resultado de estudios del Departamento de Planificación del MOPT); además del ahorro en mantenimiento de la carretera que se deriva de aplicar una alternativa de proyecto contra la comparación de una alternativa base.

Este modelo es muy simplista, pues omite situaciones tan importantes como el ahorro en costos de mantenimiento de los vehículos y la influencia sobre las zonas aledañas al proyecto, además tiene una alta dependencia de la calidad de los datos que se le hayan ingresado y que se encuentran tabulados por el MOPT. Puede servir como un cálculo rápido para tener una idea de la realización del proyecto; pero no arroja valores reales de los activos públicos en carreteras.

En Costa Rica a partir de 1995 se inicia la planificación y programación de obras de la red vial nacional, por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y se establece entonces, un sistema de administración de pavimentos (SAP), que incluye el análisis costo – beneficio de las obras. El programa de cómputo que se utiliza para administrar el SAP es el *Highway design and maintenance* (HDM-III), en el cual se consideran el costo de operación de los vehículos y el tiempo de viaje como los ahorros o beneficios de los usuarios para cada proyecto de carreteras; por lo tanto desde entonces todas las metodologías anteriores utilizadas por el MOPT como el MAU y el MAG quedan sin utilizarse.

Por otra parte, es importante recalcar que dentro de los beneficios se debe incluir aquellos ahorros de operación de la carretera, como mantenimiento y rehabilitación en carreteras deterioradas con respecto a la alternativa de no hacer nada o efectuar mantenimientos y rehabilitaciones hasta cuando el grado de deterioro sea muy fuerte.

1.3.4 Enfoque canadiense de los beneficios a los usuarios de las carreteras

Por otra parte el Comité de Pavimentos de Canadá manifiesta que es importante conocer las características de los pavimentos que afectan los costos de los usuarios como el tiempo de viaje, los costos de operación de los vehículos, los accidentes y la incomodidad. Estas características incluyen el nivel de rugosidad o el índice de comodidad de manejo (ICM) y lo resbaloso de la superficie.

Existe una relación en el mismo sentido que indica que a mayor nivel de rugosidad y a partir de cierta velocidad, entonces aumentan los costos de operación de los vehículos (combustible, llantas, aceite, mantenimiento, repuestos, depreciación). La misma relación se da entre el aumento de la velocidad, de la rugosidad de la carretera y el costo producido por accidentes de tránsito.

El índice de comodidad de manejo (ICM) es una escala de 0 a 10 que se obtiene de la opinión subjetiva del nivel de servicio brindado por la carretera.

La compañía canadiense HBM Decisión Económica establece como parámetros de beneficios en proyectos de carreteras los siguientes:

- Ahorro en los costos debidos a congestionamientos (tiempo, costo de operación)
- Ahorros en contaminación debida a emisiones de gases y sonido.
- Ahorros en daños personales, muertes por accidentes y daños a la propiedad.
- Beneficios para la población de bajos ingresos
- Desarrollo económico de la comunidad (que incluye el aumento en el valor de la propiedad debido a la presencia de una nueva carretera o una infraestructura mejorada)

(HBM Decision Economics Inc., 1992)

Este modelo utiliza como datos de entrada los resultados de estudios hechos por el Departamento de Transporte de Canadá. Para Costa Rica surge entonces la necesidad de realizar diversos estudios para recolectar una base de datos que pueda alimentar un modelo de costo – beneficio que refleje en la realidad los beneficios obtenidos por la realización de un proyecto vial. Los modelos de análisis deben calibrarse, es decir se les debe incluir datos de entrada que surjan de investigaciones acerca de la realidad vial de determinada región o país, para asegurarse que las cifras de salida sean lo más confiables posible; de manera que se pueda conocer la verdadera rentabilidad de un proyecto de carreteras.

1.4 El VAN, el TIR y la razón Costo - Beneficio

Una vez definidos los costos y beneficios que se consideraron en las secciones anteriores, es necesario montar los flujos de efectivo para el período de análisis que para proyectos de carreteras corresponde a un horizonte de entre 20 y 30 años.

El montaje de los flujos de efectivo requiere de una metodología adecuada de proyección de los costos y beneficios, de manera que se obtengan valores reales y que permitan producir resultados utilizables.

Como se mencionó anteriormente es necesario tomar la decisión acerca de la inclusión en el análisis del efecto de la inflación, además para el caso de los países en vías de desarrollo es necesario considerar el efecto de la depreciación de la moneda con respecto a otras monedas más fuertes como el dólar.

También debe considerarse el valor de rescate del proyecto, que constituye un ingreso al final del periodo de análisis en los flujos de efectivo.

Sin embargo una decisión mayor que afecta directamente el valor final del proyecto o del activo obtenido, consiste en definir la tasa de descuento para traer los flujos obtenidos al valor actual neto. El inflar el valor de esta tasa puede hacer que un proyecto rentable, se constituya en uno que no se considere rentable.

La tasa de descuento, se define como la tasa de beneficio o rendimiento que se espera obtener del proyecto o como el costo de oportunidad de invertir los recursos en otra opción, que se considera como la mejor opción que ofrezca el mercado. Esta definición anterior se aplica para proyectos privados donde el objetivo es obtener el mayor rendimiento económico. Sin embargo, para proyectos de interés social, el definir esta tasa de descuento no es una tarea tan sencilla.

Para definir esta tasa de descuento para proyectos sociales, se deben tener en cuenta diferentes aspectos como el factor por ser analizado, el propósito del estudio y el grado de riesgo o incertidumbre (Pavement Management Committee, 1977). En algunos casos donde los fondos para invertir en infraestructura vial provienen enteramente de deuda con entidades externas, esta tasa se puede considerar como el costo o tasa a que se prestan esos fondos.

La dificultad de escoger la tasa de descuento adecuada es una razón por la que el Banco Mundial prefiere la Tasa Interna de Retorno como criterio principal (Demmel, 1992).

La tasa de mercado tampoco es un criterio adecuado para definir los valores actuales netos, pues esta tasa considera que los recursos se pueden utilizar en otras opciones cuyo único objetivo es obtener rendimiento económico, sin cuantificar el beneficio social.

Son diferentes los flujos de un proyecto social, con respecto a un flujo privado (Sapag, 2000) principalmente debido a la tasa de descuento a usar y a las externalidades que afectan en mayor medida a un proyecto social que a uno privado.

Un buen indicador a considerar en el análisis de los beneficios de un proyecto de bienestar social, es cuantificar qué tanto afecta éste al producto interno bruto (Sapag, 2000) de determinado país. Este índice ha sido utilizado para medir hasta cierto grado el bienestar común. Cabe hacer la aclaración que aunque el PIB refleja el desarrollo del sector privado en gran parte, su uso es indiferente; pues el sector privado también se encuentra inmerso dentro de la realidad de determinado país.

Existen en los proyecto de bienestar social factores o externalidades que no son cuantificables y que priorizan de una u otra forma la realización de los mismos.

En cuanto a la decisión primordial de cual tasa de descuento utilizar, existen dos vertientes (Sapag, 2000), la primera manifiesta que en un mercado sin apertura a capitales externos, la tasa de descuento debe surgir de la interacción de la oferta y la demanda de fondos para ser invertidos.

Por otra parte en un mercado abierto a capitales foráneos como son en la actualidad la mayoría de los mercados internacionales, la tasa de descuento social debe determinarse considerando el costo de obtener capital en el extranjero, el riesgo país y otras distorsiones del mercado.

Es interesante realizar la comparación del análisis de los proyectos sociales desde el punto de vista del sector público y del sector privado. En Costa Rica, por ejemplo que se pretende incentivar el modelo de concesión de obra pública, es decir proyectos que son construidos y operados con capital privado y después de determinado periodo de tiempo son devueltos al Estado; se deben analizar los flujos que realizan las empresas para medir si esos proyectos son rentables y compararlos con los flujos obtenidos por el sector público, de esta manera la diferencia entre ambos resultados serían los beneficios sociales aportados con determinado proyecto.

En cuanto a los indicadores financieros que plantean la rentabilidad de un proyecto, los más utilizados son el valor actual neto (VAN), que se define como:

“la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual” (Sapag, 2000: Pág. 301)

Esta definición pone de manifiesto para el caso del análisis costo – beneficio, que al considerar todos los costos y beneficios proyectados para cierto proyecto de infraestructura vial, estos deben ser traducidos al valor de hoy o valor actual, pues de esta forma se tiene una idea real del valor o rentabilidad que presenta para el país o región la construcción de una carretera. Para que un proyecto sea aceptable se debe obtener un VAN mayor a cero, es decir que debe tener más beneficios que costos y éstos reflejados en su valor actual.

Otra consideración de importancia al hacer uso de este indicador, es como se ha insistido a través de este capítulo la tasa de descuento a la que se traen esos valores de costos y beneficios al valor de hoy. Pues la escogencia de una tasa mayor puede hacer que un proyecto tenga un VAN menor a cero y se determine que cierto proyecto no tenga rentabilidad, lo que de una u otra forma sería “castigar” en exceso a una inversión que talvez si sea rentable.

Además del VAN y muy relacionado con éste, tenemos otro criterio de análisis que es la tasa interna de retorno (TIR) y que consiste en la tasa a la cual el VAN se hace cero, es decir la tasa mínima de rentabilidad de cierto proyecto. Existen diferentes consideraciones como la posible obtención para un mismo proyecto de tasas internas de retorno múltiples, pero en realidad este tipo de reflexiones no le restan méritos a esta herramienta, simplemente hacen que el analista tenga especial cuidado con los resultados obtenidos.

Para que un proyecto sea rentable, el resultado de la tasa interna de retorno debe ser mayor al costo de oportunidad del país en el caso de proyectos de bienestar social. Este indicador tiene como principal utilidad la comparación entre diferentes alternativas, para cuando sea imperativo escoger entre varios proyectos debido a lo limitado de los recursos, que en el sector público es una situación común.

Por último tenemos la razón costo – beneficio (C/B), que se define como el cociente o división entre los costos requeridos por determinado proyecto y los beneficios aportados por él mismo. Se habla de que un proyecto con valores de la razón C/B mayores a uno son rentables, pues tienen más beneficios que costos.

Este ha sido el parámetro más utilizado en el análisis de proyectos de infraestructura de carreteras alrededor del mundo, pues es una medida sencilla para verificar el valor de los activos públicos en carreteras.

Para finalizar es necesario establecer dentro del análisis un estudio de escenarios o de riesgo del proyecto, esto debido a la incertidumbre asociada a cualquier inversión.

El considerar estadísticamente las diferentes posibilidades que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto, confiere al analista de una herramienta para obtener certidumbre acerca de lo que realmente podría suceder.

Actualmente, con la ayuda de la tecnología informática este tipo de análisis puede ser llevado a cabo en forma muy rápida y eficiente. En el mercado existen una serie de programas que pueden analizar diferentes escenarios.

Para el caso de proyectos viales este análisis es necesario, además para observar diferentes alternativas que se pueden desarrollar en el proyecto, como son diferentes periodos de mantenimiento, el uso de una u otra tecnología; que si bien es cierto desde el punto de vista técnico producen los mismos resultados; desde una óptica financiera tal vez presenten diferencias sustanciales que hagan al operador del proyecto optar por determinada alternativa.

CAPÍTULO II :LAS INVERSIONES EN CARRETERAS EN COSTA RICA

2.1 Reseña histórica del sector de infraestructura en carreteras en nuestro país

Si bien es cierto durante nuestra época precolombina se da la creación de caminos bien desarrollados dentro de las ciudades, no es sino hasta el tiempo de la colonia que se hace un esfuerzo por parte de nuestros antepasados por interconectar la mayoría de las regiones del país.

Dentro de estos proyectos, el más importante de citar es la construcción del camino de mulas que se constituye como la primera ruta terrestre para comerciar con el exterior. Este camino surge como iniciativa del gobernador Gonzalo Vázquez de Coronado y se concibe en 1606 como una ruta de conexión entre Cartago y Panamá. Este camino era una continuación del Camino Real que comunicaba a la provincia de Costa Rica, con la ciudad de Guatemala. Ambas rutas tuvieron gran influencia en el desarrollo de la economía del país durante la época colonial.

Es importante destacar el efecto favorable que han tenido los caminos en el progreso de Costa Rica. Como ejemplo de lo anterior tenemos la estrecha relación que existe entre la producción de café y banano y su posterior exportación, con la apertura de una salida al Océano Atlántico. Además tenemos la construcción del camino a Puntarenas en 1846 que tiene como consecuencia que nazcan cantones tan importantes como Grecia, Naranjo y San Ramón.

La ruta a Puntarenas surge ante la necesidad de un grupo económico influyente de exportar sus productos a través de dicho puerto. De esta manera se forma lo que se conoce como la Sociedad Económica Itineraria en 1843 que era la encargada de atender el mejoramiento de las vías de comunicación (Cevo y otros, 1985).

En 1860 ante la creciente importancia que iban adquiriendo las obras construidas con fondos públicos, como edificios, caminos y escuelas; se crea mediante decreto LI del 20 de octubre de 1860, la institución denominada Dirección General de Obras Públicas, cuyo cargo principal se asigna mediante nombramiento presidencial (www.mopt.go.cr).

La Dirección General de Obras Públicas perteneció a la Cartera de Obras Públicas, cuando se estableció ésta el 4 de agosto de 1870. Posteriormente se trasladó la Dirección a la cartera de Fomento el 17 de junio de 1881. La constitución política de 1917 sustituye las Secretarías por Ministerios. El entonces Secretario de Fomento, don Juan Bautista Quirós Segura, pasó en el mismo año a ser Ministro de la cartera antes mencionada.

En el mando de la Junta Fundadora de la Segunda República en 1948 y bajo decreto de la Ley No. 1 el Ministerio de Fomento pasa a ser el de Obras Públicas y Transportes, a cargo de don Francisco José Orlich Bolmarcich.

El 5 de agosto de 1963 mediante la Ley No. 3151, se crea el Ministerio de Transportes en sustitución del Ministerio de Obras Públicas; dejando al primero la obligación de velar por todos los caminos del país, además se hace cargo de la regulación del tránsito y el transporte terrestre, aéreo y marítimo.

En la Ley 3151 se establece que el Ministerio puede convenir la construcción de las carreteras con las distintas empresas nacionales mediante la contratación por licitación.

Posteriormente se crean el Consejo de Aviación Civil en 1973 y el de Seguridad Vial el 29 de mayo de 1979.

El actual Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) fue creado en 1971 amparado en la Ley 4786 y posteriormente en 1998 se le asigna al Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), como dependencia del MOPT, la responsabilidad de las rutas nacionales.

Las carreteras y caminos de Costa Rica, se rigen por la ley 5060 del 22 de agosto de 1972.

En cuanto al financiamiento del CONAVI para cumplir con la labor estipulada desde su creación en 1998, que es velar por la construcción y mantenimiento de la red vial nacional, el mismo se obtiene del 15% del impuesto de los combustibles, el 50% del impuesto a la propiedad de los

vehículos, del producto de peajes, de multas por infracciones relacionadas con las normas de pesos y dimensiones, donaciones, créditos y partidas presupuestarias.

Además la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria establece los rubros hacia donde se dedicaría este monto de financiamiento del CONAVI. De esta forma, del total de los impuestos al combustible recaudados, el 75% se destinaría a conservación vial, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, mejoramiento y rehabilitación; al cumplirse en su totalidad las labores anteriores, el restante de los recursos se debe destinar a la construcción de nuevas obras viales (Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, 2002). Por último hasta un máximo de 3% de lo que recibe el CONAVI por impuesto de combustibles se debe destinar a financiar al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), de manera que cumpla con su función de fiscalizar la calidad de las obras viales de Costa Rica.

El financiamiento de las rutas cantonales se realiza con el presupuesto que éstas mismas generan mediante el paquete tributario que le corresponde mediante el cobro del impuesto sobre la propiedad.

En Costa Rica existen dos clasificaciones para los caminos y las carreteras; la primera es la red vial nacional, la cual es responsabilidad del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el resto de los caminos son cantonales y responsabilidad de cada gobierno local.

Actualmente las vías nacionales en Costa Rica se distinguen por la conformación de dos ejes principales, el primero de norte a sur cuya ruta primordial es la autopista interamericana y que comunica al país con las fronteras de Panamá y Nicaragua. El segundo eje está constituido por las rutas que se conocen como “canal seco”, es decir las que conectan el puerto de Limón con el puerto de Caldera.

En la actualidad y como se analizará más adelante, nuestro país se encuentra con una infraestructura en carreteras en muy mal estado, por lo que resulta urgente invertir recursos en las vías tanto nacionales como cantonales. El MOPT tiene varios proyectos por desarrollar con el fin

de mejorar el tránsito en la gran área metropolitana, entre éstos tenemos la desaparición de las rotondas actuales y su sustitución por puentes elevados; además de la finalización del anillo de conexión interurbana, que evitaría a los usuarios tener que entrar al centro de la ciudad de San José para conectarse entre distintas ciudades aledañas.

2.2 Importancia de la infraestructura vial en Costa Rica

La infraestructura vial cumple diversas funciones de vital importancia dentro de la sociedad costarricense, es así como los ciudadanos utilizan las carreteras y caminos como medio para transportarse a su trabajo, actividades recreativas, situaciones de emergencia, acceso a la educación, transporte de carga, entre otros.

Sería difícil concebir a la sociedad moderna sin caminos que le permitieran comunicarse a sus ciudadanos, propiciando de esta forma su desarrollo económico, social y cultural. Son diferentes tipos de usuarios los que utilizan los caminos y carreteras de Costa Rica:

- Los usuarios de vehículos privados que los utilizan para actividades personales.
- Los usuarios de vehículos oficiales o del Estado.
- Los usuarios de vehículos que tienen como fin el apoyo de cualquier actividad económica.
- El transporte público, que en Costa Rica comprende aproximadamente un 70% del total de los usuarios de las carreteras y caminos (MIDEPLAN, 2001).

Se ha determinado que para el año 2000 el total de la flota vehicular, que incluye todos los usuarios antes mencionados, fue de aproximadamente 641.302 vehículos (MIDEPLAN, 2001).

Estos usuarios deben satisfacerse mediante sistemas de caminos que completen sus necesidades, es decir que se encuentren en buenas condiciones y al menor costo social.

Se ha establecido que el desarrollo de una adecuada infraestructura vial, es uno de los factores que motivan el desarrollo económico de las regiones (Biehl, 1998); otras variables que impulsan este desarrollo son la situación geográfica, la aglomeración y las estructuras sectoriales y de los asentamientos.

En Costa Rica, con la desaparición casi total de los ferrocarriles en la década de los ochentas, el sistema de carreteras adquiere una importancia especial, debido a que la red vial nacional tiene entonces la responsabilidad de trasladar el total de la carga comercial que se mueve dentro de nuestro territorio, aumentando con esto su demanda y consecuentemente su mayor necesidad de mantenimiento. Esta carga tanto viva (ganado, animales, plantas ornamentales, entre otras), como muerta (materias primas, productos terminados, materiales para exportación, materiales de importación), es el resultado de la actividad económica nacional, por lo tanto mantener la red vial en buen estado es fundamental para sustentar la actividad de transporte y logística de cientos de empresas costarricenses y extranjeras que residen en nuestro país. En total se estima que hacia y desde el puerto de Moín en Limón se transportan 3 461 282 toneladas anuales de carga para exportación y 3 743 019 toneladas anuales de importaciones, en los puertos del pacífico como Caldera y Punta Morales se estima un aproximado de un poco más de 2 000 000 de toneladas anuales de carga (SIECA, 2001); esto constituye aproximadamente un 27% de toda la carga transportada en Centroamérica hacia los diferentes puertos de salida a ultramar, con lo que se pone de manifiesto nuevamente la importancia de las rutas nacionales, en este caso las que se dirigen a los puertos, dentro de la economía nacional. Se espera que el transporte de carga en Costa Rica dentro de la primera década del presente siglo tenga un crecimiento aproximado a un 6,6% (SIECA, 2000).

Dentro de la economía nacional, la inversión en infraestructura representaba en 1997 casi el 10% de toda la inversión pública, porcentaje que disminuye casi en cuatro puntos porcentuales con respecto a 1993; además con relación al producto interno bruto (PIB), la inversión pública en infraestructura representa cerca de un 5% del total. El mayor rubro de inversión pública entre todos los aspectos considerados como infraestructura es el de las carreteras, que alcanza para 1997 cerca del 50% de dicha inversión y es de hacer notar que sufre una baja significativa con respecto al año 1993 (ver tabla 2). Las inversiones públicas en carreteras alcanzan casi un 5% del total de erogaciones del Estado, lo que pone de manifiesto su importancia dentro de las finanzas gubernamentales, según se puede observar en la tabla 1. El monto invertido por el Estado en carreteras para 1997 asciende a 4938 millones de colones, cifra que es interesante comparar con los 40,7 millones de colones que invertía el Estado en el mismo rubro para 1966 (MIDEPLAN, 2001).

TABLA # 2. INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA COMO PORCENTAJE DE LA INVERSIÓN PÚBLICA Y DEL PIB

Año	1993	1994	1995	1996	1997
Total	14,9	8,1	9,5	8,0	9,7
Carreteras	8,7	4,9	6,2	4,6	4,2
Puertos	3,4	2,3	1,4	1,8	3,1
Aeropuertos	0,7	0,1	1,2	1,0	1,7
Ferrocarriles	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Tuberías	1,0	0,8	0,7	0,6	0,7
Inversión en infraestructura como porcentaje del Producto Interno Bruto					
Total	4,9	4,9	5,1	4,9	5,3

FUENTE: MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN (MIDEPLAN), 2001

La inversión del Estado en infraestructura ha venido disminuyendo en los últimos años y ha pasado de 18% del presupuesto total de la república para 1980 a tan solo 5% para 1997, lo que equivale a un 0,8% del producto interno bruto (PIB) (MIDEPLAN,2001).

Los ingresos tributarios provenientes del transporte representaron en 1996 aproximadamente un 2,5% del PIB y para 1999 las recaudaciones por transporte ascendieron a 4% del PIB, además para el periodo (1980-1997) el crecimiento de la flota vehicular representó un 280%. Estas recaudaciones por transporte representaban además en 1999 un 24,9% del ingreso del gobierno. Dentro de lo que se considera como recaudaciones del sector transporte se tienen a los derechos arancelarios de vehículos, repuestos, lubricantes y llantas; las recaudaciones de impuestos sobre combustibles, parquímetros, derechos de licencias y cursos de seguridad vial y peajes entre otros. Con estos datos mostrados anteriormente, se confirma que el Estado destina menos recursos dentro de su presupuesto para invertir en las rutas, que a su vez tienen cada vez mayor demanda, debido al aumento acelerado en el parque automotor del país.

Otro factor que nos puede aportar una idea de la situación de nuestra infraestructura en relación con otros países centroamericanos, es basado en la metodología del Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE), el Instituto Harvard para el Desarrollo y el Banco Centroamericano para la Integración Económica (BCIE), la cual surge del promedio aritmético de

una serie de índices individuales, que miden la calidad y la cantidad de toda la infraestructura de cada país del istmo centroamericano. Cada índice tiene un valor entre 0 y 7 y se entiende que el valor más alto indica mejor desempeño.

En relación al resto de Centroamérica Costa Rica tiene un índice de infraestructura para 1998 de 2,29; lo que ubica a nuestro país en penúltimo lugar, superior a Honduras únicamente. Como referencia tenemos que el índice promedio de países como los tigres asiáticos² es de 4,55 y el promedio de Estados Unidos, Japón, Irlanda, Suecia y China es de 4,64.

Sin embargo según datos de la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA), tenemos que como cantidad total, Costa Rica dedica 80 278 000 de dólares a sus carreteras para 1999, cifra solamente superada por Guatemala con 289 085 000, y desde 1995 nuestro país ha tenido el crecimiento más alto en este rubro con un 14,5 %, seguido de Guatemala y Nicaragua con un 13,3%, lo que demuestra que en términos generales los países centroamericanos han disminuido en mayor grado su inversión en infraestructura vial que Costa Rica (Carreteras y servicios de transporte, SIECA, 2001).

Específicamente para el rubro de mantenimiento de carreteras Costa Rica es el país que más dedica recursos a este apartado, después de Guatemala, además en nuestro país durante el periodo de 1995 a 1999 esta inversión he tenido un crecimiento bastante mayor que el del resto de los países del área con un 34,7%, donde en Guatemala, su inmediato seguidor; el monto dedicado a mantenimiento de carreteras ha tenido apenas un incremento del 5,5% y en Nicaragua este rubro por el contrario ha disminuido en un 25,9%(Carreteras y servicios de transporte, SIECA, 2001).

En materia de puentes Costa Rica tiene la mayor cantidad de puentes defectuosos del área con un 58% de las zonas evaluadas y reconocidas como corredores principales de los distintos países centroamericanos.

Costa Rica además utiliza en menor cantidad la red vial en su comercio exterior, con respecto al resto de países del istmo centroamericano, debido a que tan solo utiliza el 12% del transporte

² Incluye Singapur, Hong Kong, Taiwán, Malasia, Indonesia, Tailandia y Corea

terrestre para comerciar sus productos de exportación y para traer sus productos de importación, el restante 88% es transportado por vía marítima y aérea, en especial la primera de éstas que en promedio se acerca al 84% del transporte utilizado para comerciar con el exterior. Honduras que es el país que le sigue utiliza su red vial en un 20% para comerciar con el exterior en relación con las otras formas de transporte (SIECA, 2001). Esto demuestra que la demanda de la red vial para fines comerciales en Costa Rica es menor que en el resto de los países de Centroamérica.

Dentro de las inversiones en infraestructura vial, tenemos que a partir de 1998, mediante la ley 7762, se ha tratado de cambiar el esquema tradicional de inversiones realizadas por el Estado, con dinero de los contribuyentes, a un modelo con más participación de la empresa privada, que es conocido como concesión de obra pública. Dentro de las diferentes variantes que presenta este esquema de financiamiento con fondos privados, se encuentra el *Build Operate and Traslate (BOT)*, con el cual las inversiones para construir la carretera y sus mantenimientos y reparaciones posteriores se desembolsa por parte de la empresa adjudicada, para lo cual ésta debe operar el proyecto y recibir algún tipo de remuneración por parte de los usuarios de los servicios mediante cobro de peajes o impuestos especiales, entre otros. Después de que la empresa privada opera la carretera durante un tiempo prudencial, se la devuelve al Estado que sigue con su mantenimiento o la puede volver a poner en licitación.

Este modelo evita al Estado hacer erogaciones fuertes al inicio de los proyectos de construcción de la carretera y durante los periodos de mantenimiento, además transfiere la responsabilidad directa a una empresa privada de realizar las labores necesarias de manera que las carreteras se mantengan en buen estado, con lo que el Estado se ocupa de manera más eficiente de otras labores como la supervisión de tales contratos. En caso de que las empresas incumplan con lo estipulado con el Estado, se rescinde el contrato y se demandan las respectivas indemnizaciones. El papel del Estado dentro de este esquema es como órgano supervisor de la calidad de las obras y del servicio posterior que ofrezcan las empresas adjudicadas de los proyectos a los usuarios de las obras.

Sin embargo, este esquema no es la solución de todos los proyectos viales del país, debido a que se ponen en licitación solamente los proyectos económicamente rentables, es decir que tengan un

alto tráfico o una calidad de usuario que pueda pagar el servicio, dejando de lado aquellos proyectos en los que no se obtiene ningún beneficio para la empresa privada. Además se tiene que en nuestro medio la disponibilidad de deuda a largo plazo es escasa para el sector privado, es decir que es difícil que para una inversión que tiene un periodo de recuperación de 20 o 30 años, exista una entidad bancaria dispuesta a apalancar a una empresa del sector privado con montos tan altos como los que se necesitan para desarrollar un proyecto rentable en infraestructura vial, lo que reduce la cantidad de oferentes dispuestos a incursionar en tales obras.

Con el fin de regular la actividad de las concesiones en nuestro país se crea en 1998 el Consejo Nacional de Concesiones (CNC), que cuenta con la participación de diversos sectores ministeriales (MOPT, MIDEPLAN, Ministerio de Hacienda) y sectores como el Banco Central, los colegios profesionales, las organizaciones sociales y las cámaras empresariales.

La primera parte de los procesos de concesión incluye el análisis de los proyectos en cuanto a su interés general y el análisis de los costos y beneficios sociales. Posteriormente se analiza su factibilidad social, jurídica, económica, financiera y ambiental. Después de este análisis se procede a preparar el cartel de licitación para exponerlo ante los posibles oferentes, los cuales deben contar con los requisitos solicitados en dicho cartel. Al mejor oferente se le adjudica el proyecto y éste lo opera y explota hasta el periodo que se extinga la concesión, que puede darse prematuramente por incumplimiento de alguna de las partes involucradas. En algunos casos se pueden establecer empresas mixtas entre el Estado y algún concesionario privado, donde las erogaciones de capital necesarias para llevar a cabo el proyecto, se dan por parte de ambos participantes (Estado-Empresa Privada), además las ganancias se dividen, dependiendo del porcentaje de participación de cada uno de las partes involucradas.

En Costa Rica el intento de implantar este modelo en obras de infraestructura vial, no ha tenido mucho éxito debido a trabas legales y económicas por parte de las empresas adjudicadas, pero representa una buena oportunidad de eliminar la dependencia de la infraestructura vial de los presupuestos estatales. El primer intento de licitar una obra vial en nuestro país, fue en el proyecto de la construcción de un carril adicional en la carretera Bernardo Soto, además este proyecto involucraba la gestión y operación del tramo Aeropuerto-San Ramón de dicha ruta

nacional, la empresa que ganó la licitación en 1999 fue el consorcio MARNHOS, sin embargo debido a anomalías detectadas en la inspección técnica de la obra y a la falta de financiamiento, la empresa no pudo cumplir el compromiso adquirido, lo que demuestra la falta de interés o la aversión al riesgo por parte de los bancos del área de ingresar a tal tipo de actividad.

Se han definido por parte del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) diferentes riesgos asociados en América Central, con la actividad concesionaria:

- **Riesgo financiero:** Este se debe a que en los proyectos viales, generalmente las inversiones iniciales son muy altas y el periodo de recuperación es muy extenso, por lo tanto si el costo del financiamiento es muy elevado el inversionista corre un riesgo financiero muy alto. Aquí se incluyen los riesgos inflacionarios y de tipo de cambio, que son muy comunes en economías como la costarricense.
- **Riesgo comercial:** Este tipo de riesgo se debe a que pueden existir errores en el momento de calcular las proyecciones de la demanda de determinado proyecto, por lo tanto en el momento de ponerlo en ejecución las ganancias no pueden ser las esperadas, con la subsiguiente pérdidas por parte de la empresa privada que realiza la inversión.
- **Riesgo político:** Este se debe al efecto que pueden tener las decisiones políticas y las diferentes leyes y reglamentos que cambian constantemente en nuestros países, cambiando el entorno en el cual se maneja la empresa concesionaria.

En última instancia van a ser los usuarios los que van a pagar por nuevos proyectos en carreteras o mejoramiento de los existentes, pues bien sea con recursos del Estado o mediante concesiones, los flujos de efectivo vienen de parte de los usuarios finales mediante el cobro de impuestos o peajes. Debido a lo anterior es que estos usuarios esperan tener infraestructura de alta calidad y al menor costo posible.

Como vimos anteriormente la red vial nacional está dividida en dos tipos de vías: nacionales y cantonales; que de acuerdo a un inventario reciente de estas rutas se determinó que el 20,5 % del total de caminos y carreteras en Costa Rica corresponden a vías del primer tipo (nacionales) y un restante 79,5% corresponde a rutas cantonales.

La red vial nacional responsabilidad del CONAVI, está compuesta de carreteras primarias, secundarias y terciarias; que suman en total 7501 kilómetros de rutas, 57,7% asfaltadas y el resto lastradas (MIDEPLAN, 2001).

Por otra parte las redes viales cantonales están constituidas por 29 000 km de vías, de las cuales solamente el 12% se encuentran asfaltadas, un 48% construidas en lastre o tierra y el resto se encuentra en condición no definida.

2.3 Problemática de la infraestructura vial en Costa Rica

Los caminos y carreteras se diseñaron en Costa Rica sin esperar el alto incremento de la demanda que experimenta este sector actualmente. Esto unido a la falta de mantenimiento y el nivel tan alto de deterioro que se alcanza, debido al descuido por parte de las autoridades responsables, reflejan las condiciones actuales de las carreteras y caminos de nuestro país.

El estado de las carreteras y puentes de la red vial nacional para el año 1999, se puede resumir en la siguiente tabla:

TABLA # 3. ESTADO DE LA RED VIAL NACIONAL 1999

Estructura	Buen Estado	Estado Regular	Mal Estado
Caminos	13,1%	22,4%	64,6%
Puentes	58%	34%	8%

FUENTE: EVALUACIONES ESTRUCTURALES DEL CONAVI

Si bien es cierto la cobertura de los caminos en Costa Rica es una de las más altas en Latinoamérica, el estado tan deficiente de las rutas nacionales, que son las que transportan la mayor cantidad de vehículos por el país, es una limitante para las actividades económicas y el desarrollo social de Costa Rica.

El incremento de la demanda de la flota vehicular en el país a razón de 10% anual y la falta de control en las importaciones de automóviles, constituyen otros problemas que unidos al estado de deterioro de las carreteras, han hecho que la capacidad de las vías y caminos en Costa Rica no

soporte este aumento sostenido en la cantidad de vehículos; esto se nota en los congestionamientos y en los accidentes que ocurren diariamente en el país.

Un periodo de descuido por parte de los funcionarios responsables de brindarle el adecuado mantenimiento a las carreteras del país ha hecho que actualmente las inversiones que se deben realizar, para corregir los diversos problemas que durante tantos años se han acumulado en las vías del país, se hayan convertido en cantidades que el Estado no tiene la capacidad de desembolsar. Debido a lo anterior es que ocasionalmente se recurre a soluciones “parche”, en vez de soluciones que involucren reconstrucciones totales de las carreteras por ejemplo y que al final van a aumentar los gastos por parte de los usuarios, además esto conlleva a que se tengan que realizar desembolsos continuos en trabajos de poca duración y conducidos con nula o escasa planificación.

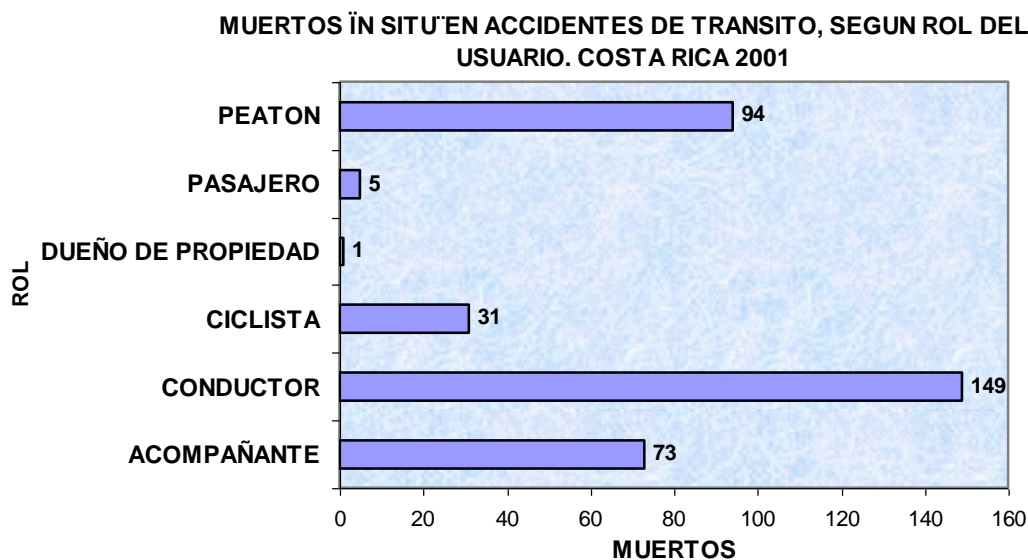
Los congestionamientos disminuyen el tiempo útil que tienen las personas para desarrollar actividades laborales o de recreo, debido a que la velocidad de movilización disminuye considerablemente. Además traen consigo otros efectos colaterales como el aumento del estrés en los conductores y peatones y el incremento de la contaminación sonora y gaseosa en los lugares donde ocurren tales congestionamientos. Las paradas continuas de los vehículos aumentan el consumo de combustible, tanto diesel como gasolina, además que traen como consecuencia un deterioro mayor de las partes mecánicas de los automotores. Si el país no toma medidas para controlar el aumento de la flota vehicular, ampliar las vías existentes o crear nuevas rutas, la situación durante los próximos años no se presenta muy positiva.

Por el lado de los accidentes de tránsito, en el país se producen aproximadamente unas 700 colisiones por año y éstos consumen un 1% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. Se estima que la atención de cada accidentado consume unos 20 millones de colones aproximadamente (MIDEPLAN, 2001). Existen rutas críticas dentro del sistema vial de nuestro país, como por ejemplo la vía San José – Guapiles.

Si bien para el Estado y los usuarios, los accidentes se pueden medir en términos monetarios, también se debe aclarar que el valor de la vida humana es incalculable y no se puede ver como la simple medida de un índice o una estadística.

Los datos son contundentes y arrojan que dentro de los usuarios de los caminos y carreteras el número de muertes se distribuye de la siguiente forma (Instituto Nacional de Seguros, 2001):

FIGURA # 2: ESQUEMA DE MUERTOS EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO SEGÚN EL ROL DEL USUARIO



FUENTE: WWW.COSEVI.GO.CR

Según el gráfico anterior la mayoría de muertos corresponde al rol del conductor y a los peatones, seguido por los acompañantes. Esta cifra va en aumento cada año y además tiene un comportamiento estacional, pues existen temporadas durante el año en el cual ocurren la mayoría de los accidentes, como diciembre y la semana santa.

En Costa Rica se tienen tipificadas como las principales causas de accidentes los adelantamientos, no guardar la distancia con los automóviles de adelante, el irrespeto de las señales, el exceso de velocidad y la ebriedad. En total para el año 2000 se registraron 68 804 accidentes de tránsito con presencia de las autoridades de la Dirección General del Tránsito, de

los cuales se registraron 17 692 personas accidentadas con un saldo de 322 muertes (COSEVI,2002). El enfoque que le da el COSEVI a los accidentes de tránsito es desde el punto de vista de fallas de los usuarios de las vías, aún no se ha establecido la relación directa entre diversos factores propios de las vías como estado de la capa de rodamiento y de las señales de tránsito con los accidentes ocurridos.

La problemática que se tiene en las carreteras de nuestro país se debe en gran parte a la falta de planificación con que cuentan tanto el CONAVI y las municipalidades responsables de tales obras, con esta intención es que con el presente trabajo se espera realizar un pequeño aporte a tal tarea.

Toda esta problemática de las carreteras en Costa Rica, trae consigo que tales vías sean más vulnerables a los eventos naturales que en nuestro país se presentan con mucha frecuencia especialmente durante la época lluviosa, para el caso de tormentas e inundaciones que dañan con bastante frecuencia la infraestructura vial, además otro de los problemas con desastres naturales que presenta nuestro país es la alta frecuencia de eventos sísmicos. Debido a lo anterior se incrementan los costos de reparación de las obras debido a que alcanzan un estado muy avanzado de deterioro, a todo esto se le suma el aumento de los costos para los usuarios de las rutas nacionales y cantonales al tener éstos que invertir más en gasolina y reparaciones de sus vehículos. Todo lo anterior es uno de los factores que contrarresta el crecimiento económico de nuestro país.

Si consideramos las rutas cantonales, se estima (MIDEPLAN, 2002) que para atender el colapso de tales vías, se deben invertir durante siete años 33 300 millones de colones; con el presupuesto actual de las municipalidades apenas se pueden invertir unos mil millones de colones, más un porte de 3,5 mil millones por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). La Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria que como se mencionó anteriormente financia mediante el impuesto al combustible el mantenimiento y construcción de las rutas nacionales por parte del CONAVI, deja por fuera a las rutas cantonales, que como se manifiesta tienen un grave déficit para atender el avanzado grado de deterioro en que se encuentran.

Actualmente se encuentra en trámite un proyecto de Ley que busca el financiamiento para mantener las rutas viales cantonales mediante la creación de un Fondo Vial Municipal (FOVIMUNI), que recibe ingresos a través del impuesto a la gasolina, a los bienes inmuebles directamente beneficiados y a la propiedad de los vehículos. Además este fondo se alimentaría con el cobro del uso de las terminales de transporte, estacionamientos en vías públicas y las asignaciones presupuestarias que destine cada municipalidad al fondo.

El FOVIMUNI existiría para cada cantón y lo manejaría una Junta Vial Cantonal, compuesta por representantes de cada gobierno local, de sectores empresariales y de representantes ministeriales en cada cantón entre otros.

Los recursos limitados con que cuentan las instituciones públicas responsables de las vías tanto nacionales como cantonales reduce las posibilidades de solución de la problemática antes mencionada, además del deterioro de las inversiones por parte del Estado destinadas con el fin de mantener en buenas condiciones nuestras carreteras.

El exceso de vehículo que circulan diariamente por nuestras carreteras agrava el problema, debido a que el diseño original en la mayoría de las vías no consideró en su momento semejante cantidad de flota vehicular, por lo que la carga a la que esta expuesta la capa de rodamiento y el paquete estructural de las carreteras sufre aún más deterioro que con la carga de diseño.

En resumen, se pueden establecer varios factores que constituyen la principal problemática de la red de carreteras de nuestro país:

- En primer lugar el estado físico de deterioro en que se encuentra actualmente la red vial.
- El exceso de vehículos a los que se ve sometido el sistema de carreteras, que en los últimos años ha tenido un crecimiento alto.
- La falta de recursos por parte del CONAVI y las Municipalidades para atender las necesidades que demanda la red vial y cantonal.
- La falta de planificación de las instituciones responsables del mantenimiento y mejoramiento de las carreteras para hacer un uso efectivo de los recursos que son limitados y además han venido disminuyendo a través del tiempo, debido a los menores

desembolsos por parte del Gobierno y a la menor importancia que tiene actualmente la infraestructura vial dentro del presupuesto nacional.

Unido a lo anterior se estima que con la desaparición de los ferrocarriles en nuestro país, se aumentó el deterioro de las vías, debido a que toda la carga comercial se traslada ahora casi en su totalidad por estas rutas terrestres. La demanda que tuvo la red vial nacional con tal situación tuvo un aumento significativo, esto unido a la falta de mantenimiento, crea que la carga o el esfuerzo que tengan que soportar ahora las rutas aumenta, muchas veces en rutas que originalmente no estaban diseñadas para tal efecto.

CAPÍTULO III : EL LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, ENTE FISCALIZADOR DE LAS OBRAS VIALES EN COSTA RICA

3.1 Reseña histórica del LANAMME

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica, es:

Un laboratorio que tiene como fin primordial el desarrollo autónomo de la investigación, la docencia, la cooperación técnica y la transferencia tecnológica en materia de protección de la infraestructura civil, vial y líneas vitales, ubicado en la región centroamericana, de fácil acceso y con vocación de servicio.

El objetivo principal del laboratorio es el de poner a disposición de los gobiernos, la empresa privada, las instituciones autónomas, las instituciones académicas, centros especializados y los gobiernos locales o municipales, servicios que les permitan, mediante la incorporación de procesos tecnológicos modernos y accesibles, mejorar los procesos productivos y la competitividad en la construcción de los modelos de desarrollo en el campo de la ingeniería de transportes, sísmica, estructural, de materiales y geotécnica (Panfleto de presentación del LANAMME, 1998).

Esta introducción nos da una idea de la importancia del LANAMME dentro del contexto nacional, además nos muestra de manera general algunas áreas en las que este Laboratorio ha sido pionero desde su fundación; disciplinas en las que ha tomado la batuta y se ha desarrollado como uno de los principales laboratorios de materiales de la región latinoamericana.

El Laboratorio de Materiales de la Universidad de Costa Rica, nace casi al mismo tiempo que este centro de enseñanza benemérito de la patria.

Los primeros pasos del Laboratorio de Materiales se dan en el año de 1951, cuando el edificio de la Universidad de Costa Rica se ubicaba en lo que se conocía como el Potrero de los Gallegos, que hoy ocupa el Poder Judicial. En uno de los cuartos del sótano de este edificio, tal vez de 4x8 m, se ubicó la primera generación de este laboratorio (Max Sittenfeld, 1995).

Con el diseño y construcción del Aeropuerto Internacional El Coco, hoy Juan Santamaría el laboratorio tomó forma.

Fue durante esta época que se celebra un acuerdo entre el laboratorio y el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) para adquirir parte de los equipos que algunos de ellos se conservan hasta nuestros días.

Desde su comienzo el LANAMME ha estado vinculado además de la enseñanza y la investigación, a la prestación de servicios a instituciones del Estado y a la profesión de ingeniería en general.

Al trasladarse la Escuela de Ingeniería Civil a San Pedro de Montes de Oca, se logró incorporar a la edificación que hoy ocupa la Facultad de Ingeniería, una ala en forma de T para albergar a los laboratorios de Hidráulica y Materiales. Nuevos equipos se agregaron a los que ya se tenían, entre los que se pueden citar la máquina de pruebas universal, marca Riehle, con capacidad de 136.000 kg, 5 rangos selectivos y control de velocidad de deformación o de esfuerzos. También se logró adquirir mediante un acuerdo con el ICE, la máquina de pruebas triaxiales para suelos (Max Sittenfeld, 1995).

La ayuda interinstitucional se dio entre el laboratorio y otras instituciones del Estados costarricense como el MOPT, al ICE, INVU y AYA.

La Ley 7099 de octubre de 1988 y el Subprograma A del préstamo BID-CONICIT-CONARE no solo sirvió para financiar sus nuevas instalaciones y equipos sino que le dio carácter de Laboratorio Nacional al servicio de todos los costarricenses.

El actual edificio fue inaugurado en marzo de 1994, aunque el traslado definitivo tuvo que esperar hasta enero de 1995.

El 24 de julio de 1996 el LANAMME inauguró un sistema piso fuerte – muro de reacción que convirtió a Costa Rica en el tercer país de América Latina, junto con México y Argentina, en poseer la tecnología necesaria para simular la respuesta de estructuras y sistemas constructivos

ante cargas sísmicas a escala natural. La construcción de este sistema tuvo un costo cercano a los 25 millones de colones y consiste en una losa de piso de 17 por 8 metros, con un espesor de 1,40 metros. Cuenta con 66 anclajes, cada uno capaz de resistir 100 toneladas de fuerza. El muro tiene 5,8 metros de alto y ambos (muro y piso) fueron construidos de concreto reforzado con varilla de acero y torones de post-tensión.

Entre los principales proyectos que el LANAMME ha tenido se encuentran: los materiales y concreto asfáltico de diversas carreteras (Barranca-Arizona, Santa Cruz-Nicoya, Zarcero-Ciudad Quesada, Taras-La Georgina, etc); Evaluación del Impacto de un Terremoto en la Península de Nicoya y contratos con los principales fabricantes del país de materiales de construcción (tuberías, bloques, adoquines, cementos y concretos, baldosas, etc), Convenio MOPT- UCR Programa de Mantenimiento Rutinario.

Recientemente se adquirió un equipo deflectómetro y un perfilómetro láser, para evaluar la calidad de los pavimentos de la red vial nacional.

Actualmente con la aprobación de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, el LANAMME se asegura el financiamiento mediante un porcentaje de la recaudación fiscal.

Las áreas en las que el LANAMME se desempeña son:

- La ingeniería estructural: donde se miden las propiedades físico-mecánicas de los materiales estructurales, el comportamiento ante cargas de uso común y de fenómenos naturales de los diferentes sistemas estructurales existentes o nuevos, así como la recomendación de especificaciones específicas, prácticas y normas de aplicación general para mejorar el diseño y la construcción. El programa de ingeniería estructural tiene influencia en la construcción de naves industriales, hospitales, edificios y bodegas; que son partes fundamentales de la productividad industrial y comercial. Además apoya el sector vivienda, en busca de mejores materiales y sistemas constructivos.
- Ingeniería Geotécnica: caracteriza las propiedades físicas, mecánicas y estructurales de los suelos y las rocas. Su campo de aplicación es en las áreas de cimentaciones de diversas construcciones civiles y viales, además de la problemática relacionada con el impacto de las obras de infraestructura sobre el medio ambiente, tal es el caso de rellenos

sanitarios, embalses y líneas vitales. Dentro de esta disciplina se incluye el diseño y la construcción de puertos.

- Ingeniería sísmica: en un país como Costa Rica con una alta frecuencia de ocurrencia de fenómenos sísmicos, este programa tiene bastante importancia, pues analiza el impacto y la destructibilidad de los terremotos en Centroamérica; de manera que se puedan crear estrategias para minorizar el efectos de tales eventos.
- Ingeniería en transportes: genera una plataforma tecnológica para la resolución de los problemas relacionados con la construcción, la rehabilitación y el mantenimiento de las carreteras y aeropuertos nacionales y regionales.

Este Centro de Investigación es reconocido a nivel nacional e internacional como un apoyo a la búsqueda de soluciones en materia de infraestructura.

3.2 Labor asignada al LANAMME por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria

El LANAMME al constituirse como una institución líder en el campo de la infraestructura vial a nivel nacional y regional, ha generado recurso humano con un alto conocimiento en el aspecto técnico-constructivo de las carreteras y además se ha equipado con tecnología de última generación en el área del análisis de la calidad de las obras viales. Es por esta razón que mediante una iniciativa de la Asamblea Legislativa, se propone financiar al LANAMME para aprovechar el potencial tecnológico que ha desarrollado a través de sus 50 años de existencia.

Otro de los motivos para incluir al LANAMME dentro del esquema de fiscalización de las obras viales fue la creciente necesidad de tener a una tercera parte independiente que diera por aprobada la labor tanto de la administración, representada por el CONAVI, como de la empresa privada involucrada.

De esta forma, la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria, aprobada el 2 de julio del 2001, incluye al LANAMME como destinatario de fondos del Estado, de manera que cumpla con la labor de fiscalizar la calidad de las obras viales y civiles que realiza el gobierno.

Específicamente los recursos asignados al LANAMME, dentro de este nuevo esquema propuesto por el Estado, provienen del 30% destinado al Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) como

parte del cobro de los impuestos al licor y cigarrillos. Sin embargo estos recursos se transfieren directamente a la Universidad de Costa Rica y no deben pasar por el CONAVI para que esta entidad los dirija al laboratorio, de esta forma se asegura el LANAMME la independencia de cualquier influencia externa que pueda comprometer la integridad de su labor de fiscalización. Además es de destacar que para el año 2002 existe un faltante del 38% aproximadamente del presupuesto original que de debió girar al LANAMME (Informe de labores 2002, LANAMME).

El LANAMME debe rendir cuentas periódicamente al país mediante informes de labores destinados a la Asamblea Legislativa, la Defensoría de los Habitantes, el MOPT y la Contraloría General de la República, del destino de los recursos que le son asignados y además debe dar una explicación de la labor que ha desarrollado hasta el momento.

Las labores que debe cumplir el LANAMME según la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria incluye:

1. Programas de formación y capacitación de técnicos de laboratorio.
2. Auditorías técnicas de proyectos en ejecución.
3. Evaluación bienal de toda la red vial pavimentada.
4. Evaluación anual de las carreteras y puentes en concesión.
5. Actualización del manual de especificaciones y publicación de una nueva edición (revisada y actualizada) cada diez años.
6. Auditorías técnicas a los laboratorios que trabajan en el sector vial.
7. Asesoramiento técnico al jerarca superior de la Dirección de Vialidad del MOPT, así como al Ministro y Viceministro del sector.
8. Ejecución y auspicio de programas de cursos de actualización y actividades de transferencia de tecnología dirigidas a ingenieros e inspectores.
9. Programas de investigación sobre los problemas de la infraestructura vial pavimentada del país.

(Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria No. 8114, 2001).

Para cumplir con las tareas antes mencionadas el LANAMME se ha organizado en cinco subprogramas:

- Capacitación y transferencia tecnológica
- Auditorías técnicas
- Evaluación
- Investigación
- Asistencia técnica

Estos subprogramas contemplan todas las actividades que por ley le son asignadas al laboratorio (Informe de labores 2002, LANAMME).

El primer paso del LANAMME fue crear normativas para regular la actividad fiscalizadora y tener procedimientos claros de cómo se iba a desarrollar esta actividad. Es decir la primera acción se da en el sentido de establecer las reglas del juego a lo interno del Laboratorio.

El siguiente es un resumen de cada una de las actividades desarrolladas por el LANAMME de manera que se cumplieran las metas respecto a la ley 8114 planteadas por parte de la Dirección y los Coordinadores de programas.

En el área de *capacitación*, las metas planteadas son tener a corto plazo al personal técnico y profesional del país con un alto nivel de especialización en el tema de la infraestructura vial, teniendo lo último en tecnología disponible. Las capacitaciones van en una primera etapa dirigidas a los funcionarios del MOPT, del CONAVI, de las empresas constructoras y a las próximas generaciones, de tal manera que se tenga una visión de largo plazo en la formación de personal responsable con respecto al tema de la infraestructura de nuestras carreteras.

Para el año 2002 el LANAMME ha impartido cinco grandes capacitaciones, donde se ha contado con 234 participantes, de los cuales más de la mitad pertenecen a los sectores donde se toman decisiones en Costa Rica acerca de la infraestructura vial, es decir, ministerios y empresas constructoras. Además en estas capacitaciones se ha contado con la presencia de representantes de otros países como Venezuela, Guatemala, Honduras y El Salvador (Informe de labores 2002, LANAMME).

Los temas incluidos en las capacitaciones antes mencionadas abarcan temas tan diversos como acreditación de laboratorios de ensayo, modelos de desempeño de pavimentos, hasta la reología.

Para el año 2003 este plan de capacitaciones contempla ampliar aún más la cantidad de cursos disponibles para incrementar la calidad del recurso humano en ingeniería de nuestro país.

Además se inició en el 2002 con una serie de talleres enfocados a mejorar la gestión de las rutas denominadas cantonales, que denotan un alto grado de abandono. El primer taller se realizó en Golfito, contando con la participación de una gran parte de los gobiernos locales del país, lo que a su vez evidenció la gran cantidad de carencias tecnológicas y organizativas con los que cuenta este sector en el área de infraestructura vial.

Otro de los medios con los que cuenta el LANAMME para difundir su labor es la revista trimestral con artículos de investigación y lo último en tecnología de pavimentos, que ha ido adquiriendo prestigio y se ha enviado a otros países con un alto grado de aceptación. En total se han sacado al público 4500 ejemplares de dicha revista (Informe de labores 2002, LANAMME). Dentro de los objetivos a mediano plazo que se ha trazado el LANAMME en el área de capacitación, se encuentra la formación como carrera reconocida por la Universidad de Costa Rica (UCR), de técnicos de laboratorio e inspectores de planta y campo, para proyectos viales, de manera que el personal que se desarrolle en estos campos tenga el respaldo de una formación de alto nivel y con el reconocimiento de la UCR.

Otros de los subprogramas que el LANAMME ha ido desarrollando en forma muy activa, ha sido el de *auditorías técnicas*. En este programa la prioridad ha sido advertir a las autoridades pertinentes acerca de los diferentes errores que se han encontrado durante la ejecución de los proyectos viales, de manera que se puedan tomar las acciones correctivas a tiempo, para mejorar las condiciones de la infraestructura vial del país.

El primer paso dado en este sentido ha sido la fijación de los procedimientos con los que se va a auditar a los diferentes componentes de los proyectos de infraestructura vial del país, que ha contratado el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), a través de procesos licitatorios, tal y

como lo establece la Ley de Administración Financiera, que es la que aplica para las contrataciones hechas por entidades públicas.

Los procedimientos para efectuar las auditorías aseguran la uniformidad o estandarización que se aplica durante la labor de fiscalización sobre los proyectos viales. Estos procedimientos se encuentran compilados en el llamado “Manual de Auditoría”, que ha sido elaborado por el personal del LANAMME que se encuentra laborando para cumplir con los requisitos de la Ley 8114, además cuenta con un proceso de revisión y aprobación por parte de las más altas autoridades del Laboratorio.

La parte de auditorías técnicas se diversifica para cubrir varios aspectos de los proyectos de construcción vial. Primero se analizan las obras por contrato, donde el Estado saca a licitación los diferentes proyectos de construcción de obras nuevas o que requieren de un alto nivel de reconstrucción; posteriormente después de recibir las diferentes ofertas, se le adjudica el proyecto a la empresa que mediante una evaluación técnica y financiera obtenga el puntaje más alto. No debe confundirse esta modalidad con las concesiones, pues en las obras por contrato el Estado efectúa desembolsos de efectivo, conforme avanza la obra; por lo tanto es éste el que realiza la inversión inicial, mientras que en las concesiones corrientes (excepto en el modelo mixto³), es la empresa privada la que asume el desembolso de la inversión inicial del proyecto.

Los pagos en este tipo de proyectos se efectúan conforme se avanza la obra y mediante certificados de calidad emitidos por laboratorios contratados por la empresa constructora y bajo la supervisión del CONAVI. Los resultados de las auditorías efectuadas por el LANAMME a las obras por contrato han demostrado faltas especialmente en la etapa de planificación de los proyectos, tanto en el campo técnico como financiero, pues en muchos casos las decisiones sobre la obra no se realizan con el adecuado respaldo técnico y además los pagos no se efectúan de acuerdo a la calidad de la obra.

Otro tipo de obras que desarrolla el CONAVI y que fiscaliza el LANAMME, son los proyectos de mantenimiento rutinario, que consisten en 13 diferentes regiones del país las cuales se

³ El modelo mixto de concesiones plantea al Estado y a la empresa privada como inversores.

adjudican a la empresa privada para que se encargue de su mantenimiento periódico. Estos contratos llevan el mismo proceso mencionado anteriormente para las obras por contrato, además también se realizan los desembolsos por parte del Estado en la modalidad que se ha denominado “*pago en función de la calidad*”, que consiste en efectuar los pagos contra entrega de informes de laboratorio que aseguren que los distintos materiales utilizados en los proyectos cumplan con todos los controles de calidad necesarios y que además se realicen los ajustes adecuados para garantizar esta calidad. Estos 13 proyectos han sido auditados en su totalidad por el LANAMME y se han encontrado diversas faltas, que van desde aspectos pequeños que no afectan la integridad del proyecto, hasta situaciones que implican la pérdida de millones de colones, que al final de cuentas provienen del dinero aportado por todos los costarricenses.

Anteriormente se ha mencionado uno de los factores más importantes en el control de calidad de los proyectos, es precisamente el papel que realizan los laboratorios de control de calidad de los contratistas; en este campo el LANAMME ha efectuado auditorías a todos los laboratorios que actualmente se encuentran funcionando para garantizar la calidad de las inversiones, tanto en obras por contrato como en proyectos de mantenimiento rutinario. El control de calidad lo realizan diferentes laboratorios privados que se encuentran en la oferta que debe presentar la empresa constructora para participar en las distintas licitaciones. Además el CONAVI, supervisa la labor de los laboratorios, pues el pago de los proyectos es efectuado en función de los informes de dichos laboratorios (que son pagados por el contratista); de esta forma con la participación del CONAVI y del LANAMME se garantiza que no exista un posible conflicto de intereses entre los del contratista y los del país.

Dentro de los laboratorios del sector vial, se ha demostrado que algunos operan en condiciones bastante deplorables, especialmente los que laboran en zonas alejadas del área metropolitana, con lo que no se puede asegurar la confiabilidad técnica de los resultados emitidos por algunos de estos laboratorios.

Por último el LANAMME ha tomado un aspecto a veces menospreciado dentro de los proyectos viales, como es la seguridad vial, en este sentido la labor del Laboratorio ha sido realizar auditorías a proyectos ya existentes y a los proyectos por realizar (revisión de los diseños). El

primer diagnóstico efectuado fue realizado a la vía San José – Cartago (Florencio del Castillo), donde se encontraron serias deficiencias, que inmediatamente le fueron comunicadas a las autoridades pertinentes, pues está en juego la vida de los usuarios de esta vía cuyo tráfico diario se estima en 31 000 vehículos (LANAMME, Informe de Labores 2002), además de la gran cantidad de peatones que circulan por sus alrededores.

En total durante el segundo semestre del año 2002 se efectuaron 14 auditorías técnicas, cuyos informes han sido distribuidos a el Ministro de obras públicas, a la Asamblea Legislativa, a la Defensoría de los Habitantes y a la Contraloría General de la República, de manera que establezcan las responsabilidades necesarias en los casos donde se han detectado anomalías.

Otro de los subprogramas que ha desarrollado de forma intensa el LANAMME ha sido la evaluación de la red vial nacional, en base a parámetros reconocidos internacionalmente como el índice de regularidad internacional (IRI) y las deflectometrías, con este fin el Laboratorio cuenta con un perfilómetro láser y un deflectómetro de impacto o *Falling Weight*, éste último es un equipo muy costoso y que solamente Costa Rica y Argentina en Latinoamérica lo poseen.

La evaluación de la red vial con estos parámetros es de gran importancia, pues es un factor para la clasificación de las distintas vías de Costa Rica, que a su vez es uno de los pasos necesarios para tomar decisiones de inversión en el área de la infraestructura vial, debido a que en base al estado de la vía se pueden priorizar o dar peso a diferentes obras , con lo que se mejoraría al menos uno de los aspectos del proceso de planificación dentro del sector vial.

El IRI se relaciona con la comodidad que perciben los usuarios en el momento de conducir por las diferentes vías y tiene una incidencia directa en el nivel de servicio de la carretera y en los costos en que incurren los usuarios; las vías nuevas que han llevado buenos procesos constructivos tienen un IRI del orden de 2 o menor, conforme la vía se utiliza este índice aumenta, por lo que su medición puede ser tomada como una medida para intervenir la carretera, es decir cuando llegue a cierto nivel de IRI se puede realizar un mantenimiento. Por otra parte las deflectometrías se relaciona con la capacidad estructural o de soporte del pavimento, es decir es

un factor primordial para decidir el tiempo que va a durar una vía en buen estado de servicios o si por el contrario es necesario intervenirla (LANAMME, Informe de Labores 2002).

Hasta el momento con el IRI se ha evaluado por parte del LANAMME el 99% de la red vial nacional, faltando solamente el sector central de San José. Como medida de referencia se puede decir que según la normativa vigente en Chile y Costa Rica una vía en buen estado se considera cuando su IRI es menor a 3, mientras que en los Estados Unidos este valor debe ser menor a 2,4. Un valor de IRI considerado como malo en Costa Rica es cuando este índice es mayor o igual a 5, mientras que en Chile debe ser mayor a 4,0 y en Estados Unidos mayor a 4,7.

Los resultados de la evaluación efectuada por el LANAMME indican que en base a lo anterior, solamente el 23,57% de las carreteras del país se encuentran en buena condición de rodamiento; un 38,04% en condición regular y un 38,39% en mal estado. Como se mencionó anteriormente este es el primer paso para formular un programa de inversiones basado en planificación.

Por último y para cumplir por completo con el propósito de la Ley 8114, el LANAMME ha desarrollado un ambicioso programa de investigación aplicada, que tiene por finalidad escoger entre los principales problemas técnicos que tienen nuestras carreteras y someterlos a un proceso de investigación. Los campos abarcados comprenden desde deformaciones de los pavimentos, hasta tecnologías de análisis de pavimentos como el *Superpave* que en países industrializados han sido utilizadas para determinar el grado de desempeño de las carreteras. El objetivo de este subprograma es desarrollar investigación que se pueda aplicar a los procesos constructivos de las carreteras de nuestro país y mejore su calidad, al menor costo; además se espera participar con estos proyectos de investigación en diferentes congresos a nivel internacional, de manera que se pueda mostrar al mundo el alto nivel de tecnología e investigación con que cuenta nuestro país.

Todos los subprogramas antes mencionados se esperan difundir mediante un portal interactivo, en el cual además de encontrar información de alta calidad acerca del conocimiento en infraestructura vial, tenga la ventaja de poder informar al usuario acerca del estado de distintas carreteras en cuanto a estructura y nivel de congestión, para esto se requiere un nivel alto

de interacción entre los diferentes entes del Estado y el LANAMME, que se relacionan con las carreteras y vías del país.

Todo lo citado anteriormente lo efectúa el LANAMME con el fin de cuidar las inversiones que realiza el país en infraestructura vial; dichas recursos provienen de todos los costarricenses a través del pago de impuestos, peajes, entre otros. Por lo tanto deben ser manejados con la mayor eficiencia posible, para obtener el mayor rendimiento económico y social posible.

3.3 Importancia para el LANAMME de un modelo de valoración de activos públicos en carreteras

Dentro de la concepción de todo proyecto o conjunto de éstos, es importante tener en cuenta la importancia que contempla la parte previa a la ejecución o puesta en marcha. Básicamente un proyecto se concibe como la solución práctica o aplicada de una necesidad que se tiene; en el caso de proyectos viales, las necesidades incluyen la comunicación entre distintos puntos, el transporte de mercaderías, el acceso más rápido a educación, desarrollo profesional y laboral, atención médica más cercana, entre otros. Una vez detectada la necesidad que da origen a un proyecto, un buen planificador debe identificar los medios más eficientes para solventarla.

Un proyecto vial debe llevar un proceso de planificación y análisis, por parte de las autoridades responsables, que para el caso de Costa Rica, lo constituye el CONAVI y las distintas municipalidades.

Dentro del marco de buscar siempre el desarrollo de la sociedad y el bienestar de sus miembros, toda decisión que afecte sus intereses, debe traer consigo un proceso de planificación. Establecer un plan implica tomar decisiones sobre las acciones a seguir en determinado proyecto, estas decisiones deben tener a su vez un sustento de peso, debido a que no se puede predecir el futuro, los métodos de proyección o pronóstico usados en la toma de decisiones, deben ser lo más precisos posibles, pues una falla en éstos puede llevar al fracaso anticipado en la consecución de una meta determinada. Para el caso de las inversiones en infraestructura vial, las pérdidas pueden alcanzar cifras monetarias bastante altas, además de las incomodidades que tiene que sufrir el usuario de las vías, que también lleva un costo implícito. Como los recursos de la nación son

limitados, el presupuesto dedicado a carreteras compite con otras necesidades del país como educación y salud, de esta forma se debe demostrar un buen uso del patrimonio del Estado.

El desarrollo de proyectos con éxito, es entonces indicativo del avance de una sociedad y parte de este éxito depende del mejor uso de los recursos disponibles. En los países que se consideran como desarrollados o de alto grado de industrialización, las entidades gubernamentales tienen todo un sistema desarrollado para ejecutar planes de inversión en infraestructura vial, de manera que el dinero que aportan los contribuyentes mediante impuestos y otros cobros, reciba un uso eficiente; esto se refleja en la calidad de los servicios que pueden gozar los habitantes de estos países.

Si bien siguiendo un plan estructurado no se garantiza el éxito, pero al menos se disminuye la incertidumbre o riesgo asociado a la inversión en proyectos de infraestructura vial; al menos se deben tener algunos de los siguientes estudios de viabilidad antes de iniciar la ejecución de una obra o un conjunto de éstas:

- Estudio de pre factibilidad : En esta etapa se pueden tener concepciones generales de la forma de resolver la necesidad, sin entrar en detalles, se pueden plantear distintas soluciones y sus ventajas y desventajas, de manera que en este proceso se pueden desechar los proyectos que del todo no presenten un beneficio social.
- Estudio de factibilidad: Una vez superada la etapa anterior, se puede entrar con más detalle al análisis de las distintas alternativas de solución de necesidades viales, incursionando en el análisis cuantitativo y comparativo, los costos y beneficios pero contemplados sin la precisión o exactitud de etapas posteriores. Esta etapa puede servir nuevamente de filtro para desechar opciones no viables.
- Viabilidad técnica: Al conocer más profundamente distintas opciones de solución, se debe entonces revisar si el o los proyectos pueden realizarse desde el punto de vista técnico, es decir si las condiciones presentes, permiten el uso de determinada tecnología sobre otra, si se desea una reconstrucción general de la vía en concreto o en mezcla asfáltica, por ejemplo. En esta etapa es donde los ingenieros tienen influencia en la planeación del proyecto, pues la toma de decisiones necesarias requiere de los estudios de suelos,

drenajes, material disponible, características de pendiente, movimientos de tierras, entre otros.

- Viabilidad financiera: Después de examinar las características técnicas de los proyectos bajo estudio, se puede realizar el análisis financiero de los mismos, que en el caso de proyectos de infraestructura vial, consiste en una comparación de los costos derivados del estudio de viabilidad técnica y de los beneficios o en su defecto ahorro en costos, originados de las distintas propuestas. Tanto los costos como beneficios, se deben traducir hasta donde sea posible en términos monetarios, de tal forma que se pueda realizar un análisis convencional de flujos de efectivo proyectados, con herramientas como el valor actual neto (VAN) de las inversiones o la tasa interna de retorno (TIR).
- Estudio macroeconómico: Además en proyectos viales o conjuntos de éstos, de gran importancia o que requieran de gran cantidad de recursos del Estado, se debe efectuar un análisis del impacto de tales proyectos sobre la economía nacional, pues como se mencionó anteriormente existen otros destinos para el capital público, que se deben priorizar de acuerdo a las necesidades más urgentes o a las políticas generales que se trace el país en términos de infraestructura, educación, salud y seguridad ciudadana, entre otros. Un proyecto vial debe examinarse desde la óptica de su influencia no solamente para los usuarios directos, si no también para el país en general; para citar un ejemplo se debe mencionar el caso de la ruta 32 mejor conocida como "*Braulio Carrillo*", cuya importancia económica para el país es evidente, pues por esta vía se transporta la mayor parte de la carga tanto que ingresa como que sale de nuestro país, promoviendo la exportación y afectando la balanza comercial del país y otros indicadores económicos como el producto interno bruto (PIB), debido a la venta de materia procesada en el exterior y la tasa de desempleo, que corresponde a la gran cantidad de familias costarricenses que dependen de las mercancías transportadas por esta ruta.
- Viabilidad ambiental: Si bien es cierto las demás etapas son las que típicamente han tenido más realce en los estudios de factibilidad de proyectos viales del país, es evidente que en un mundo más conciente de la importancia de conservar los recursos naturales y toda la biodiversidad existente, como medio propio de la subsistencia de los seres humanos futuros y como mejora de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras; es que se debe determinar el impacto de una carretera en el ambiente que la rodea,

de manera que el impacto de una determinada obra pueda ser medible con cifras, como cantidad de gases nocivos y especies en peligro y así determinar la influencia del trazo de una vía dispuesto. Si bien esta etapa implica un costo adicional dentro de los proyectos viales, es importante incluirlo como parte de la planificación contemplada a largo plazo, pues cualquier daño causado al ambiente en determinado momento se convertirá en un perjuicio para nosotros mismos.

- Viabilidad legal: Por último se debe determinar si el proyecto cumple con la legislación actual, como por ejemplo la ley de administración financiera y otras regulaciones y permisos, que deben a su vez estar contemplados como costos dentro del análisis financiero.

Una vez que los proyectos pasen por éstos tamices es que se puede empezar a realizar la etapa de ejecución de los mismos, pues como se mencionó anteriormente esto disminuye el riesgo de que se presenten situaciones inesperadas que puedan atentar contra el éxito de los planes de inversión vial. En muchos casos los fracasos o la falta de planificación de los proyectos en infraestructura de carreteras se puede reflejar en la pérdida de vidas humanas.

El LANAMME como ente fiscalizador del país debe analizar todas las etapas antes mencionadas de los proyectos, de manera que se tenga un panorama total de las inversiones en carreteras, desde su concepción hasta su puesta en marcha y su seguimiento respectivo.

Si bien es cierto el enfoque técnico *ad hoc* con que realiza el LANAMME sus auditorías a los proyectos viales es muy importante, también es cierto que muchos de los problemas que se presentan en las obras se deben mirar atrás en la etapa de planificación antes detallada. Un enfoque técnico permite detectar errores en el momento de la ejecución de la inversión, un análisis del proceso de planificación permite tener una actitud más proactiva o preventiva que reactiva, pues los errores que se detectan en la etapa de auditoría técnica tienen por lo general soluciones que ameritan un uso de recursos o pérdida de los mismos, mientras que si una falta se detecta en la etapa de planificación, por lo general el Estado o el usuario no debe incurrir en un gasto económico.

Desde este punto de vista, se debe evaluar el porque nació un proyecto vial, para determinar si su valoración o análisis de costo beneficio fue el adecuado, se debe analizar

si el plan general de inversiones en carreteras por parte del Estado es realizado en forma eficiente, es decir priorizando las mejores alternativas al mayor beneficio y al menor costo social.

El fin último de la labor fiscalizadora del LANAMME es asegurar los rendimientos que obtengan de las vías, los usuarios de éstas y sus zonas aledañas, pues a fin de cuentas son éstos mismos los que aportan el capital necesario para desarrollar los proyectos. Este es el mismo enfoque que tiene un inversionista o accionista de una empresa privada, cuyo fin es conocer el uso que se le da a sus recursos, de manera que se aumente el valor de sus inversiones. La rendición de cuentas por parte de las instituciones públicas debería ser parte de sus actividades cotidianas, pues son los usuarios o ciudadanos su razón de existir y se les debe dar la importancia que merecen.

Es el LANAMME entonces el representante de los ciudadanos en esta tarea de saber que rumbo se le da a su dinero, por lo tanto un análisis costo beneficio llevado a cabo considerando todas las variables necesarias, asegura que se contemple dentro de la labor fiscalizadora, el análisis completo de las inversiones en infraestructura vial.

La valoración de las carreteras no se puede basar exclusivamente en factores técnicos, además debe considerar su beneficio a los usuarios y su inmersión dentro de un plan total de inversiones, pues se podría dar el caso de que proyectos con poco valor para el país se estén desarrollando, con la consecuente mala utilización de los recursos.

En la actualidad las autoridades responsables de tomar decisiones acerca de proyectos viales en el país, no consideran al momento de ejecutar las obras, los estudios de valoración de carreteras que efectúa el Departamento de Planificación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), además estos estudios tienen ciertas carencias, por lo que su uso podría subvalorar diferentes proyectos, restándole la importancia que se merecen. Es entonces donde el LANAMME puede analizar la labor de los responsables de las vías en Costa Rica, en cuanto a la planificación basada en la toma de decisiones derivada de los estudios de valoración de proyectos de infraestructura vial.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO UTILIZADAS EN COSTA RICA

El proyecto de construcción de la ruta 27, que se conoce como San José – Caldera, se viene concibiendo desde hace varios años, no es sino hasta los últimos tiempos que este proyecto ha vuelto a tomar la atención del público, debido que sería una de las primeras obras viales que se implementan en Costa Rica bajo la modalidad de concesión, explicada con detalle en los capítulos I y II.

Las características básicas de este proyecto son:

- Longitud: 78 kilómetros
- Plazo de la concesión: 25 años
- Costo del proyecto: US\$ 140 millones
- Consorcio adjudicatario: Empresas Cartellone y Acosol

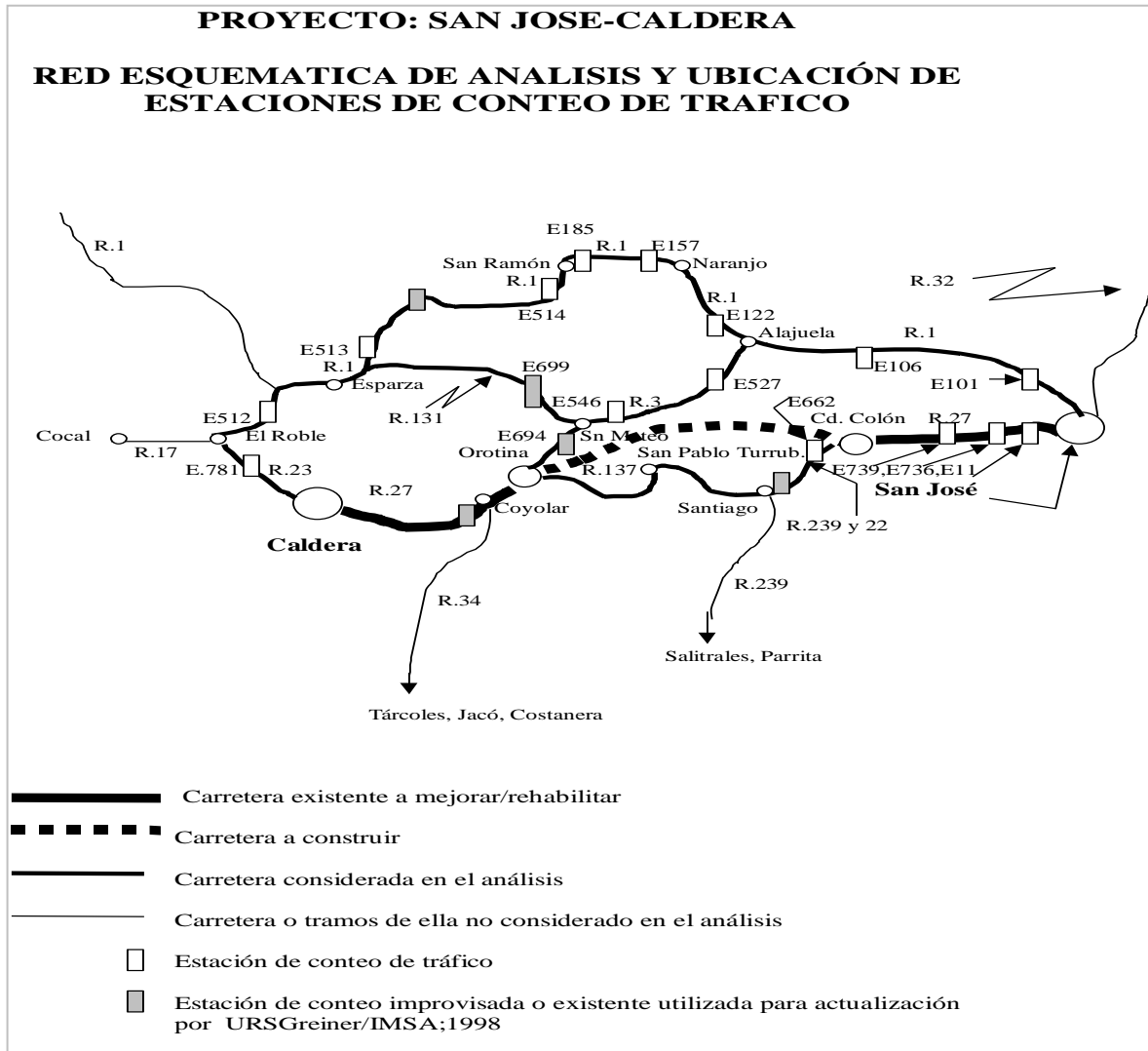
(Consejo Nacional de Concesiones, 2003)

La ruta 27 comienza en el sector oeste de la ciudad de San José y termina en el puerto de Caldera en la provincia de Puntarenas, en la costa pacífica. Se divide en tres secciones principales:

- Sección 1: San José – Ciudad Colón, con una longitud de 33 kilómetros, un plazo de mejoramiento y acondicionamiento de un año y un costo de US\$ 33 millones.
- Sección 2: Ciudad Colón – Orotina, con una longitud de 38 kilómetros, un plazo de dos años de construcción y un costo total de US\$ 86 millones.
- Sección 3: Orotina – Caldera, con 23 kilómetros de longitud, seis meses de plazo para su mejoramiento y un costo de US\$21 millones.

Las secciones 1 y 3 existen, pero requieren de mejoramiento para aumentar su capacidad, debido al aumento del tráfico; además se espera ampliar los carriles, crear nuevas intersecciones, ampliación de puentes y pasos a desnivel; mientras que la sección 2 consiste en la construcción de una nueva carretera en una zona montañosa y rural (ver figura 1).

FIGURA # 2. ESQUEMA DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA Y SU ENTORNO



FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN DEL MOPT

La velocidad de diseño promedio de la carretera se espera que sea de entre 80 y 100 kilómetros por hora.

Los beneficios planteados por parte del Consejo Nacional de Concesiones (CNC) para esta ruta incluyen:

- Un mejor desplazamiento hacia el puerto de Caldera y la Región norte del país, con mayores niveles de seguridad y en un tiempo sustancialmente menor,

- Disminución significativa del consumo de hidrocarburos y menores costos de mantenimiento del parque vehicular, al viajar por una ruta de mejores estándares de calidad.
- Reducción de la tasa de accidentes de tránsito y mortalidad, dados los estándares de diseño con que se construirá y mantendrá la carretera.
- Con la integración de este corredor en la red vial, se promueve el desarrollo en las zonas urbanas y rurales de su área de influencia.

Esta ruta ha sufrido diferentes atrasos en su construcción, el más reciente se debe a que la Contraloría General de la República tiene en estudio el contrato. En un principio se contaba con tres empresas como concesionarias, la compañía argentina Cartellone y la nacional Acosol S.A., posteriormente se incorporó la constructora canadiense SNC-Lavalin. Debido a los problemas económicos por los que atraviesa Argentina y que han afectado a Cartellone, la empresa canadiense desea concretar la obra, sin embargo no puede tener más del 49% de las acciones pues así lo establece el contrato, esta pretensión de SNC-Lavalin de tener una mayor participación en la obra, pone en riesgo la misma, pues podría dejar la obra sin terminar (La Nación, 31 de enero de 2003). Por lo tanto la solución sería un acuerdo entre Cartellone y SNC-Lavalin.

La metodología de análisis empleada por la Dirección General de Planificación (DGP) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), comprende la división de la ruta en estudio en 21 tramos, en la parte que necesita una adecuación y en dos secciones en la zona de la vía que será construida. Además se consideran o comparan dos distintas situaciones, la primera se refiere a la alternativa sin proyecto o “base” y la segunda a un escenario con proyecto, de esta forma se pueden comparar los resultados obtenidos y definir si realmente es rentable la inversión, en comparación con la decisión de no efectuar la obra y que se trabaje con las carreteras existentes.

La DGP plantea la comparación entre el proyecto efectuado en relación a la alternativa de no realizarlo. Se debe mencionar, que existe otro estudio hecho por la empresa URS Greiner, para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC), que también realiza la evaluación económica del proyecto, en comparación con las otras alternativas existentes. El enfoque o finalidad de ambos análisis es diferente, pues para el MOPT, el estudio de viabilidad financiera es hecho para

cuantificar el beneficio económico de la obra, desde el punto de vista del país o Estado, mientras que URS Greiner, plantea el beneficio económico que representaría para una empresa concesionaria tener a su cargo la construcción y operación del proyecto, por lo tanto incluye la deuda y los beneficios obtenidos de los peajes, como puntos medulares de su análisis, para efectos de este proyecto de investigación, el primer caso es al que se le va a dar más realce, debido que para nuestros efectos lo que interesa es el beneficio que el país recibiría con la obra San José – Caldera. Sin embargo, se han tomado algunos aspectos del estudio realizado por URS Greiner, como las estimaciones del TPD y los costos iniciales de inversión, pues estos mismos datos los ha utilizado el MOPT para efectuar su análisis.

Uno de los primeros datos con los que se debe contar para la evaluación o valoración económica de un proyecto de carreteras, es el tráfico promedio diario, pues a partir de este valor se pueden realizar proyecciones de la carga que va a afectar a la capa de rodamiento y por ende se pueden analizar diferentes alternativas de mantenimiento y reconstrucción, así de esta forma se desarrollan las distintas actividades que contemplará el proyecto en un futuro.

La estimación de la demanda de la flota vehicular en este proyecto, fue realizada como se mencionó anteriormente, por la empresa estadounidense URS Greiner, quién a su vez subcontrato a la compañía nacional Ingetrans Consultores para realizar el estimado básico del TPD, que concluyó en 1999.

La metodología consistió en realizar aforos durante varios días (Ingetrans Consultores, 1999), en las diferentes rutas alternas, o que forman parte de la nueva planteada, estas son:

- Carretera Bernardo Soto, Ruta 1
- Manolo's – Atenas , Ruta 3
- Próspero Fernández, Ruta 27
- Radial a Ezcazú
- Ruta vieja a Ezcazú, Ruta 67

Además de estas mediciones para determinar el tráfico actual que se desplazaría de las rutas existentes a la ruta 27, se consideró, con el fin de tener datos más precisos del nuevo tránsito

generado y proyectarlo, realizar en distintos puntos de las carreteras mencionadas, encuestas sobre intención de viaje y sensibilidad de los usuarios al pago de diferentes tarifas de peajes. Este último factor tiene una gran influencia sobre el dato del TPD, pues en la modelación para determinar este parámetro, su valor se ve usualmente afectado por la consideración de que en la vía se presente un peaje, con diferentes montos para las tarifas cobradas en el mismo.

Una vez obtenidos los datos históricos de la tasa de crecimiento del TPD en las distintas rutas ya existentes, se realiza una proyección (basada además a los resultados de las encuestas) de la cantidad de tráfico que sería atraído por la nueva carretera y que se descontaría de las existentes. Entonces la proyección del TPD de la nueva vía San José – Caldera, se obtiene ponderando los crecimientos de las rutas actuales y añadiendo el nuevo tráfico que generaría la ruta planeada, según la intención de viaje de los usuarios y a su vez tomando en cuenta el factor que representan los peajes.

En cuanto al aspecto de los peajes, tenemos que se considera que en este proyecto, se cobraría peaje en ambas direcciones. Primeramente, para el segmento entre Ciudad Colón – Orotina, el peaje para los automóviles de pasajeros sería de 310 colones, además del existente en la carreteras Próspero Fernández, se estima que el costo total de peajes para el usuario de vehículos livianos, en el caso de un viaje completo, sería de 475 colones. A la vez se establece una relación de 2 a 1 con la tarifa de automóviles con la de los buses; de 2,5 para camiones de 2 y 3 ejes y de 6,33 para camiones de cinco ejes (URS Greiner, 1999).

A estos parámetros, considerados anteriormente, no se le agregó otros como el aumento en la flota vehicular, que para el caso de Costa Rica representa un factor muy importante a considerar, debido al comportamiento de crecimiento que ha tenido en los últimos años. Además la entrada al país de turistas, también ha venido creciendo en forma importante, por lo que su inclusión mejoraría también la precisión en el cálculo del TPD.

Matemáticamente la proyección de tráfico se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$V_f = V_o (1+i)^n \quad (7)$$

donde,

Vf = Volumen del escenario futuro

Vo = Volumen del escenario actual

i = Tasa anual de crecimiento histórica

n= Cantidad de años proyectados a partir del año base

(Ingetrans, 1999)

Las características geométricas de los tramos y secciones del análisis, se pueden observar en la siguiente tabla:

TABLA # 4. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS SECCIONES Y TRAMOS DEL PROYECTO

RUTA	TRAMO	LONG. (Km)	SUB.+ BAJ. m/Km	CURV. °/Km	PREC. (m/mes)	ALTITUD (msnm)
1	San José-Aerop.	17.4	10	25	0.15	1000
	Aerop.-Manolos	10.2	30	200	0.2	800
	Manolos-Sn. Ramón	31.3	56	360	0.2	800
	Sn.Ramón-Esparza	30.3	20	150	0.3	800
	Esparza-Barranca	5.7	20	150	0.2	150
3	Manolos-La Garita	3.4	20	150	0.2	750
	La Garita-Atenas	10.7	80	500	0.2	750
	Atenas-Sn.Mateo	21.6	20	150	0.25	600
	Sn Mateo-Orotina	2.8	20	150	0.25	250
17	Barranca-El Roble	4.6	0	0	0.2	19
22	Brasil-Cd. Colón	4.1	20	150	0.2	800
23	El Roble-Caldera	8.8	20	150	0.175	30
27	León Cortés-R.39	2.5	10	50	0.2	1000
	R.39 - Escazú	1	20	150	0.2	1000
	Escazú-Cd. Colón	11.4	20	150	0.2	800
	Orotina-Coyolar	6.9	20	150	0.2	200
	Coyolar-Caldera	16.7	20	150	0.2	100
131	Sn. Mateo-Esparza	20.5	20	150	0.25	240
137	Santiago-Sn. Pablo	20.9	80	500	0.3	900
	San Pablo-Orotina	20.6	20	150	0.3	285
239	Cd. Colón-Santiago	21.2	50	300	0.275	900
proy (R.27)	Cd. Colón-R.Grande	15.9	39.8	42.1	0.2225	800
	R.Grande.-Orotina	22.1	30.2	77.8	0.225	400

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN DEL MOPT

Los datos de las demás rutas (aparte de la 27) aparecen la tabla 4, debido al estudio de reasignación de tráfico que se tuvo que efectuar. En la tabla 5 se puede observar una comparación de las diferentes rutas para cumplir con el trayecto San José – El Roble de Puntarenas, tanto de las existentes como de la que se espera cubrir con el nuevo proyecto.

TABLA # 5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RUTAS ALTERNAS

Ruta	Vía autopista General Cañas	Vía San José de Alajuela – General Cañas	Vía Ciudad Colón - Orotina
Distancia	101,7 km	100,4 km	86,6 km
Tiempo	138 min	115 min	84 min
Velocidad promedio	44 km/h	52 km/h	62 km/h
Peaje automóvil	¢180	¢60	¢475

FUENTE: URS GREINER, 1999

En esta tabla comparativa, se puede observar que en distancia y tiempo de viaje, la mejor alternativa es la vía por Ciudad Colón, pues ésta representa menos de 100 minutos de viajes, debido a que se alcanzaría una velocidad promedio mayor y a una distancia de apenas 86,6 kilómetros, esto traería ahorros en los tiempos de viaje y desgaste de los vehículos, lo que favorecería las condiciones de todos los usuarios de esta ruta. Estos datos nos confirman la viabilidad del proyecto en comparación de las otras alternativas existentes. Sin embargo de acuerdo a este estudio, el costo para el usuario por concepto de peajes se incrementaría significativamente en relación a las opciones actuales de vía.

Según el análisis efectuado por la empresa URS Greiner para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC) los estimados actuales y las proyecciones del TPD se pueden observar en la tabla 6:

TABLA # 6. TRÁFICO PROYECTADO PARA EL PROYECTO CIUDAD COLÓN – OROTINA

Clase de vehículo	Segmento Próspero Fernández		Segmento Ciudad Colón - Orotina		Segmento Orotina – Puerto Caldera	
	Distribución Por clase de vehículo		Distribución Por clase de vehículo		Distribución Por clase de vehículo	
Automóviles	62,3%		50,3%		50%	
Buses	4,6%		8,5%		5,7%	
Camiones livianos	24,0%		20,7%		25,1%	
Camiones 2 ejes	5,6%		7,4%		7,8%	
Camiones 3 ejes	1,6%		2,0%		2,1%	
Camiones 5 ejes	1,9%		11,1%		9,3%	
Total	100%		100%		100,0%	
Año	TPD	Tráfico Anual	TPD	Tráfico Anual	TPD	Tráfico Anual
2002	28 930	10 559 000	4 381	1 599 000	6396	2 335 000
2003	30 174	11 014 000	4570	1 668 000	6671	2 435 000
2004	31 471	11 487 000	4766	1 740 000	6958	2 540 000
2005	32 824	11 981 000	4971	1 814 000	7257	2 649 000
2006	34 137	12 460 000	5170	1 887 000	7548	2 755 000
2007	35 503	12 959 000	5 377	1 963 000	7 850	2 865 000
2008	36 923	13 477 000	5 592	2 041 000	8 164	2 980 000
2009	38 400	14 016 000	5 815	2 122 000	8 490	3 099 000
2010	39 936	14 577 000	6 048	2 208 000	8 830	3 223 000
2011	41 334	15 087 000	6 260	2 285 000	9 139	3 336 000
2012	42 780	15 615 000	6 479	2 365 000	9 459	3 453 000
2013	44 278	16 161 000	6 706	2 448 000	9 790	3 573 000
2014	45 827	16 727 000	6 940	2 533 000	10 132	3 698 000
2015	47 431	17 312 000	7 183	2 622 000	10 487	3 828 000
2016	48 854	17 832 000	7 399	2 701 000	10 802	3 943 000
2017	50 320	18 367 000	7 621	2 782 000	11 126	4 061 000
2018	51 830	18 918 000	7 849	2 885 000	11 459	4 183 000
2019	53 384	19 485 000	8 085	2 951 000	11 803	4 308 000
2020	54 986	20 070 000	8 327	3 039 000	12 157	4 437 000
2021	56 526	20 632 000	8 560	3 124 000	12 498	4 562 000
2022	58 108	21 209 000	8 800	3 212 000	12 848	4 690 000
2023	59 735	21 803 000	9 046	3 302 000	13 207	4 821 000
2024	61 408	22 414 000	9 300	3 395 000	13 577	4 956 000
2025	63 127	23 041 000	9 580	3 489 000	13 957	5 094 000
2026	64 895	23 687 000	9 828	3 587 000	14 348	5 237 000

FUENTE: URS, GREINER, 1999

En esta tabla se puede obtener un valor por clase de vehículo para cada uno de los segmentos considerados en el estudio económico, además se anualizan los valores del tráfico promedio diario. De esta forma se tienen los datos de la demanda con la que contaría el proyecto.

Una vez establecidos la cantidad de parque automotor que va a circular en cada tramo o sección (demanda del proyecto), se definen las políticas a aplicar, es decir se deben establecer las actividades a realizar, de acuerdo a criterios técnicos. Existen dos tipos de políticas, la primera se establece por periodos, es decir, las actividades de mantenimiento y reconstrucción se programan para intervalos constantes de tiempo; la segunda opción consiste en definir un parámetro, como el índice de regularidad internacional (IRI), que se explica con detalle en los capítulos I y III, de manera que al llegar a cierto nivel de deterioro se le aplique a la vía, determinada actividad, como por ejemplo bacheo o recarpeteo.

Las diferentes políticas definidas para cada tramo o sección, se pueden observar en la tabla 7 y dependen de la solicitud de la vía (TPD) y de los materiales utilizados en su construcción:

TABLA # 7. DIFERENTES POLÍTICAS O ESTRATEGIAS, DE ACUERDO A LOS TRAMOS Y SECCIONES DEL PROYECTO

COD.	LONG. (Km)	SIN PROYECTO	POLÍTICA O ESTRATEGIA	CON PROYECTO	POLÍTICA O ESTRATEGIA
CE01	17.4	B122	P1	B122	P1
CE02	10.2	B122	P1	B122	P1
CE03	31.3	B122	P1	B122	P1
CE04	30.3	B122	P1	B322	P2
CE05	5.7	B122	P1	B122	P1
CE06	3.4	A182	B0	A182	B0
CE07	10.7	A193	B3	A193	B3
CE08	21.6	A232	P2	A332	P2
CE09	2.8	A272	R9	A272	R9
CE10	4.6	A192	B3	A192	B3
CE11	4.1	D133	P1	D133	P1
CE12	8.8	C222	P2	C222	P2
CE13	2.5	B132	P1	B132	P1
CE14	1	B132	P1	B132	P1
CE15	11.4	A172	B9	A172	B9
CE16	6.9	A211	A7	A211	A7
CE17	16.7	A372	R5	A272	R9
CE18	20.5	C483	R5	C282	R0
CE19	20.9	F573	AT	F573	AT
CE20	20.6	F422	P3	F422	P3
CE21	21.2	D273	R9	D273	R9
PRO1	15.9			B111	P2
PRO2	22.1			B111	P2

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN DEL MOPT

Con el fin de tener una mejor comprensión de lo que significa una política o estrategia, a continuación se define el significado de las siglas utilizadas por la DGP del MOPT para el análisis de este proyecto (ver definición de términos técnicos al final del capítulo):

POLITICA P1. Contempla bacheo y refuerzo. El bacheo como respuesta a 100% de baches a bachear con una cantidad de bacheo máximo de 150 m²/Km/año y un factor de costo de 1, y el refuerzo como una carpeta asfáltica (refuerzo tipo 3) de 5cm de espesor como respuesta, cuando el IRI alcance el valor de 3,5 con un factor de costo de 1. El coeficiente de resistencia del refuerzo es de 0,40 y el valor del IRI después de este es de 2,5

POLITICA P2. Contempla bacheo, sello y refuerzo. El bacheo como respuesta a 100% de baches a bachear con una cantidad de bacheo máximo de $150 \text{ m}^2/\text{Km/año}$ y un factor de costo de 1, el sello como respuesta a un área dañada máxima permisible de 10% y con un intervalo mínimo entre sellos de 5 años con un factor de costo de 0,70 y un espesor de 1,5 cm ; y el refuerzo como una carpeta asfáltica de 5 cm de espesor cuando el valor del IRI llegue a 4,1 y un factor de costo de 1. El coeficiente de resistencia del refuerzo es de 0,40 y el valor del IRI después del mismo de 2,5.

POLITICA P3. Similar a la anterior, excepto por la respuesta al refuerzo, que en este caso se da cuando el valor del IRI llegue a 5.5.

POLITICA R5. Contempla bacheo y refuerzo. El bacheo es programado a razón de $500 \text{ m}^2/\text{Km/año}$ con un factor de costo nulo y el refuerzo, también programado, consistente de una carpeta asfáltica de 5 cm de espesor a intervalos entre ellas de un año. La razón de dar un factor de costo nulo al bacheo, es que el costo de este se incluye dentro de la carpeta a la que se le da un factor de costo de 1,63. El coeficiente de resistencia del refuerzo es de 0,40 y el valor del IRI después de este es de 2.5.

POLITICA R9. Similar a R5, excepto que el refuerzo consiste de una carpeta asfáltica de 9 cm y el factor de costo es de 2,32.

POLITICA B0. Contempla bacheo y refuerzo, no obstante este último involucra una base de 10 cm de espesor y una carpeta de 5 cm de espesor, ambas asfálticas como parte de él. El bacheo es programado a razón de $500 \text{ m}^2/\text{Km/año}$ y con un factor de costo nulo. El refuerzo es programado anualmente con un factor de costo de 3,15, con un coeficiente de resistencia de 0,40, un espesor de 13,8 cm y un valor de IRI después del mismo de 2,5.

POLITICA B3. Similar a la anterior, excepto que el espesor de la base asfáltica es de 13 cm, con un factor de costo de 4,14 y un espesor total de 16,4 cm.

POLITICA B9. Similar a B0, excepto que el espesor de la base asfáltica es de 9 cm, con un factor de costo de 3,01 y un espesor total de 12,9 cm.

Estas políticas anteriores se establecen de acuerdo a los valores de IRI definidos por la Administración, en este caso el MOPT. El valor de IRI representa el valor de regularidad, que tiene relación directa con el grado de comodidad que experimentan los usuarios de la carretera. Entre más alto sea el valor del IRI, significa que la carretera tiene mayor irregularidad y por lo tanto representa más incomodidad para los usuarios. Al definir un valor límite con el que debe contar el IRI, se está fijando también un nivel mínimo de comodidad que se merece cada usuario de la vía.

4.1 Costos involucrados en el caso del proyecto de construcción de la carretera nacional San José – Caldera

Este proyecto contempla, como se mencionó anteriormente, tres secciones, dos que ya existen y una tercera por construir. Específicamente el primer tramo comienza en el gimnasio nacional en la Sabana y concluye en Ciudad Colón. El tramo siguiente que sale de Ciudad Colón y termina en Orotina, se subdivide a su vez en dos secciones, la primera que va desde la ciudad mencionada hasta Río Grande (15,85 km) y una segunda desde Río Grande hasta Orotina (22,1 km), para por último tener el tramo Orotina – Caldera que existe actualmente.

Las especificaciones técnicas generales de cada tramo son (Dirección General de Planificación, 2003):

- San José – Ciudad Colón: Los primeros 3,5 km consistirán de pavimento de concreto hidráulico con cuatro carriles de 3,65 m de ancho cada uno de ellos. En esta etapa hasta un kilómetro y medio después contará con espaldones de 2,5 metros a cada lado y una isla divisoria con césped y cordones y de ahí en adelante con una isla divisoria de 3,8 m de ancho con barrera protectora tipo “New Jersey” con espaldones de 0,7 m de ancho en una longitud de 2 km. El resto del tramo, a partir de la actual estación de peaje en la carretera Próspero Fernández, consistirá de cuatro carriles de 3,65 metros de ancho cada uno, estructura de concreto asfáltico, espaldones de 1,8 m a cada lado con una isla divisoria enzacatada de 6,8 m de ancho. En esta sección se tiene estipulado la ampliación de la

existente carreteras a tres carriles en cada sentido de la vía, específicamente desde el paso inferior de circunvalación hasta el intercambio en Escazú. Este trabajo de ampliación a su vez abarcará adicionar un carril en cada sentido en el puente sobre el actual Río Tiribí.

- Ciudad Colón – Orotina: Tendrá una calzada de dos carriles de 3,65 metros de ancho por cada carril, con espaldones de 1,8 m de ancho. Además de lo anterior contará con carriles de ascenso y vías marginales de 2,5 metros de ancho y espaldones de 1,0 m de ancho, en los tramos que indican los planos.
- Orotina – Caldera: Rehabilitación de la actual carpeta en concreto asfáltico.

El costo anual total suma \$ 2152,6 por kilómetro de construcción.

En forma más detallada, además de los costos de construcción, se incluyen los costos de activos depreciables requeridos para la operación de la carretera, los costos de mantenimiento mayor y mantenimiento rutinario y los costos de operación (IMNSA, 1998).

En el estudio realizado por la empresa URS Greiner, se incluyen las alternativas de construcción con dos materiales diferentes, el concreto hidráulico y el concreto asfáltico.

A continuación se realiza un desglose del valor de estos costos y como se obtuvieron (IMNSA, 1998):

A. Costos de construcción

1. Construcción nueva y rehabilitación

El resumen de estos valores se puede observar en la tabla 8, donde se incluyen los costos de construcción del nuevo segmento de la carretera y la rehabilitación de los tramos existentes, en los dos materiales de construcción propuestos. Se excluyen de la valoración de costos, el monto relacionado con los puentes de la obra, a pesar de que es los fondos necesarios para la construcción de los mismos, se obtuvieron del Estado.

2. Activos depreciables

Dentro de este rubro se incluyen los costos de las estaciones de peaje y equipos usados para recolectar el mismo, así como los costos administrativos de esta actividad. Estas estimaciones se

realizan en base a las experiencias que se han tenido en instalaciones similares en nuestro país. El monto de estos costos se puede observar en la tabla 9.

TABLA # 8. COSTOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN

Ítem	Extensión oeste	Ciudad Colón – Orotina	Próspero Fernández	Total
Pavimento de Concreto Hidráulico				
Costos de construcción	-	\$ 56 917 642	-	\$ 56 917 642
Costos de rehabilitación	\$ 2 629 020	-	\$ 2 222 150	\$ 4 851 170
Total	\$ 2 629 020	\$ 56 917 642	\$ 2 222 150	\$ 61 768 810
Pavimento de concreto asfáltico				
Costos de construcción	-	\$ 57 746 420	-	\$ 57 746 420
Costos de rehabilitación	\$ 2 629 020	-	\$ 2 222 150	\$ 4 851 170
Total	\$ 2 629 020	\$ 57 746 420	\$ 2 222 150	\$ 62 597 590

FUENTE: IMNSA, 1998

TABLA # 9. COSTOS ESTIMADOS DE ACTIVOS DEPRECIABLES

Ítem	Extensión oeste	Ciudad Colón- Orotina	Próspero Fernández	Total
Estación de peaje	\$292 490	\$ 292 490	\$ 336 270	\$ 921 252
Equipos	\$ 783 180	\$ 783 180	\$ 458 320	\$ 2 024 680
Edificio de Administración	\$ 118 610	\$ 118 610	--	\$ 237 220
Total	\$ 1 194 280	\$ 1 194 280	\$ 794 590	\$ 3 183 150

FUENTE: IMNSA, 1998

Por último los costos totales de los rubros antes mencionados se pueden observar en la tabla 10.

TABLA # 10. COSTOS ESTIMADOS DE INVERSIÓN

Ítem	Extensión oeste	Ciudad Colón- Orotina	Próspero Fernández	Total
Pavimento de Concreto Hidráulico				
Construcción / rehabilitación	\$ 2 629 022	\$ 56 917 642	\$ 2 222 150	\$ 61 768 814
Activos depreciables	\$ 1 194 287	\$ 1 194 287	\$ 794 595	\$ 3 183 169
Costo inicial de organización		\$ 798 720		\$ 798 720
Total	\$ 3 823 309	\$ 58 910 649	\$ 3 016 745	\$ 65 750 703
Pavimento de concreto asfáltico				
Construcción / rehabilitación	\$ 2 629 022	\$ 57 746 417	\$ 2 222 150	\$ 62 597 589
Activos depreciables	\$ 1 194 287	\$ 1 194 287	\$ 794 595	\$ 3 183 169
Costo inicial de organización		\$ 798 720		\$ 798 720
Total	\$ 3 823 309	\$ 59 739 424	\$ 3 016 745	\$ 66 579 478

FUENTE: IMNSA, 1998

B. Costos de Mantenimiento y operación

1. Costos anuales de mantenimiento

El total de estos costos incluye los costos anuales periódicos de mantenimiento rutinario y mayor para concreto asfáltico e hidráulico. Además se hace la salvedad que no se incluye nuevamente el costo del mantenimiento de los cinco puentes que requiere la obra. Los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

TABLA # 11. COSTOS ESTIMADOS DE MANTENIMIENTO ANUAL

Ítem	Extensión oeste	Ciudad Colón- Orotina	Próspero Fernández	Total
Pavimento de Concreto Hidráulico				
Mantenimientos mayores	\$ 328 630	--	\$ 277 770	\$ 606 400
Mantenimientos menores	\$ 157 600	\$ 134 008	\$ 121 873	\$ 413 481
Total	\$486 255	\$ 134 008	\$ 399 647	\$ 1 019 881
Pavimento de concreto asfáltico				
Mantenimientos mayores	\$ 328 630	\$ 510 190	\$ 277 770	\$ 1 116 593
Mantenimientos menores	\$ 157 600	\$ 196 240	\$ 121 870	\$ 475 710
Total	\$ 486 230	\$ 706 430	\$ 399 640	\$ 1 592 300

FUENTE: IMNSA, 1998

2. Costos de operación

Estos costos incluyen la administración de las casetas de peajes y su recolección, basados en la experiencia de las otras instalaciones de este tipo para Costa Rica. El costo total se puede apreciar en la tabla 12.

TABLA # 12. COSTOS ESTIMADOS DE OPERACIÓN ANUAL

Ítem	Extensión oeste	Ciudad Colón- Orotina	Próspero Fernández	Total
Costos de administración	\$ 512 470	\$ 512 470	\$ 768 710	\$ 1 793 650

FUENTE: IMNSA, 1998

4.2 Beneficios involucrados en el caso del proyecto de construcción de la carretera nacional San José – Caldera

El único beneficio estimado para el usuario de esta nueva carretera es el costo o ahorro de operación de los vehículos para el estudio realizado por el MOPT y además el tiempo de viaje y la disminución en el porcentaje de accidentes para la evaluación realizada pro URS Greiner para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC) . El concepto de valor del tiempo se estima en base al supuesto del valor intrínseco del tiempo. Este tiempo incluye solamente el de viajes de vehículos de pasajeros y buses, lo que deja por fuera los viajes de transporte de mercadería, que tienen una gran importancia económica y donde es más sencillo de calcular el valor del tiempo, pues en la mayoría de los casos, los retrasos en la entrega de mercadería o de atención de servicios, tienen un costo monetario calculable.

El tiempo de viaje por clase de vehículo, se estimó en base a los registros actuales de las velocidades promedio de cada carretera existente y para la velocidad promedio de diseño de la nueva vía, además este análisis se realiza para cada segmento de las carreteras, tanto existentes como propuesta.

Los costos de operación de los vehículos se calcularon con los datos obtenidos del MOPT en 1994, que estiman el costo de operación por vehículo por kilómetro. Entonces con los datos de los tiempo de viaje y la velocidad promedio estimada, se obtienen los costos de operación por vehículo y segmento del proyecto.

Entonces el valor del tiempo que se ha estimado para los automóviles es de \$ 4,8 por hora y para buses es de \$ 32,20 por hora.

Los costos de accidentes se atribuyen a los costos estimados por un estudio realizado por el MOPT para la autopista General Cañas en 1997, que arroja resultados de accidentes por millón vehículo – kilómetros, para carreteras con peaje y sin peaje, así se obtiene la cantidad de accidentes por carretera. Para poner lo anterior en términos monetarios, se tiene que multiplicar el número de accidentes por los costos de los mismos, también tomados del estudio del MOPT para la autopista General Cañas. Los resultados son que en vías con peajes, el número de accidentes es de 0,36 por millón veh.-kms y para otras vías es de 5,00 por millón por veh.-kms; además el costo por accidente se tomó como \$ 1 550.

Con base en estos valores monetarios y considerando el TPD que se demanda de la carretera, se establecen los ahorros para los usuarios, que representan las diferentes alternativas. Estos ahorros se proyectan en cada año, de acuerdo también al valor de IRI mínimo propuesto y a las estrategias o políticas aplicadas a la carretera.

4.3 El VAN, el TIR y la razón Costo Beneficio

Los resultados arrojados por el análisis hecho por la DGP del MOPT, se presentan en dos escenarios distintos, primeramente el que considera la corrida del modelo sin considerar el factor o módulo de congestiónamiento, del cual se desprende que el proyecto no es rentable, dando un valor actual neto (VAN) de –225,31 millones de dólares. Esto se debe a que el primer tramo del proyecto San José – Ciudad Colón, presentaría según el modelo, un problema de congestiónamiento, con lo que aumentan los costos de operación vehicular debido al mayor tiempo de viaje en este sector, de esta forma se tiene se disminuyen los beneficios al usuario lo que hace que al momento de traer los flujos netos a valor presente, éste sea negativo. Más concretamente, el tramo que se ha detectado con problemas es el que va desde el Gimnasio Nacional, hasta Ezcazú, a través de la autopista Próspero Fernández, donde se estima, según el análisis económico de la DGP, que entrando el proyecto San José – Caldera a funcionar, se estaría agravando el problema de congestiónamiento en el sector mencionado.

El otro escenario, desactiva este modulo de congestionamiento, con lo que cambia el valor del VAN a \$308,97 millones y una tasa interna de retorno (TIR) indefinida, de acuerdo al programa.

De esta forma la DGP recomienda tomar en cuenta el factor de congestión y ampliar aún más la ruta existente. Sin embargo, para llegar a esta conclusión se deben hacer otros estudios de volumen – capacidad y de asignación de tráfico.

La tasa de descuento utilizada en este tipo de proyectos sociales es de 12%. Además la tasa de impuesto que se presume es del 30%.

Los activos fueron depreciados a 10 años para los equipos y cinco para la organización. Los beneficios netos se calcularon después de impuestos. Entonces se tienen en los primeros años los costos de inversión y en el resto de los años los costos anualizados de mantenimiento y operación. El horizonte del análisis es de 25 años, del 2002 al 2026.

Los flujos de efectivo se armaron, al definir un valor del IRI mínimo, en este caso 3,5, que indica que cuando la carretera llegue a este valor de deterioro, se le aplique una estrategia o actividad (ver políticas técnicas para cada tramo en la introducción de este capítulo), bien sea de mantenimiento o de rehabilitación. La periodicidad para que la carretera alcance este valor del IRI o este nivel de deterioro, se establece con un modelo de deterioro de la carretera que se define de previo. El modelo de deterioro utilizado representa las ecuaciones de comportamiento de la carretera para progresión de grietas, baches, entre otros. Para el caso de este estudio, se utilizaron ecuaciones utilizadas y comprobadas en Brasil.

De este modo, en la tabla 13, se pueden observar los costos totales anuales, tanto para la administración de la carretera como para el usuario, que en este último caso se consideran como ahorros en los costos de mantenimiento de los vehículos. De esta forma se puede observar que en el momento en que el IRI a un valor cercano a 3,5; es cuando los costos para la administración aumentan, debido a que en esta etapa se debe aplicar una actividad de mantenimiento mayor o de rehabilitación. Además en este momento aumentan los costos de los usuarios, pues se requiere de mayor mantenimiento a los vehículos, al aumentar el estado de deterioro de la carretera.

La tabla 14 representa la alternativa sin el módulo de congestionamiento activado, como se aclaró con anterioridad. La DGP utilizó el programa *Highway Design Program (HDM-III)* y la hoja electrónica *Excel* como apoyo para realizar estos cálculos, que se enumeran al principio de este capítulo. Los valores de los flujos se obtienen restando a los valores de los costos para la administración los costos de los usuarios y posteriormente se obtiene la diferencia de la alternativa con proyecto, de la de sin proyecto; a estos valores totales es a los que se le aplica el VAN y la TIR, cuyos valores se dan con anterioridad.

Los valores se dan en miles de dólares americanos, para obviar el efecto de la devaluación de la moneda nacional.

TABLA # 13. FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA CON EL VALOR DE CONGESTIONAMIENTO CONSIDERADO

CONDICION " <i>SIN PROYECTO</i> "			CONDICION " <i>CON PROYECTO</i> "		
AÑO	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LA ADMINISTRACIÓN	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LOS USUARIOS	AÑO	COSTOS ECONOMICOS DEL PROYECTO PARA LA ADMINISTRACIÓN	COSTOS ECONOMICOS DEL PROYECTO PARA LOS USUARIOS
2002	27.441	351.068	2002	0	0
2003	0.354	361.246	2003	0	0
2004	0.355	385.092	2004	41.964	0
2005	0.355	411.2	2005	41.964	0
2006	0.356	427.646	2006	0.04	44.24
2007	1.73	446.477	2007	0.04	45.878
2008	1.507	466.229	2008	0.04	47.576
2009	0.435	486.982	2009	0.04	49.362
2010	0.876	512.819	2010	0.04	51.299
2011	9.84	538.52	2011	0.04	53.363
2012	0.358	556.945	2012	0.04	55.542
2013	0.856	578.654	2013	0.896	57.882
2014	0.359	601.527	2014	0.04	60.206
2015	1.322	625.599	2015	0.04	62.693
2016	1.617	650.47	2016	0.04	65.465
2017	0.661	677.068	2017	0.04	68.31
2018	1.265	705.392	2018	2.406	71.218
2019	0.358	735.822	2019	0.04	71.675
2020	13.524	770.099	2020	0.04	74.721
2021	3.854	787.374	2021	0.04	77.654
2022	0.86	818.761	2022	0.04	80.706
2023	0.333	854.186	2023	0.04	84.359
2024	0.318	891.532	2024	0.04	87.68
2025	1.77	928.093	2025	0.04	91.266
2026	0.318	963.404	2026	0.04	95.187

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, MOPT

TABLA # 14. FLUJOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA CON EL VALOR DE CONGESTIONAMIENTO SIN CONSIDERAR

CONDICION " <i>SIN PROYECTO</i> "			CONDICION " <i>CON PROYECTO</i> "		
AÑO	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LA ADMINISTRACIÓN	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LOS USUARIOS	AÑO	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LA ADMINISTRACIÓN	COSTOS ECONOMICOS DE LA RED PARA LOS USUARIOS
2002	27.441	351.068	2002	27.441	351.068
2003	0.354	361.246	2003	0.354	361.246
2004	0.355	385.092	2004	0.355	385.092
2005	0.355	411.2	2005	0.355	411.2
2006	0.356	427.646	2006	0.359	342.662
2007	1.73	446.477	2007	0.359	356.279
2008	1.507	466.229	2008	3.488	370.646
2009	0.435	486.982	2009	0.871	385.885
2010	0.876	512.819	2010	0.802	402.631
2011	9.84	538.52	2011	8.426	420.553
2012	0.358	556.945	2012	0.36	433.688
2013	0.856	578.654	2013	0.359	453.683
2014	0.359	601.527	2014	1.131	476.873
2015	1.322	625.599	2015	0.971	498.85
2016	1.617	650.47	2016	0.802	519.057
2017	0.661	677.068	2017	0.755	540.863
2018	1.265	705.392	2018	4.548	562.771
2019	0.358	735.822	2019	2.118	584.079
2020	13.524	770.099	2020	9.897	607.408
2021	3.854	787.374	2021	1.914	628.174
2022	0.86	818.761	2022	0.337	667.495
2023	0.333	854.186	2023	0.444	721.758
2024	0.318	891.532	2024	3.009	761.162
2025	1.77	928.093	2025	0.412	791.352
2026	0.318	963.404	2026	0.745	825.289

FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, MOPT

CAPÍTULO V: MODELO PROPUESTO DEL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA NACIONAL SAN JOSÉ – CALDERA

En este capítulo se realiza una propuesta para la valoración del proyecto de construcción de la carretera San José – Caldera, desde el punto de vista del rendimiento de los usuarios de la carretera y del Estado, de manera que se verifique el beneficio económico que aportaría esta obra al país. Este modelo incluye cálculos realizados anteriormente por la Dirección General de Planificación (DGP) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y la empresa estadounidense URS Greiner para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC); sin embargo se añaden otros parámetros que se consideran indispensables para el desarrollo de una valoración objetiva de un proyecto de carreteras. El modelo se plantea y posteriormente se analiza con la ayuda de los programas informáticos *Road Economic Decisión (RED)*, *Excel*.

El análisis se efectúa suponiendo que los costos de mantenimiento y construcción los asume directamente el Estado (MOPT), sin embargo, lo que en la realidad sucede es que este proyecto al estar en concesión; estos costos, le corresponden a la empresa constructora o adjudicada del proyecto. Sin embargo, en algún momento de la vida de la concesión, se trasladan los costos a los usuarios de la vía mediante el cobro de los peajes, que incluyen el monto de la inversión del operador del proyecto, más su rentabilidad.

Se efectúan tres análisis diferentes, que corresponden a cada una de las secciones de la carretera, es decir, los dos tramos existentes y el tramo por construir.

5.1 Diagnóstico de los costos involucrados en el proyecto

Dentro de los costos que se analizan en este capítulo, se encuentran los siguientes:

- Costos de construcción y rehabilitación (inversión inicial).
- Costos de mantenimiento y conservación de la vía, por parte de la Administración o Agencia.
- Costos de adquisición y operación de las casetas de peajes con su respectivo equipo.

La proyección de estos valores durante el horizonte de análisis del proyecto, se realiza considerando el comportamiento histórico del índice de materiales para carreteras y puentes.

Además se trabaja en dólares estadounidenses, para eliminar el efecto de la apreciación de la moneda de este país norteamericano en relación al colón costarricense.

Los costos de mantenimiento se relacionan con las actividades que se van a realizar en la carretera, para que se mantenga en una condición superficial aceptable y una comodidad permanente de los usuarios. Para los trabajos de preservación de la vía, que se deben realizar, corresponde plantear un modelo de deterioro del pavimento, para proyectar el posible grado de daños que puede sufrir la carretera, en base a las especificaciones técnicas de su diseño. Los costos se dividen para cada una de las secciones del proyecto (las 3 mencionadas en el capítulo anterior) y luego se totalizan para obtener un flujo anual. Los costos, para un análisis como el desarrollado en este capítulo, pueden ser de dos tipos, los costos financieros o precios de mercado, que son los precios que se pagan comprando los bienes y servicios por parte de alguna empresa privada; además existen los costos económicos, que son los precios pagados por el Estado, el cual se encuentra exonerado del impuesto de ventas y puede presentar algún tipo de subsidio. En este análisis se utilizan los costos económicos.

Los beneficios para el usuario y para el país se analizan en forma separada, de manera que se puedan cuantificar en forma monetaria y aporten valores positivos a los flujos de caja, lo que trae además, que se obtenga un valor actual neto (VAN) mayor, una tasa interna de retorno (TIR) más alta y una razón costo – beneficio (C/B) de mayores proporciones.

5.1.1 Modelo de deterioro del pavimento

Un modelo de deterioro del pavimento, nos pronostica el comportamiento futuro del pavimento, en cuanto a la magnitud y cantidad de daños estructurales y superficiales que puede sufrir la carretera, con base en las características técnicas actuales de la vía en estudio. Su importancia dentro de la valoración de proyectos de carreteras, reside en el hecho de que a partir del conocimiento de los daños futuros en las vías, se pueden establecer los periodos de las diferentes alternativas de conservación, que a su vez llevan un costo asociado, valor que nos permite montar los flujos futuros de costos del proyecto.

Existen diversos modelos de deterioro utilizados para predecir el comportamiento del pavimento, entre los más usados se encuentran los de progresión creciente, de progresión decreciente y progresión sigmoïdal. En el primer caso, se estima que los daños se producen en forma incremental a partir del momento en que entra en funcionamiento el proyecto; para el segundo tipo de modelo, los daños se incrementan también desde el momento en que arranca el proyecto, pero a diferencia del primer modelo, los daños o el deterioro se estabiliza después de cierto periodo; por último el modelo sigmoïdal arranca con un deterioro incremental progresivo conforme avanza la vida del proyecto, luego después de cierto periodo crece abruptamente, para estabilizarse en el momento en que alcanza un valor límite.

Existen varios factores que afectan el comportamiento del pavimento y que se deben considerar en el momento de establecer un modelo de deterioro:

- Tránsito: Tomado como el número de ejes equivalentes o el TPD.
- Clima: Humedad, temperatura, lluvias.
- Edad: desde la construcción o mantenimiento.
- Resistencia: Número estructural, etc.
- Drenaje: Condición / calidad.
- Construcción: Tipo y calidad.
- Mantenimiento: Tipo y calidad.

Además, el modelo de deterioro se puede establecer en base a varios parámetros como el agrietamiento, la pérdida de áridos o agregados, los baches, el ahuellamiento, la rugosidad (IRI) y el PSI (serviciabilidad) . En el caso de este proyecto se han establecido tanto al IRI como al PSI como indicador de deterioro del pavimento.

Además del modelo de deterioro se debe establecer el efecto que tiene sobre el pavimento las diferentes actividades de mantenimiento o conservación. En nuestro caso el efecto de estas intervenciones sobre el pavimento, debe ser recuperar el nivel del IRI o PSI, como indicadores de la comodidad de los usuarios y como variable que afecta la velocidad de tránsito de los distintos componentes de la flota vehicular.

Para establecer un modelo de deterioro, se ha utilizado la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), de los Estados Unidos, hecho con base en mediciones empíricas realizadas en Ottawa, Illinois. Las variables de diseño del modelo, son (AASHTO, 1986):

- Tiempo de análisis: consiste en el tiempo que se ha definido para el análisis de la estrategia, para el caso de la carretera San José – Caldera, se han definido 20 años de estudio.
- Tráfico: se utiliza el concepto de ejes equivalentes, que consiste en traducir a un término común, la carga de los distintos tipo de vehículo que transitan por la carretera. Es decir, que la unidad de medida son los ejes equivalentes. Un automóvil tiene ciertas cantidad de ejes equivalentes, que provocan determinada cantidad de carga sobre la carretera, esta unidad de medida consiste en un factor, multiplicado por la unidad de ejes equivalentes para un camión de carga liviana por ejemplo. Un eje equivalente, significa una carga de 8200 kg sobre la carretera y este valor a su vez, se define de acuerdo a los tráficos promedios diarios (TPD), su tasa de crecimiento y a la distribución porcentual de vehículos, que han sido establecidos en el capítulo IV.
- Confiabilidad: Este concepto estadístico consiste en cierto grado de certeza dentro del proceso de diseño de la carretera, para asegurarse de que varias alternativas de diseño, resistan el periodo de análisis. El modelo de la AASHTO define una curva normal y dependiendo del grado de confiabilidad escogido, de esta forma se asegura que los resultados del modelo de deterioro, tengan cierto grado de certeza. La variable que se define con la confiabilidad, es el número estructural, que consiste en dividir la rigidez o capacidad de soporte del pavimento, entre el espesor del mismo. El número estructural define en el modelo de deterioro, la capacidad de resistencia de la carretera y es un factor clave, para predecir el comportamiento de los daños en la vía. De manera que escogiendo una confiabilidad estadística más alta, se define también un número estructural mayor, es decir el pavimento va a tener mayor duración. Para pavimentos asfálticos se recomienda utilizar un nivel de confianza de 85% (AASHTO, 1996). La aplicación de la confianza además conlleva a la selección de una desviación estándar deseada, que para este caso, donde se construye un pavimento asfáltico, se recomienda de 0,45.

- Efectos ambientales: estos parámetros los asume el modelo, basado en resultados de ensayos realizados durante un periodo de dos años, de ahí se obtienen las ecuaciones que predicen el deterioro del pavimento en determinado periodo, debido al efecto del ambiente.
- Serviciabilidad (PSI): Este índice se usa como parámetro de servicio de la carretera, al igual que el IRI, se deben definir al principio del proyecto, de manera que se establezca el grado mínimo aceptado y al ser este índice por debajo de este valor, se programa un trabajo de conservación o se le incorpora una capa adicional de mezcla asfáltica (nueva carpeta) a la existente, que mejore la condición de rodamiento de los vehículos, la comodidad del usuario y la duración de la vía. El PSI depende de la deformación, el agrietamiento, los baches y la rugosidad del pavimento. En la formulación del modelo, se establece a la vez una relación con el IRI, de manera que ambos den un resultado, que defina en que año del análisis se debe establecer los trabajos de agregar una carpeta asfáltica más. Para este estudio, se establece un PSI de 2,25 y un IRI de 4,5; mayor al que define la DGP en su estudio (3,5). Estos parámetros mínimos, son los recomendados por la AASHTO para rutas nacionales. Además considerar al IRI, como único valor de referencia para decidir sobre actividades de mejora en las carreteras, no es del todo correcto, pues el IRI, si bien es cierto representa el grado de comodidad de los usuarios, no toma en cuenta parámetros de la estructura interna de la carretera y su deterioro. Por lo tanto el tipo de trabajo de conservación utilizado en este modelo de deterioro (sobre capa), si mejora además del valor del IRI, el valor del PSI, que como vimos con anterioridad, incluye en su cálculo, factores que atañen a la sección interna de la carretera (estructura).
- Espesores del pavimento: Estos valores, definen a su vez el número estructural que se explica con anterioridad. Los espesores de las distintas partes de la carretera (capa de rodamiento, base y sub base), se han establecido para las tres secciones del proyecto, de manera de poder realizar los cálculos del modelo; estos valores se pueden observar en la tabla 5.1 y están basados en los valores obtenidos del diseño de la carretera, efectuado con la metodología de la AASHTO y con los valores especificados en los párrafos anteriores, los valores de la sub base, punto de partida del modelo, se definen de acuerdo a los valores de las secciones típicas del proyecto, obtenida del Departamento de Diseño de vías del MOPT.

TABLA # 15. ESPESORES DE ELEMENTOS DE LA CARRETERA UTILIZADOS EN EL MODELO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO

Sección	Segmento Próspero Fernández	Segmento Ciudad Colón - Orotina	Segmento Orotina – Puerto Caldera
Elemento	Ancho (cm)		
Carpeta	6	6	6
Base	48,7	31,1	44,5
Sub base	22	55	30
Sobrecapa	5	-	-

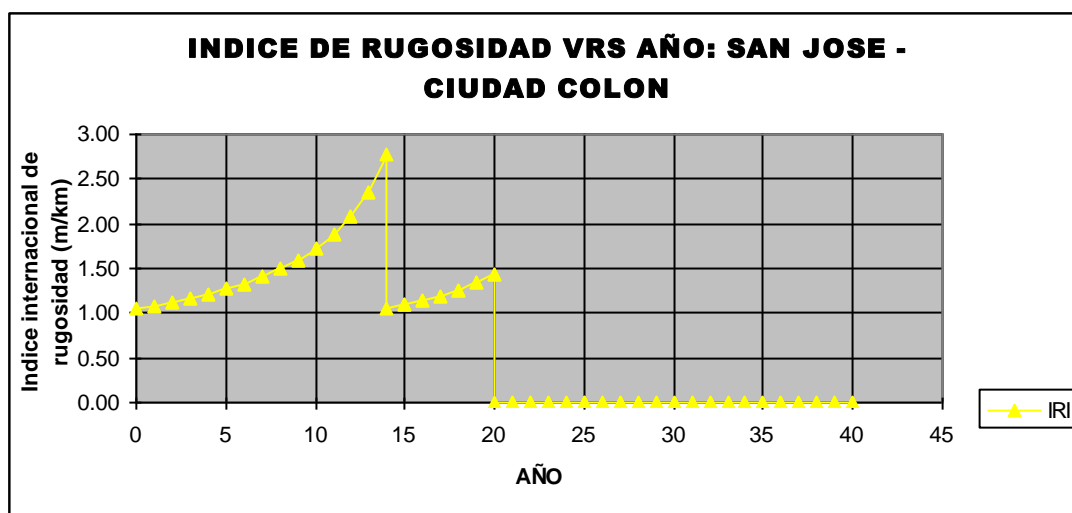
FUENTE: UTILIZACIÓN DEL MODELO DE DISEÑO DE LA AASHTO

- Coeficiente estructural (ai): este parámetro, se define como la habilidad relativa para una unidad de cierto ancho de un material definido, para funcionar como un componente estructural del pavimento, es decir que tan bien se comporta una unidad de ancho de determinado material. Este valor, se define para sección de la estructura de la carretera, su material y su estado de deterioro. En el caso de este estudio, para una capa asfáltica de pavimento nuevo de asfalto, se establece un valor del coeficiente estructural de 0,42 (AASHTO, 1986) y para pavimento deteriorado un valor entre 0,15 y 0,42. Además se debe definir este valor para el resto de los componentes de la carretera, es decir la base estabilizada (0,18), y la sub base (0,12). Estos valores se hacen de acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO para las características del proyecto en estudio.
- Módulo resiliente: Este parámetro es función del coeficiente estructural y se define de acuerdo a la AASHTO.
- Coeficiente de drenaje: se define según el estado del drenaje de las carreteras y el porcentaje de tiempo que el pavimento va a ser expuesto a lluvias. Debido a estos dos factores, que en nuestro país, son de malos drenajes y una temporada de lluvias larga e intensa, es que de acuerdo a las tablas suministradas por AASHTO, este valor es de 1 para la base estabilizada y de 0,8 para la sub base.

Incorporando todos los parámetros al modelo de la AASHTO, obtenemos los anchos de los diferentes componentes de la carretera (sub base, base y carpeta), además de las curvas de comportamiento del IRI y del PSI, de manera que cuando el valor baje del establecido (2,25 para PSI y 4,5 para el IRI), se define una carpeta extra o sobre capa de asfalto, de esta forma se pueden definir los años en los que es necesario desembolsar dinero para actividades de conservación de la carretera (capas de asfalto extra). El modelo tiene capacidad para establecer dos capas extras sobre la original. Además el modelo asume que las sobre capas en cada periodo de reparación, no se ven influenciadas por las actividades de mantenimiento preventivo o rutinario, es decir que no se mejora la condición de la vía (medida con el PSI o el IRI), debido a trabajos intermedios entre cada reparación o capa extra de asfalto aplicada.

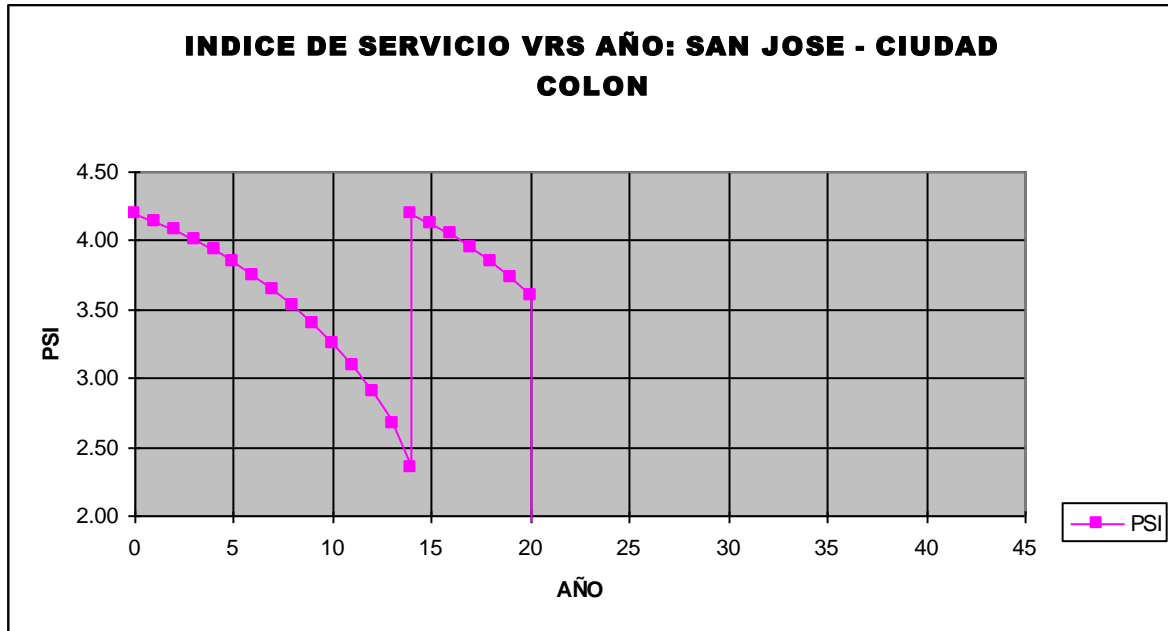
El resultado de la aplicación del modelo de deterioro en el pavimento, de acuerdo a las características técnicas ingresadas al modelo de la AASHTO, nos indica para cada una de las secciones del proyecto, el comportamiento del pavimento, en relación al parámetro del IRI y el PSI establecido. Estos resultados, se pueden observar en las figuras 2,3,4,5,6,7, donde se detalla el comportamiento del IRI y del PSI de cada segmento considerado, de acuerdo al modelo de deterioro, en las figuras, se puede observar que el gráfico termina en el año 20:

FIGURA # 3. COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO SAN JOSE – CIUDAD COLON



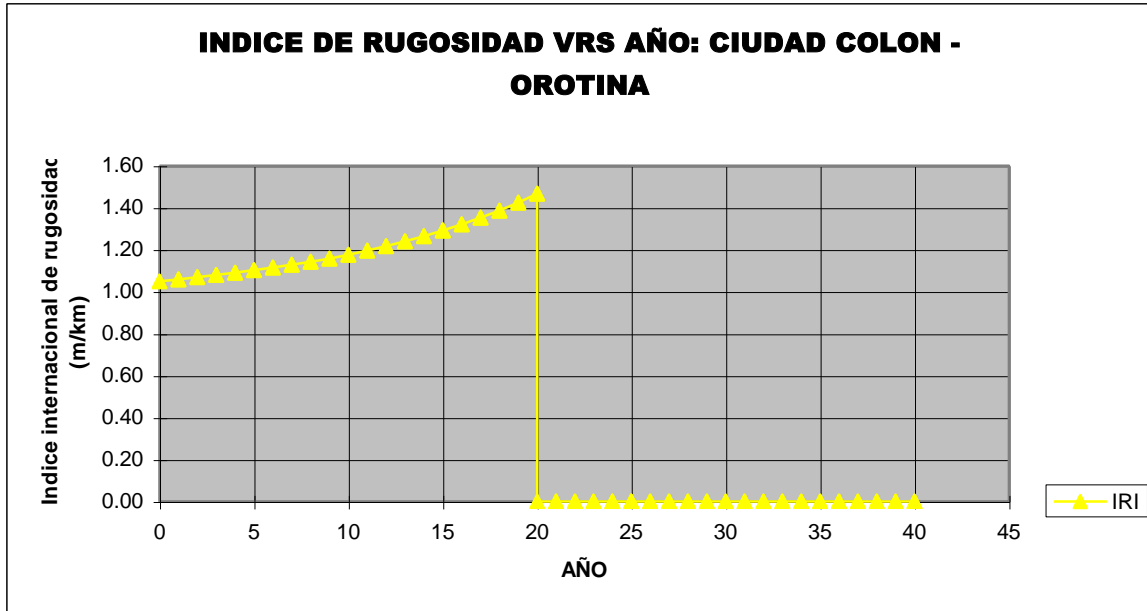
FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

FIGURA # 4. COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO SAN JOSE – CIUDAD COLON

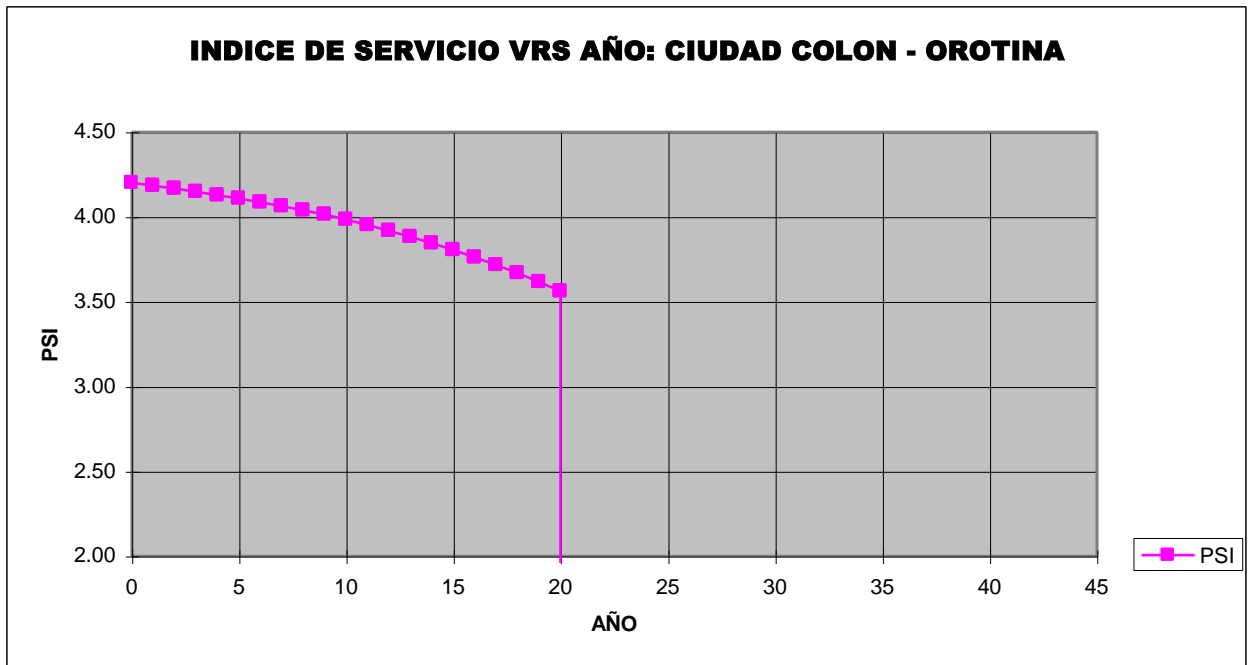


FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

FIGURA # 5. COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO CIUDAD COLON - OROTINA

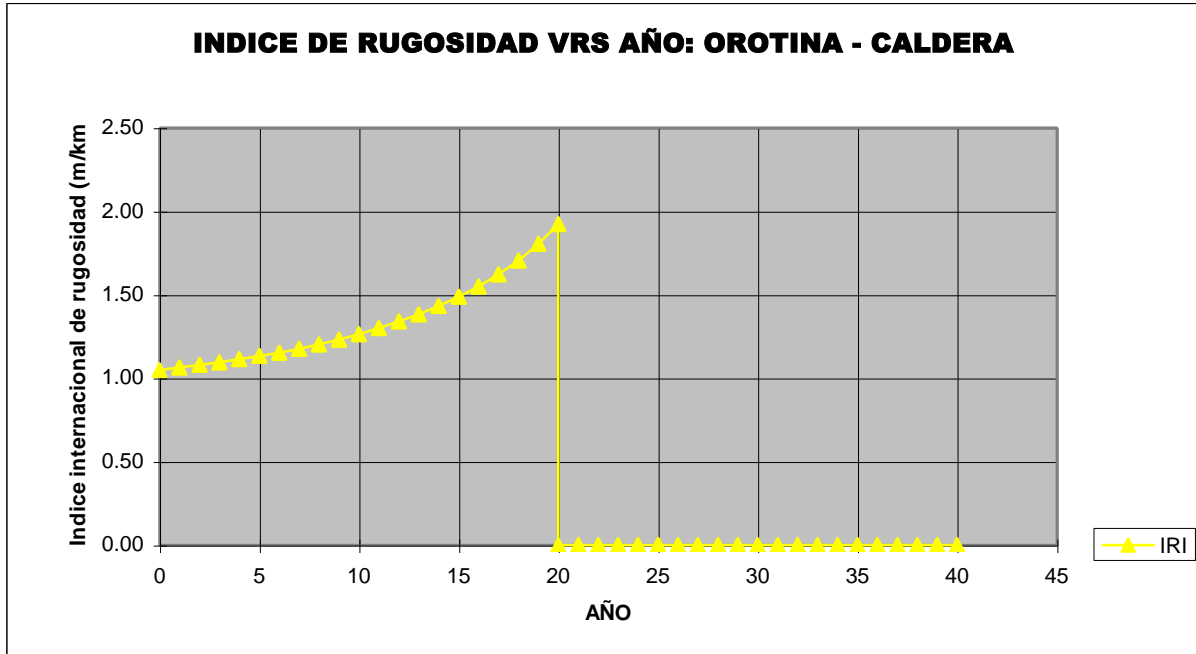


FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO
FIGURA # 6. COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO CIUDAD COLON - OROTINA



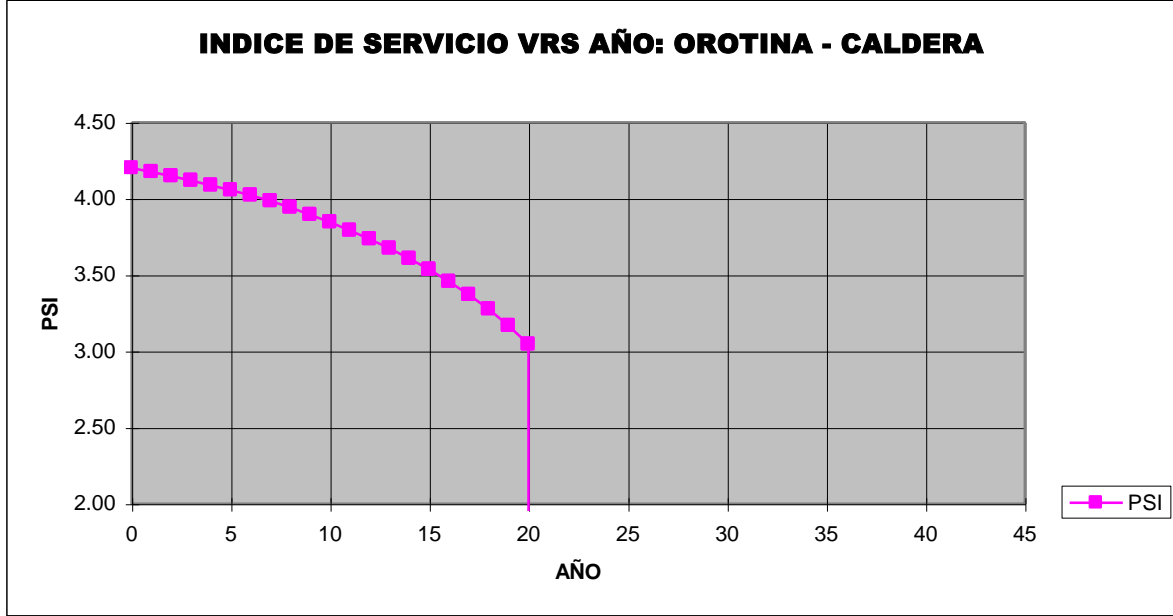
FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

FIGURA # 7. COMPORTAMIENTO DEL IRI PARA EL SEGMENTO OROTINA - CALDERA



FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

FIGURA # 8. COMPORTAMIENTO DEL PSI PARA EL SEGMENTO OROTINA - CALDERA



FUENTE: APLICACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

Podemos observar, los requerimiento de una carpeta nueva, dentro del periodo de análisis, en cada uno de los segmentos considerados es el siguiente:

- Segmento San José – Ciudad Colón: Año 14, una carpeta extra de 5 cm.
- Segmento Ciudad Colón – Orotina: Según el diseño del modelo, durante el periodo de análisis no se necesita un trabajo de conservación (sobre capa), debido a que en el año 20, tanto el valor del IRI como del PSI, no alcanzan el valor mínimo establecido de estos parámetros, para que se necesite una mejora en la estructura y en la superficie de la vía. Esto se explica, debido a que en el segmento anterior, el TPD inicial, es de alrededor de 28 000 vehículos por día, mientras que en este tramo de la ruta 27, el TPD inicial es de apenas 4 381 vehículos por día, lo que reduce la demanda de la capacidad estructural de la carretera a casi una séptima parte del segmento San José – Ciudad Colón.
- Segmento Orotina – Caldera: Tampoco requiere la sobre capa de conservación, durante el periodo de análisis y de acuerdo al modelo de deterioro, que tiene como punto de partida, los datos reales de las sub bases de las secciones típicas de los tramos en estudio, el diseño hecho por el mismo modelo y los valores de TPD del segmento considerado. Al igual que el tramo anterior, el valor del TPD representa un valor más bajo que el del segmento San José – Ciudad Colón, que incluye el tramo de la carretera Próspero Fernández, por donde según el modelo realizado por la DGP, podría tener congestionamientos al comenzar a funcionar la ruta 27.

Los resultados obtenidos con el modelo de deterioro, nos indican que el factor por el que el primer segmento de vía analizado necesite una carpeta extra durante el periodo de estudio, es el TPD muy superior al de los dos segmentos restantes.

Las distintas actividades de mantenimiento de la vía, vienen especificadas en la base de datos del programa ROCKS del Banco Mundial.

Los costos de las distintas actividades de construcción y mantenimiento, se establecen en unidades como \$ / kilómetro o \$ /m², para luego multiplicarlos por la cantidad total de kilómetros o metros cuadrados de cada segmento analizado y obtener de esta forma el monto total anual de determinado rubro de costo.

5.1.2 Costos de construcción y rehabilitación iniciales de la obra

Los costos de construcción y rehabilitación inicial, son los mismos que se han establecido para pavimento asfáltico, en el estudio de la empresa IMNSA de 1998, que a su vez ha sido utilizado por la DGP y la empresa URS Greiner para efectuar su evaluación económica del proyecto San José – Caldera (ver capítulo IV). Se consideran los costos totales, tanto de construcción de la nueva carretera entre Ciudad Colón y Orotina, como de rehabilitación de las dos secciones existentes, es decir las de las carreteras San José – Ciudad Colón y Orotina – Caldera.

Estos valores se introducen en el modelo como costos iniciales de la obra o inversión inicial en el año cero del análisis, es decir el año 2002, en cantidades totales anuales.

5.1.3 Política de mantenimiento

Los costos de mantenimiento de la vía, se definen de acuerdo a las actividades de mantenimiento y la periodicidad de intervención. Los costos de mantenimiento, son decisiones técnicas de acuerdo a la tecnología disponible y que se pueda aplicar para preservar un IRI y un PSI aceptables, para el buen desempeño del pavimento para con los usuarios.

Se pueden establecer distintas actividades de mantenimiento rutinario, la más corriente utilizada en Costa Rica, es el bacheo, que consiste en la reparación de los huecos o baches de la superficie, sin afectar la capacidad estructural o de soporte interna de la carretera:

- Bacheo: Se ha definido una política de bacheos de 5% del área cada tres años, a partir del quinto año del proyecto. La periodicidad del bacheo, se define cada cuatro años, debido a que se considera que un bacheo correctamente realizado, puede durar al menos tres años (Rodríguez, 1999).

Otra alternativa para realizar mantenimiento es la de efectuar sellos, pero en nuestro país, esta técnica no se utiliza con frecuencia. Además existen otras actividades que se pueden considerar como mantenimiento de carreteras, cuyo costo es menor comparado con el de las actividades de bacheo y conservación, por ejemplo, las inspecciones rutinarias, la limpieza de cunetas, la limpieza de vegetación al lado de la vía, la pintura de señales horizontales en la vía, el

mantenimiento y reposición de señales verticales, entre otras. Este tipo de costo tiene un estimado anual de \$ 1 millón para todo el proyecto, por considerarse actividades menores.

Como se mencionó anteriormente, el bacheo consiste en el reemplazo del material superficial perdido y no afecta la capacidad resistente del pavimento.

5.1.4 Costos de las alternativas de mantenimiento y conservación de la obra

El programa ROCKS, define diversas actividades de mantenimiento y conservación para pavimentos asfálticos. La clasificación de estos trabajos se presenta a continuación:

Categoría del trabajo:

- Preservación
- Desarrollo

Ahora dentro de cada categoría de trabajo, se establecen distintas clases de trabajos y a la vez para cada uno de éstos, distintos tipos de trabajos:

Para trabajos de preservación:

- Rutinario:
 - Mantenimiento rutinario
- Mantenimiento periódico
 - Tratamiento preventivo de pavimento bituminoso (asfáltico)
 - Tratamiento preventivo sin sellar
 - Tratamiento preventivo superficial
 - Recarpeteo con mezcla asfáltica
- Rehabilitación
 - Reforzamiento
 - Reconstrucción

Para trabajos de desarrollo:

- Mejoramiento
 - Ampliación parcial
 - Ampliación parcial y reconstrucción
 - Ampliación
 - Ampliación y reconstrucción

- Actualización
- Nueva construcción
 - Construcción de carretera de dos vías

A su vez cada tipo de trabajo se subdivide en trabajos predominantes, dependiendo del número de carriles a considerar y al tipo de material de la construcción para las actividades de mantenimiento rutinario y de desarrollo; para las actividades de mantenimiento periódico y rehabilitación, se definen distintas actividades predominantes, que dependen del espesor de la capa asfáltica a aplicar o el tipo de sello. (Estas actividades predominantes se pueden ver con más detalle en el anexo de definiciones).

Para el caso en estudio, de los valores ofrecidos por el Banco Mundial, se utilizarán los costos de recarpeteo o colocación de una nueva carpeta de mezcla asfáltica, que es considerado como una actividad de preservación periódica, cuya frecuencia se define de acuerdo al modelo de deterioro utilizado anteriormente. El valor de esta actividad es de \$ 54 000/km para una capa de 5 cm, según el análisis del Banco Mundial, además como este valor se obtiene en base a un recuento de los distintos proyectos durante un periodo determinado, para omitir el efecto de la devaluación de la moneda y la inflación, el programa ROCKS realiza en base al comportamiento histórico del índice de precios al consumidor y el tipo de cambio, una proyección del valor antes establecido, esta vez para el año 2000 y su resultado es de \$57 930/km por carril; es decir que cada año de aplicación de la capa extra para reparación, se establecen los costos totales de esta actividad, multiplicando el monto anterior, por la cantidad de kilómetros por analizar y el número de carriles.

Un mantenimiento rutinario es una actividad definida para cada año, mientras que el mantenimiento periódico, se define como actividades que se programan en intervalos de tiempo definidos.

Cada una de estas actividades lleva un costo asociado, calculado por el Banco Mundial, para el caso de Costa Rica, basado en un estudio de 1991 a 1999 de los costos de distintos proyectos financiados con este Banco. En Costa Rica, se establecen costos unitarios para cada una de estas

actividades, sin embargo cambian de acuerdo a la demanda que tenga el proyecto, es decir estos costos se establecen en la oferta económica de cada adjudicación.

Las unidades de estos costos se expresan en \$-km/año, $\$/m^2$ o $\$/km$, dependiendo del tipo de actividad. Los costos unitarios se anualizan, mediante el producto de multiplicar este costo unitario por, bien sea, la longitud en kilómetros del proyecto o secciones o por su área, para producir el rubro de costos de mantenimiento o conservación que se utiliza para calcular los flujos de efectivo totales por año en el análisis.

Se incluyen además los costos por mantenimiento y operación de las casetas de peaje, pues este costo se transfiere a los usuarios de la carretera, en el cobro de los peajes, bien sea por parte de la Administración (Estado) o por parte de la empresa adjudicada del proyecto. Los costos de adquisición de los equipos y la construcción de los peajes, se ubican dentro del modelo, en la parte de los costos anuales y costos de construcción inicial y el monto es el mismo expresado en el capítulo IV, calculado por la empresa IMNSA, que se incluye como costos de activos depreciables (estaciones de peaje, equipos y administración) y costos de operación anual (costos de administración).

Además, debe aclararse que no se incluyen costos de diseño de la obra, de expropiación de tierras y de supervisión inicial, pues se consideran como costos hundidos del proyecto.

El año en que se debe realizar la actividad de conservación de la obra, obtenido por el modelo de deterioro, es el 2016, por lo que para este año, la valoración del proyecto, debe incluir como costo, además de los de mantenimiento menor y costo de funcionamiento de los peajes, los de la colocación de una carpeta extra de 5 cm (dado por el programa ROCKS del Banco Mundial). El costo para las actividades de conservación de la vía, para la sección del proyecto, que según el modelo de deterioro, necesita una carpeta extra, es:

TABLA # 16.COSTO TOTAL DE LA CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA, APLICANDO UNA CARPETA EXTRA

Sección	Segmento Próspero Fernández
Longitud x carril	33 km x 4 carriles
Costo unitario de la carpeta nueva	\$57 930/km
Costo total de la carpeta nueva	\$ 7 646 760
Año de la actividad en el segmento especificado (según modelo de deterioro)	2016 (14 del análisis)

FUENTE: UTILIZACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

Los costos de la conservación se escogen de los establecidos por el Banco Mundial, para esta actividad, debido a que dentro de los modelos de deterioro establecidos por los estudios económicos realizados con anterioridad, no se establece una política de refuerzo con una carpeta extra, por lo tanto, estos costos no están contemplados, como sucede con los costos de la actividad de bacheo. Los costos contemplados en los estudios económicos y financieros anteriores, son además de los bacheos, los sellos, los refuerzos y la reconstrucción. Como se mencionó con anterioridad, la utilización de sellos no es usual en nuestro país, además las actividades de refuerzo y reconstrucción dependen del modelo de deterioro utilizado y de las características geométricas de la vía, que tanto en este estudio como el de la DGP, se tratan de apegar lo máximo posible a la realidad establecida para la ruta 27, según datos suministrados por el departamento de diseño de vías del MOPT.

Los costos de mantenimiento anual, según la política establecida, de bacheo anual del 5% del área total, por segmento del proyecto, se pueden observar en la tabla 17 y se obtienen de datos de la DGP para esta obra:

TABLA # 17. COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA DEL PROYECTO, APLICANDO BACHEO

Sección	Segmento Próspero Fernández	Segmento Ciudad Colón - Orotina	Segmento Orotina – Puerto Caldera
Longitud x ancho x carril	33 km x 3,65 m x 4	38 km x 3,65 m x 2	23 km x 3,65 m x 4
Costo unitario del bacheo	\$ 13,25 / m ²		
Costo total de la actividad de bacheo(5% del área del segmento)	\$ 6 383 850	\$ 3 675 550	\$ 4 449 350
Costo total anual de la actividad de bacheo	\$ 14 508 750		

FUENTE: UTILIZACIÓN DEL MODELO DE DETERIORO DE LA AASHTO

Una vez totalizados los costos en los que incurre en la carretera, tanto en el apartado de construcción inicial y rehabilitación, operación de las estaciones de peaje, mantenimiento y conservación por deterioro, tenemos que estos valores se montan en el flujo de caja, con signo negativo, pues son erogaciones del proyecto analizado.

Los costos de construcción, rehabilitación, mantenimiento y conservación, se podrían introducir al programa RED para obtener el análisis económico adecuado, sin embargo tanto los costos de mantenimiento, como los de conservación (sobre capa), deben ser anualizados y divididos entre la cantidad de kilómetros de cada segmento, para que el programa RED los incluya en el análisis. Este enfoque, deja por fuera el crecimiento de los costos con el tiempo, para efectos de proyección. Para prever el crecimiento de los costos, muchas veces se ha utilizado el índice inflacionario, lo que no contempla la realidad de los proyectos de construcción de carreteras, pues

este índice es hecho en base a otros productos de la canasta básica (índice de precios al consumidor) y no con el crecimiento de los materiales de construcción de carreteras en nuestro país. Por lo tanto, para corregir este defecto al momento de utilizar la inflación como medición de crecimiento futuro de los flujos, el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), calcula un índice de elementos de carreteras y puentes, con año base 1990 (100) y a partir de éste, se hacen ajustes de acuerdo con los crecimientos de los costos. Además se deben considerar los pesos de los diferentes materiales de construcción utilizados dentro de los costos totales de los proyectos viales.

De acuerdo a la información obtenida del índice de elementos de carreteras y puentes del INEC para junio de 2003, los rubros de asfalto (tipo 85/100) y la mano de obra tienen los siguientes valores: 599,88314 y 652,47768 respectivamente. Esto nos indica que sus crecimientos desde el año 1990 ha sido aproximadamente de 4,99 % para asfalto y 5,52% para mano de obra. Se consideran estos parámetros, debido a que son junto con la maquinaria (que no se incluye en el índice utilizado), los rubros o cuentas de mayor peso en la construcción y mantenimiento de carreteras (Wilmot, Cheng, 2003). De acuerdo a un estimado de los costos de proyectos de carreteras la relación entre asfalto y mano de obra, es del orden de 4 a 1. Por lo tanto utilizando los datos de los pesos y los crecimientos, se puede ponderar un crecimiento estimado de los costos de construcción y mantenimiento de la obra en estudio:

Índice de crecimiento estimado = Crecimiento en el costo del asfalto x peso del costo del asfalto
+ Crecimiento en el costo de la mano de obra x peso del costo de mano de obra

Por lo tanto, para este caso el cálculo de este crecimiento estimado, es:

$$\text{Índice de crecimiento estimado} = 4,99\% \times 0,75 + 5,52\% \times 0,25 = 5,12\%$$

Esta tasa de crecimiento es la que han tenido los costos durante los últimos trece años, además es la que se va a aplicar en los costos del proyecto, de manera que los valores que se tienen al día de hoy, se les va a incrementar anualmente de acuerdo a esta tasa de crecimiento y su valor en el flujo de efectivo, va a quedar determinado por el año en que se realice dicha actividad. La tasa

anual de crecimiento obtenida a partir de 5,12 % durante 13 años, es de 0,394 % y va a ser aplicada a todos los costos, tanto de mantenimiento menor, como de operación de las casetas de peajes, así como al mantenimiento mayor (bacheo) y al trabajo de conservación (sobre capa). Los costos de operación de las casetas de peajes, se aumentan en esta misma proporción, debido a la falta de información con otro dato confiable de crecimiento.

Los costos totales anuales, se especifican en la siguiente tabla:

TABLA # 18. COSTOS TOTALES DURANTE EL PERIODO DE ANÁLISIS

Año	Rubro	Monto
2002	Costo de construcción	\$ 57 746 420
	Costo de rehabilitación	\$ 4 851 170
	Costo de activos depreciables	\$ 3 183 150
	Total	\$ 65 780 740
2003	Costo de operación de peajes	\$ 1 793 650
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 000 000
	Total	\$ 2 793 650
2004	Costo de operación de peajes	\$ 1 800 717
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 003 940
	Total	\$ 2 815 707
2005	Costo de operación de peajes	\$ 1 807 812
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 007 896
	Total	\$ 2 815 707
2006	Costo de operación de peajes	\$ 1 814 935
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 011 867
	Total	\$ 2 826 801
2007	Costo de operación de peajes	\$ 1 822 085
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 015 853
	Costo total de bacheo	\$ 14 794 572
	Total	\$ 17 632 511
2008	Costo de operación de peajes	\$ 1 829 264
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 019 856
	Total	\$ 2 849 120
2009	Costo de operación de peajes	\$ 1 836 472
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 023 874
	Total	\$ 2 860 346
2010	Costo de operación de peajes	\$ 1 843 707
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 027 908
	Total	\$ 2 871 616
2011	Costo de operación de peajes	\$ 1 850 972
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 031 958
	Costo total de bacheo	\$ 15 023 230
	Total	\$ 17 906 160
2012	Costo de operación de peajes	\$ 1 858 264
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 036 024
	Total	\$ 2 894 288
2013	Costo de operación de peajes	\$ 1 865 586
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 040 186
	Total	\$ 2 905 692
2014	Costo de operación de peajes	\$ 1 872 936
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 044 204
	Total	\$ 2 917 140

2015	Costo de operación de peajes	\$ 1 880 316
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 048 318
	Costo total de bacheo	\$ 15 251 888
	Total	\$ 18 180 522
2016	Costo de operación de peajes	\$ 1 887 724
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 052 449
	Costo de carpeta nueva	\$ 8 068 555
	Total	\$ 11 008 728
2017	Costo de operación de peajes	\$ 1 895 162
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 056 595
	Total	\$ 2 951 757
2018	Costo de operación de peajes	\$ 1 902 629
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 060 758
	Total	\$ 2 963 387
2019	Costo de operación de peajes	\$ 1 910 125
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 064 938
	Costo total de bacheo	\$ 15 480 546
	Total	\$ 18 455 609
2020	Costo de operación de peajes	\$ 1 917 651
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 069 133
	Total	\$ 2 986 784
2021	Costo de operación de peajes	\$ 1 925 207
	Costo de mantenimiento menor	\$ 1 073 346
	Total	\$ 2 998 552

FUENTE: METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE CARRETERAS

5.2 Diagnóstico de los beneficios involucrados en el proyecto

Los beneficios que se incluyen en este análisis, se refieren al ahorro anual en costos tanto para el país como para los usuarios de la obra San José – Caldera. Además se pone énfasis en el beneficio que aporta esta vía a la región circundante. Además, al igual que los costos, los beneficios se desarrollan para cada una de las tres secciones del proyecto, para después totalizarse y establecerse un valor para cada año.

Los beneficios que se incluyen en la valoración del proyecto, son:

- Ahorro de tiempo de los usuarios.
- Ahorro en costos de mantenimiento de los vehículos.
- Ahorro en costo de accidentes.
- Ahorro en costos medioambientales.
- Beneficio a la región aledaña por donde pasaría la nueva obra.

Los beneficios se manejan en el programa RED, de manera que al ingresarle los datos especificados por este programa, se obtienen automáticamente los valores de VAN, la TIR y el cociente costo – beneficio. Por lo tanto no existe la necesidad de calcular los flujos por aparte como se realizó con los costos.

5.2.1 Ahorro de tiempo de los usuarios y costo de operación de los vehículos

El ahorro de tiempo de los usuarios, lo establece el programa RED , como una función del tiempo de viaje, que a su vez es función de la velocidad y esta depende del IRI.

En total, se define una función que relaciona el costo de operación de los vehículos como dependiente del IRI:

$$VOC = a_0 + a_1*IRI + a_2*IRI^2 + a_3*IRI^3 \quad (8)$$

donde,

VOC = Costo de operación de los vehículos

IRI = Índice de regularidad internacional

a_0, a_1, a_2, a_3 = son coeficientes de ajuste.

Lo que nos indica la relación anterior, es que debido a un mayor deterioro de las carreteras (mayor IRI), se aumentan los costos de operación de los vehículos.

Estos coeficientes de ajuste se deben de ingresar al programa, pues para cada caso en estudio, se necesitan diferentes relaciones entre los costos de operación de los vehículos y el IRI, que a su vez se encuentra relacionado con la velocidad. En Costa Rica, la DGP tiene definidos para abril de 2002, los costos de operación de distintos tipos de vehículos (ver anexo), en función de diferentes valores de velocidad de los mismos, este estudio de costos de operación de los vehículos, incluye el costo de combustible, lubricante, llantas, mano de obra, repuestos, depreciación e intereses, para obtener un costo total. Se asume que para el cálculo de estos costos, su valor es por cada 1000 kilómetros de recorrido, en camino plano, pavimentado, sin curvatura y con una superficie en buenas condiciones.

Graficando los valores totales de costo de operación contra su velocidad respectiva, podemos establecer los coeficientes que el programa RED utiliza en la ecuación 8, a partir de la ecuación de mejor ajuste del gráfico. En las figuras 8,9,10,11 y 12 , se obtiene el valor del coeficiente de correlación de un polinomio de tercer grado (R^2), para verificar que el comportamiento de la curva de costos vs. Velocidad, coincida con la tendencia de la ecuación 8 (tercer grado), además se obtienen los coeficientes, para ingresarlos al programa. El resumen de los coeficientes obtenidos , se puede observar en la tabla 19:

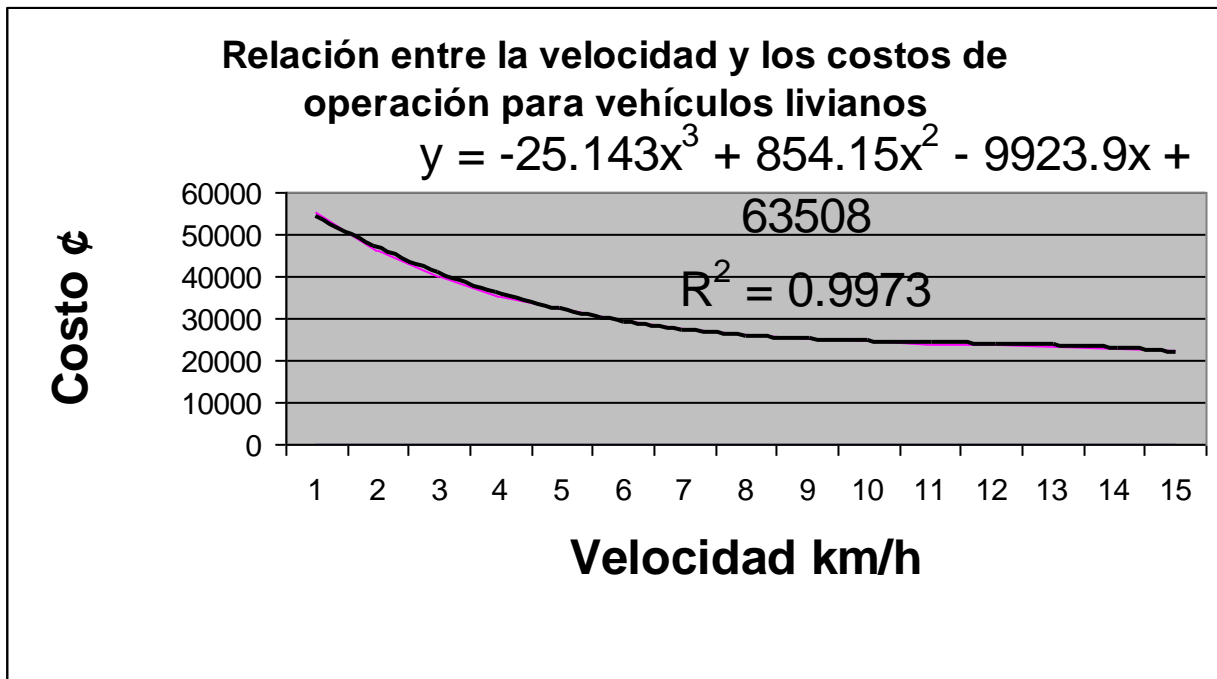
TABLA # 19. COEFICIENTES PARA LA ECUACIÓN QUE RELACIONA LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS CON EL IRI

Tipo de vehículo	Coefficiente de correlación del gráfico (R^2)	A0	A1	A2	A3
Vehículo liviano	0,9973	63508	-9923,9	854,15	-25.143
Bus	0,8862	203694	-7399,9	120,96	-0,6172
Carga liviana	ND	ND	ND	ND	ND
Dos ejes	0,9955	170543	-6324,3	102,44	-0,5251
Tres ejes	0,9952	187703	-6803.3	110.59	-0.561
Cinco ejes	0,992	183544	-6506.1	106.11	-0,518

FUENTE: GRAFICOS DE VELOCIDAD VS COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

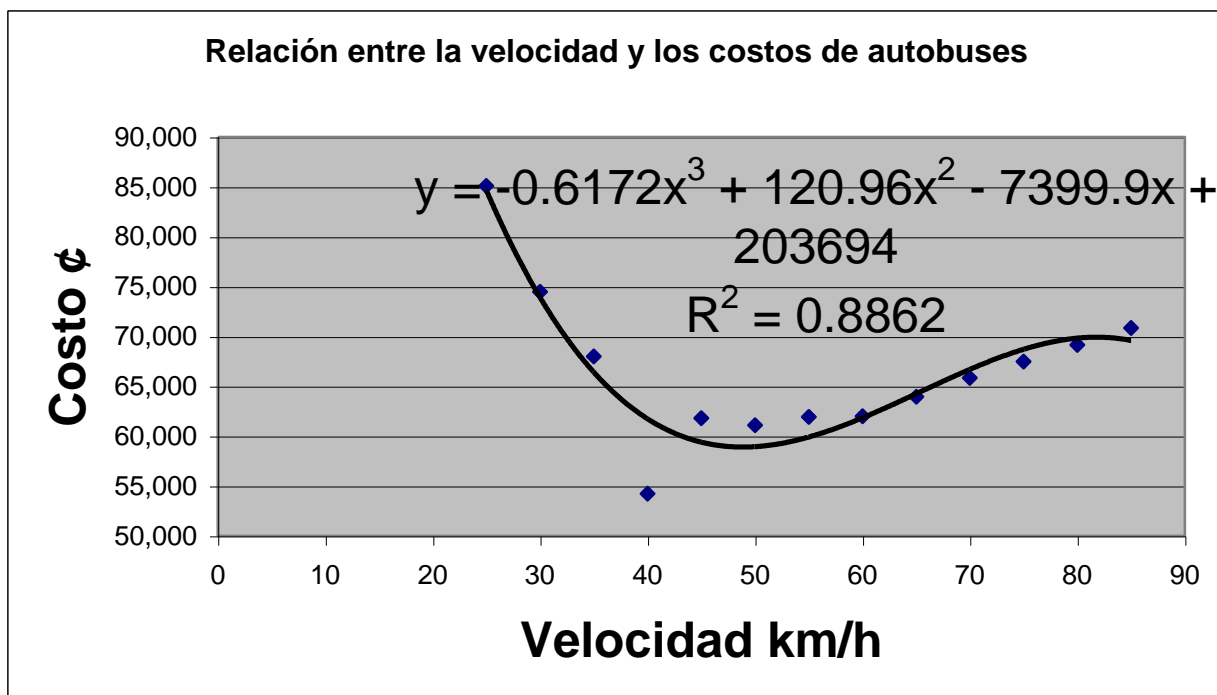
ND : No existen datos

FIGURA # 9: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: VEHÍCULOS LIVIANOS



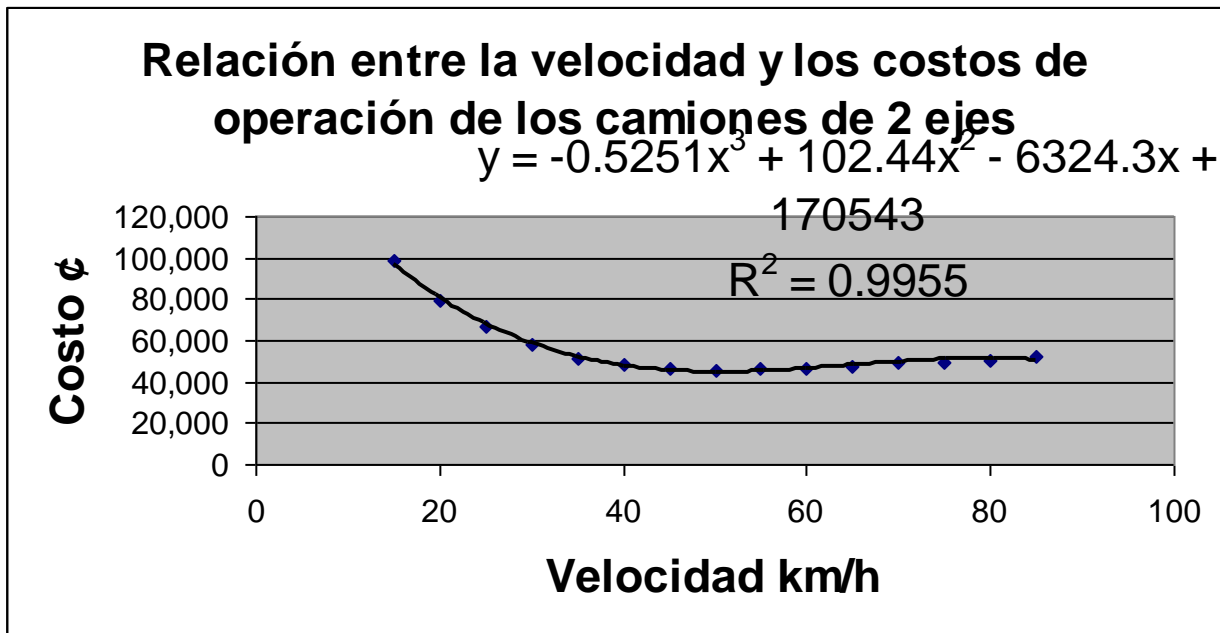
FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN

FIGURA # 10: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: AUTOBUSES



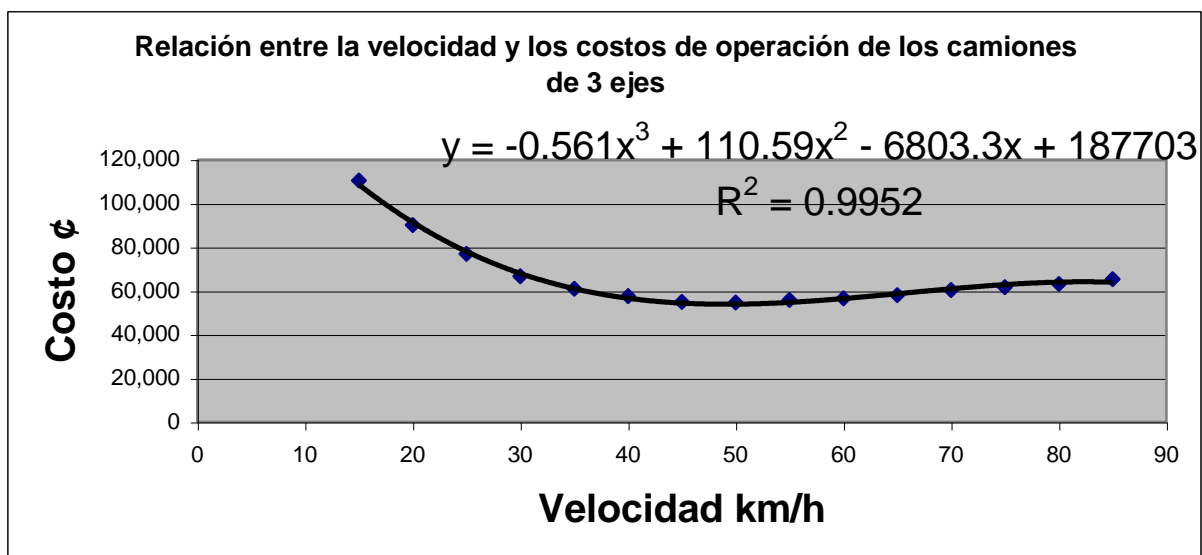
FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN

FIGURA # 11: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE DOS EJES



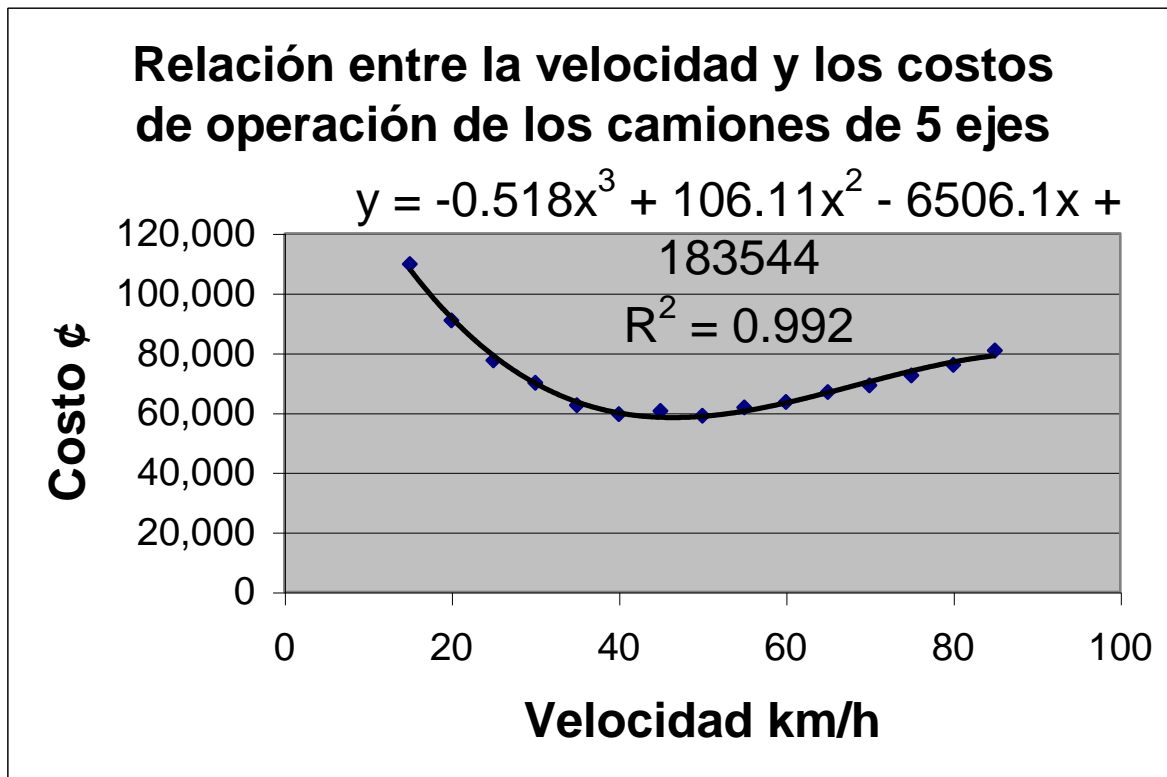
FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN

FIGURA # 12: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE TRES EJES



FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN

FIGURA # 13: COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS VEHÍCULOS VS VELOCIDAD: CAMIONES DE CINCO EJES



FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN

Los valores de los coeficientes, se deben dividir entre cien mil vehículos, para ingresarlos en las unidades que solicita el programa, es decir, \$-vehículo/km. Además se asume que los tres segmentos de la carretera analizados, son planos; lo que es cierto para los dos existentes, sin embargo, esta afirmación no se puede hacer para el segmento que se tiene que construir; el uso de este supuesto es debido únicamente a la falta de información existente sobre los costos de operación de los vehículos en condiciones montañosas. Del análisis de los gráficos que muestra la relación entre la velocidad de los distintos vehículos y su costo de operación, se puede concluir que para todos los tipos de automotores, existe una velocidad óptima donde sus costos de operación alcanzan un valor más bajo y que después de superarla, los costos aumentan gradualmente.

La otra ecuación que tiene el programa RED es la que relaciona la velocidad de los vehículos con el valor del IRI, que tiene una forma similar a la ecuación 8:

$$V = b_0 + b_1 * IRI + b_2 * IRI^2 + b_3 * IRI^3 \quad (9)$$

donde,

V = Velocidad de los vehículos

IRI = Índice de regularidad internacional

b₀, b₁, b₂, b₃ = son coeficientes de ajuste.

Para el valor de los coeficientes de esta ecuación, se consideran los valores que por defecto trae el programa, pues a diferencia de los costos, esta relación entre la velocidad de los vehículos y el IRI, no tiene variación significativa de un país a otro.

Con la alternativa de considerar la velocidad como función del IRI, se obtienen mejores resultados, en los terrenos planos, donde la velocidad es función de la regularidad de la vía. Para las vías montañosas se debe incluir el valor de diseño de la velocidad deseada o valor máximo de este parámetro permitido en la carretera, pues para estos casos la velocidad no es enteramente función del IRI, si no que además influye la geometría del camino.

Los costos de tiempo de viaje, se comparan con otras alternativas existentes, en este caso, las opciones de hacer la ruta San José – Caldera por la ruta 1, es decir por la autopista General Cañas. La DGP ha determinado que el costo del tiempo para los buses y los automóviles, es de \$32,20 por hora y \$ 4,80 respectivamente. A su vez se debe analizar el valor del tiempo para el transporte de carga, pues por la actual autopista que une a San José con Caldera, se transporta más del 90% de la carga que se desembarca y embarca en ese puerto (Cruz, 2002). Entre el tipo de carga que utiliza el puerto de Caldera, se encuentra que un 78,12% del total corresponde a granos y otros tipos en menores proporciones son los vehículos, el atún, los hierros y la mercadería general (Cruz, 2002), para totalizar aproximadamente 2 millones de toneladas métricas de carga por año. Sin embargo se ha determinado que el costo de las empresas importadoras de granos, que como se mencionó anteriormente, representan un alto porcentaje de los movimientos de Caldera, no se afecta significativamente por el tiempo total de transporte, por parte de los furgones camioneros (Cruz, 2002). Sin embargo, en este tipo de análisis, siempre es importante considerar este factor, pues en algunos casos, puede ser que el valor del tiempo para el

transporte de carga, tenga un gran valor, que afecte en forma significativa los parámetros de rentabilidad con los que se mide el valor del proyecto.

Estos valores se introducen en el programa RED, divididos entre el número de pasajeros que viajan en promedio en cada uno de los tres tipos de vehículos considerados, que para automóviles es de 3 en promedio y para buses de 40.

Además el programa solicita los tráficos promedio diarios (TPD) por tipo de vehículo y sus tasas de crecimiento. Se debe entonces realizar 3 corridas del programa, una para cada sección de la carretera considerada. Las tasas de crecimiento del tráfico, cambian según las proyecciones realizadas por URS Greiner, cada cinco años y sus valores son: 4,3%, 4%, 3,5% y 3%.

El programa trae las opciones, para incluir el tráfico debido a la caída en los costos de operación de los vehículos, en base a la elasticidad de la demanda de transporte o incluyéndole los tráficos en forma manual. La elasticidad de la demanda de transporte se define como la relación entre el porcentaje de incremento en el tráfico y el porcentaje de decremento de los costos de transportación. Como no se tienen datos para sustentar este apartado, se supone que el valor de la elasticidad de la demanda de transporte es 1, es decir se comportan en las mismas proporciones la demanda de transporte, que la disminución en los costos de transportación.

Otra de las opciones con las que cuenta el programa, es un módulo para ingresar el tráfico inducido a la nueva vía, por efecto del desarrollo económico de la región; sin embargo por no contarse con la información pertinente, no se utiliza este módulo.

El programa presenta tres opciones distintas, la opción cero, que es tener el camino en malas condiciones con un IRI de 7, la opción 1, llevarlo a condiciones justas con un IRI de 5, la opción 2, que es llevar el camino a buenas condiciones con un IRI meta de 4,5, según se ha definido en este estudio y la opción 3, que consiste en mejorar la geometría y pavimentar hasta alcanzar un IRI de 3,5.

Para el caso en estudio, se deben ingresar las longitudes y topografía de cada uno de los segmentos del proyecto, además se fija la opción de caminos pavimentados y por último se considera que el segmento San José – Ciudad Colón es plano; Ciudad Colón – Orotina es montañosos y Orotina – Caldera es plano.

5.2.2 Costo de accidentes

Este parámetro se calcula, suponiendo que la tasa de accidentes actuales de las otras opciones para realizar el mismo viaje, se reduce, debido a la mejora en la superficie de rodamiento de la vía propuesta. Se omiten en este análisis, los supuestos de las mejoras realizadas a las vías existentes; se pueden ingresar al programa tanto los costos promedio por accidente, como los costos por accidente, divididos en aquellos que tienen como consecuencias muertes, como los que su secuela son daños personales y materiales.

Estos costos , se ingresan al programa RED en millones de dólares por año y éste utiliza este dato en la valoración económica del proyecto. Los costos promedio por accidente se estiman en \$ 1 550 (INS, 2002). Además se estima que la disminución en los accidentes, se realiza en una carretera con un adecuado mantenimiento y una señalización óptima.

5.2.3 Costos medioambientales

Los costos medioambientales, se ingresan directamente al programa RED, como millones de dólares por año. Este tipo de costos o efectos ambientales, se pueden definir, como de dos tipos, efectos directos, que afectan directamente por el trazado de la carretera, como la remoción de tierra y vegetación; así como también existen los efectos indirectos, los cuales, afectan el entorno de la carreteras, como los cauces de agua.

Para este estudio, se van a considerar los efectos directos, debido a que es son más fáciles de cuantificar. Dentro de los impactos que puede tener una carretera, se encuentran el ruido, la calidad del agua y del aire y los efectos sobre el estilo de vida de la sociedad alrededor de la obra. Para el caso del ruido, tenemos que existen distintas fuentes de ruido en la vía, la primera corresponde a los vehículos, produciendo los camiones una mayor cantidad de ruido; además tenemos el efecto del coeficiente de fricción de las ruedas del vehículo con la vía, también

tenemos el comportamiento de los conductores, mediante el uso de bocinas y radios, para tener por último al ruido ocasionado por trabajos de mantenimiento y reparación. El mayor aporte al ruido es una contribución del rozamiento de las llantas con la vía, y este factor depende del estado de la vía, de las llantas y del tipo de vehículo, además se incrementa con la velocidad de los mismos. Se ha determinado que doblar la velocidad contribuye con un aumento de 6 decíbeles en el entorno de la carretera (Tsonokawa, 1997).

Para el caso de la calidad del aire, tenemos que los vehículos automotores, son de los principales contribuyentes, en la contaminación del aire de las zonas por donde transitan. Distintas sustancias, como los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el monóxido de carbono, que son producto de la combustión de los motores; tienen influencia directa en el decremento de la salud de los pobladores alrededor de los caminos. El nivel de contaminación del aire debida al parque automotor, depende del consumo de combustible y su tipo, del estado de los motores, el tamaño del vehículo y por último la velocidad y los congestionamientos. La mayoría de los vehículos, opera con menor consumo de gasolina y desgaste de sus partes, a una velocidad entre 80 y 100 km/h, de manera que la operación fuera de este rango produce un mayor nivel de contaminación, de hecho se han establecido algunas relaciones experimentales al respecto. Para cuantificar este factor, se deben tener los tráficos de vehículos y su dispersión, los tipos de vehículos, su velocidad promedio y los mayores contaminantes emitidos por éstos.

La evaluación económica de los impactos ambientales producto de una carretera, se pueden abordar, de varias formas (Tsunokawa y Koban, 1997):

- Valoración directa: Este método asume que un impacto ambiental, se puede afectar la producción actual o la capacidad de producción dentro de los límites de área de estudio. Esta valoración a su vez, se puede desarrollar por tres métodos distintos, cambios directos en la productividad, que puede ser medido como el ingreso reducido de los terrenos afectados; el costo de oportunidad, que consiste en dar un valor a terrenos por donde transita la carretera y que pueden ser utilizados en alguna actividad productiva y por último la pérdida de ganancias, donde se puede utilizar el impacto de la contaminación, por varios métodos, por ejemplo la disposición de la gente por pagar por una mejora en la salud (mediante encuestas) y el valor de las pérdidas de ganancias debidas a muertes

prematuras, enfermedad, incapacidades y el incremento en los gastos médicos, en este caso se realiza un estimado de las pérdidas proyectadas de los individuos involucrados.

- Alcance de mercado: En este tipo de valoración, se realiza un estimado de la pérdida o ganancia de valor de determinado terreno o tierra, debido al impacto de la contaminación del aire debida a la nueva carretera.
- Gastos preventivos: Aquí se consideran los costos en los que se incurre, para mitigar o prevenir el impacto de un proyecto de infraestructura vial, aunque este tipo de valoración, asume implícitamente, que se acepta que los beneficios de la obra son mayores a los costos, de manera que vale la pena realizar el gasto para mitigar el efecto sobre el ambiente.
- Gastos de reemplazo: Se considera el costo de reemplazar un activo perdido por culpa de un impacto ambiental.
- Evaluación de contingencias: este método se utiliza para medir el impacto económico de valores bastante intangibles, como por ejemplo el impacto visual de determinado proyecto; la técnica consiste en efectuar distintos experimentos y encuestas con las personas afectadas por la obra y en base a esta información, se le asigna un valor económico o monetario a cada parámetro.
- Análisis de aproximación costo - efectividad: cuando tiene bastante dificultad asignar valores monetarios al impacto ambiental producido por un proyecto, se puede utilizar una lista de metas u objetivos (como el máximo nivel de contaminación de aire deseada), y su consecuente asignación de costos operativos y de capital para alcanzarlos. Este método no pone en términos monetarios los beneficios, simplemente calcula el costo de caminos alternativos de alcanzar las distintas metas.

En cuanto al proyecto de infraestructura vial de la carretera San José - Caldera, se puede decir que un estudio de impacto ambiental realizado con anterioridad, no parece señalar problemas ambientales significativos (PRODUS, 2000). Sin embargo la zona de influencia de la carretera, tiene los problemas de mal manejo de las aguas servidas y un uso inadecuado de los desechos sólidos, que se pueden ver agravados, debido al incremento poblacional que se espera en la zona, además no se descarta la contaminación directa en la orilla de la vía y la ocasionada por efecto de ruido de los automóviles. Si bien es cierto, para este proyecto en específico, no se han detectado

problemas ambientales significativos, si se deben tomar estos aspectos, en la toma de decisiones de proyectos viales, debido a que en determinados casos, sí se puede presentar, que la construcción de una carretera altere de manera significativa, especialmente en zonas urbanas desarrolladas, la calidad de vida de sus habitantes actuales y proyectados. Para cuantificar este impacto, lo más recomendable, es utilizar alguna de las metodologías explicadas en los párrafos anteriores, en especial, la de los costos que se deben dedicar para reparar daños ambientales y algún tipo de encuesta, bien preparada.

5.2.4 Costos sociales o beneficios a la zona

El programa RED también trae un módulo para ingresar costos sociales o cualquier otro beneficio que se desee incluir en el proyecto.

Los costos sociales, producto de un proyecto vial, pueden ser tan diversos, como los cambios en las relaciones entre las zonas aledañas y hasta en el estilo de vida de los habitantes de determinada zona. El efecto económico, sobre determinada zona es generalmente positivo, pues un nuevo camino propicia que se puedan diversificar las actividades de la zona, como por ejemplo se cuenta con mayor visita de personas y por lo tanto crece el comercio de bienes y servicios, además los productos de la región se pueden llevar a otras zonas. El impacto de los caminos en la calidad de vida de las personas, ha quedado demostrada a través del tiempo, pues el desarrollo de las sociedades, va de la mano con la construcción de caminos. Con una vía de comunicación, los habitantes de sus alrededores, tienen la posibilidad de acceder con mayor facilidad a servicios médicos, recreativos y de educación.

Dentro de los impactos importantes de la carretera, se destacan, la alta accesibilidad con la que contará la región aledaña a la vía, especialmente las de la zona oeste de Alajuela, las del pacífico central y Puntarenas (PRODUS, 2000).

La vía tiene también impactos importantes positivos, como el mejor funcionamiento de los mercados de mano de obra y productos (gasolineras, restaurantes, productos agrícolas, etc), la creación de nuevas actividades económicas y la ampliación de las existentes, además de la mayor oportunidad de acceso a la educación universitaria, para los habitantes de la zona (PRODUS,

2000). Para los distintos productores y empresas que deseen instalarse en la zona, se les presenta la oportunidad de tener un acceso rápido a dos puertos importantes de exportación e importación, como son el aeropuerto Juan Santamaría y el puerto de Caldera.

Las zonas impactadas por este proyecto, son: Puntarenas, la gran área metropolitana (GAM), en sus extremos, además de los cantones de Alajuela, como Orotina y Turrubares, los cantones de las actuales vías alternas, como San Ramón y San Mateo, así como, en menor grado, las zonas de Guanacaste.

Otro aspecto de gran importancia, es el aumento esperado en el precio de la tierra, porque usualmente una nueva carretera aumenta el valor de las propiedades, especialmente el valor real, debido al aumento en las expectativas sobre la tenencia de tierras en la zona. Además, otro efecto positivo de la carretera, es el incremento en la posibilidad de que se desarrolle en Orotina un nuevo aeropuerto internacional.

Son claras las ventajas, en el ahorro de tiempo y la calidad del viaje, en relación a las alternativas existentes, debido a que se estima que la pendiente en las zonas no planas sea tan sólo de un 2% y además existan menor cantidad de curvas o sea que su trazado horizontal sea mejor, al existente en la ruta de Cambronero o el Monte del Aguacate (PRODUS, 2000). Por otra parte el desarrollo de la zona, también depende de una correcta planificación por parte de las autoridades respectivas. Otro aspecto, a tomar en cuenta desde el punto de vista social, es la disminución de ciertas actividades en las poblaciones, donde el tráfico se va a trasladar a la nueva vía, aunque se ha determinado, que sus actividades económicas no se encuentran afectadas en forma significativa por el flujo vehicular que las atraviesa (PRODUS, 2000).

Los beneficios que puede traer un proyecto de infraestructura vial a determinada zona, deben ser cuantificados, en términos económicos, con alguna de las técnicas que se describen en el apartado de impactos ambientales; por no ser parte de los objetivos de este trabajo, no se considera dentro de la evaluación, la incorporación de beneficios sociales.

5.3 Flujos de efectivo proyectados

Se han definido ciertas variables, que se consideran como importantes dentro del análisis. Entre las cuales se citan:

- El valor del tráfico promedio diario (TPD) proyectado, mostrado en forma anualizada y obtenido del estudio de la empresa URS Greiner para el Consejo Nacional de Concesiones (CNC).
- El % de incremento en los costos de las actividades de mantenimiento y conservación, basado en el comportamiento del índice de precios de materiales de carreteras y puentes de nuestro país.
- La tasa de descuento, que para proyectos de inversión social, ha sido considerada con un valor de 12%. Esta tasa depende del tipo de análisis que se está efectuando, pues para un inversionista privado, que tenga un proyecto vial, el valor de esta tasa debe ser al menos, la del rendimiento que se encuentra en el mercado y que se considera libre de riesgo; por lo general son los instrumentos financieros emitidos por el Estado. La selección de esta tasa de descuentos de los flujos pierde importancia, si el fin es determinar la mejor alternativa, entre varias disponibles, siempre y cuando se evalúen con la misma tasa.
- El valor del IRI, considerado este parámetro como la referencia o el nivel de servicio o comodidad óptima de la carretera, además se establece el valor de este indicador para establecer políticas de mantenimiento y conservación y su respectivo costo.
- Tipos de vehículos: En este estudio se definen seis tipos de vehículos, a saber, automóviles, buses, camiones livianos y camiones de 2, 3 y 5 ejes.
- Algunos otros parámetros importantes, como el costo del tiempo para los distintos usuarios de la vía y el ahorro de los costos de funcionamiento de los vehículos.

Todos estos factores tienen bastante influencia sobre el resultado en los flujos de efectivo del proyecto.

Los flujos de efectivo, del proyecto como tales, se consideran para el segmento de los costos; mientras que el apartado de beneficios se va a manejar en el programa RED.

Los flujos de costos resultantes durante el periodo de análisis, se pueden observar con más detalle en la sección de anexos.

5.4 El valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), y la razón costo – beneficio (C/B)

La tasa de descuento de estos proyectos sociales, ha sido por lo general de 12% y el horizonte considerado de análisis es de 20 años, pues este es el número máximo de años que permite el programa RED. A partir de esta información y una vez que se ha ingresado la información pertinente al programa utilizado, este nos brinda automáticamente el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y nos deja buscar distintas alternativas de solución. Esta información además se presenta para cada una de las opciones establecidas en el programa (0,1,2,3).

Dentro de las soluciones, también tenemos un detalle con la información anual de cada una de las opciones analizadas y una curva donde se presenta la frontera de la eficiencia para cada opción.

Debido a que el análisis se va a llevar a cabo tanto en el programa *Excel*, para los costos, como en el paquete RED, entonces se van a obtener dos diferentes valores tanto para el VAN como para la TIR, que sumados nos van a dar los valores actuales netos del proyecto en general, además, se debe totalizar el valor obtenido para cada uno de los segmentos de la carretera considerados.

El resumen de los valores obtenidos de los indicadores de rentabilidad del proyecto se presenta en la siguiente tabla:

TABLA # 20. RESULTADO DE LOS INDICADORES FINANCIEROS APLICADOS AL PROYECTO VIAL SAN JOSÉ - CALDERA

Sección	Segmento Próspero Fernández	Segmento Ciudad Colón - Orotina	Segmento Orotina – Puerto Caldera
VAN obtenido de los costos del proyecto	(\$ 96 878)*		
TIR obtenida de los costos	No aplica		
VAN obtenida del programa RED para los beneficios	\$ 144 786	\$ 32 933	\$ 25 921
TIR obtenida del programa RED para los beneficios	Indefinida	Indefinida	Indefinida
VAN total	\$ 106 762		
Relación beneficio - costo total	2,1		

FUENTE: MODELO DE VALORACIÓN DE PROYECTOS DE CARRETERAS

* cifras en miles de dólares de E.U.

Los valores obtenidos con el programa RED, son el resultado de comparar a la alternativa propuesta, para mantener un IRI de 3; 3,5 y 5, con la opción sin proyecto. Los VAN obtenidos, aumentan conforme el valor del IRI disminuye, debido al aumento en los beneficios para el usuario, o el ahorro en los costos para éstos. En el análisis, se escoge el valor de IRI de 4,5 por ser el que se utiliza como referencia en el modelo de deterioro; sin embargo en Costa Rica, se considera que un pavimento se encuentra en buenas condiciones con un IRI menor a 3 (LANAMME, 2003). El cambio de un segmento a otro del proyecto en el análisis del programa RED, es básicamente su demanda, es decir su TPD.

Podemos observar, como según los indicadores financieros tradicionales, el proyecto es rentable, pues el VAN de los costos es menor al de los flujos obtenidos por los beneficios del proyecto, de esta manera el VAN resultante, es positivo; además tenemos un valor del cociente de los beneficios y los costos mayor a 1, lo que nos indica que son mayores los beneficios que los costos, al realizar esta obra. El valor de la TIR, no se evalúa, pues dentro del programa RED, el

resultado son TIR indefinidas, además no tiene sentido concluir nada respecto a una TIR obtenida de los costos. El segmento que más aporta a los beneficios del proyecto, es el de San José – Ciudad Colón, debido a que su TPD es mayor al de los otros dos tramos, por lo tanto un mayor número de usuarios se beneficiarían de la obra, en aspectos como reducción de costos de operación de sus vehículos, así como de tiempo de viaje.

Estos resultados expresados en la tabla 5.6, confirman los efectuados por la DGP del MOPT, los cuales, también concluyen que el proyecto es rentable. En cuanto a la metodología utilizada en este capítulo, en relación a la que utilizó la DGP, tenemos ciertas diferencias, entre las cuales se pueden citar, el programa utilizado, pues la DGP utiliza el HDM-III, mientras que en este capítulo se utiliza el RED, que se basa en el HDM-IV, además para el primer estudio, los costos no se les proyecta con un indicador más acertado, como el de precios de materiales de construcción de carreteras y puentes del INEC. Por lo tanto, el valor del VAN final, produce un resultado mayor para la DGP, pues no considera el crecimiento de los costos con el tiempo, como si sucede en la realidad. En cuanto a los beneficios, ambos estudios, dejan por fuera los impactos ambientales, tanto como los sociales; sin embargo, en este tipo de análisis se resalta la importancia de incluir este tipo de beneficios, pues se podría sub valorar un proyecto, debido al aporte positivo, que tendrían a los VAN, estos factores. Otra explicación a que el valor del VAN para el modelo de la DGP, sea mayor, es el IRI, debido a que ellos consideraron un IRI menor, lo que trae mayor beneficio a los usuarios, aunque casi nunca se alcanza en las carreteras de nuestro medio.

5.5 Análisis de escenarios de diferentes alternativas para el desarrollo del proyecto

El programa RED efectúa un análisis de los beneficios, basado en una distribución triangular de probabilidad, de tal forma que se analicen estadísticamente los posibles resultados del programa.

El análisis de riesgo de los distintos segmentos analizados, arroja los siguientes resultados:

TABLA # 21. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGO PARA CADA UNO DE LOS BENEFICIOS EN CADA UNO DE LOS SEGMENTOS ESTUDIADOS

Sección	Segmento Próspero Fernández	Segmento Ciudad Colón - Orotina	Segmento Orotina – Puerto Caldera
Desviación Estándar	33 330*	8 985	7 006
Máximo	234 002	58 893	46 567
Mínimo	35 940	3 283	3 714
Mediana	139 227	32420	25429

FUENTE: ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROGRAMA RED

* Montos en miles de dólares

Suponiendo el peor de los resultados, es decir que se den los menores beneficios posibles en los tres segmentos, tenemos que el VAN aportado por los beneficios, disminuye a \$ 42 937 mil, que convertiría al proyecto en no rentable, debido a que el VAN de los costos, es de \$ 96 878 millones. Por otra parte, suponiendo el mejor de los escenarios, donde se den los mejores valores del VAN de beneficios, el VAN total del proyecto aumenta a \$ 242 584 mil, un 127% con respecto al valor inicial. Por otra parte, el valor estadístico más probable, es decir, el tomado de la mediana, indica que el VAN de los beneficios aumenta a \$197 076 mil, que dan como resultado un VAN total de \$ 100 198, un poco menor al que brinda el programa con los datos introducidos. Por lo tanto, se concluye que en el peor de los escenarios, obtenido en forma estadística, el proyecto ya no se vuelve rentable.

Para el análisis de sensibilidad de los costos, tenemos que se utiliza el programa Excel, para observar las variaciones en el VAN, con respecto a variaciones en los costos de bacheo y la inversión inicial en primera instancia, que son los más significativos, dentro del esquema de costos del proyecto. Estos resultados (ver anexos), nos dicen que un incremento por ejemplo en los costos de bacheo de un 20%, nos provocan un VAN de costos, de \$ 100 371 mil, con lo que disminuye el VAN total a \$ 103 269 mil, que significa una disminución de apenas un 3% del valor total del VAN. Lo mismo sucede con una disminución en los costos de bacheo, es decir, no es significativa. Por otra parte, una disminución de un 20% en los costos de la inversión inicial, de un 20% por ejemplo, aumenta el VAN total a \$ 118 651 mil, un 11,1%, por lo que se puede

decir que el valor del VAN total, es más sensible a un aumento o disminución en los costos iniciales (construcción y rehabilitación), que a una variación en los costos de bacheo.

Comparando la sensibilidad de los costos de operación de peajes y de mantenimiento, tenemos que para una disminución de un 10% en los costos de operación de peajes, el VAN total aumenta un 5%, además un aumento de 10% de estos costos, provoca que el VAN total, disminuya un 14% con respecto al valor original, lo que indica, que este indicador, es más sensible a un aumento en los costos de operación de los peajes, que a una disminución. Con respecto a los costos de mantenimiento, tenemos que un aumento de 10% de los mismos, representa una disminución del VAN total de un 7%, mientras que una disminución de un 10% en estos costos, representa un aumento de un 3% del VAN total, por lo tanto este indicador, es más sensible a un aumento de los costos de mantenimiento, que a una disminución de los mismos. En este caso en particular, el modelo utilizado, después de realizar el análisis, se considera, poco exigente, pues tan solo resulta una actividad de conservación, a diferencia del modelo de la DGP, en el cual en varios años se programan actividades, en base al modelo de deterioro utilizado. Sin embargo, este resultado no influye en el valor final del VAN, el cual es menor para el caso expuesto en el capítulo V, que el de la DGP; esto indica que la influencia de efectuar más actividades de mantenimiento y conservación, producto del modelo de deterioro, no tiene una influencia significativa en el resultado del indicador financiero final.

CONCLUSIONES

El estado de las carreteras en Costa Rica, requiere de una acción decidida, por parte de las autoridades responsables de su construcción y mantenimiento, para mantener su condición física lo mejor posible. Además, los ciudadanos, usuarios de las diferentes rutas, deben exigir la calidad necesaria de las obras, al menor costo posible.

Realizar un estudio económico requiere de un esfuerzo grande, debido a la gran cantidad de variables e información, que se deben controlar. Sin embargo, son una buena herramienta, para la toma de decisiones planificadas, a diferencia de la actual metodología sin fundamentos que se utiliza en el país. El utilizar un estudio de valoración económica, para la toma de decisiones, no garantiza el éxito de las mismas, pero sí disminuye el grado de incertidumbre al momento de efectuar planes a largo plazo, sobre el destino de los presupuestos, que a fin de cuentas, provienen del bolsillo de todos los costarricenses.

Además, la problemática planteada en el capítulo II de este trabajo, sobre las carreteras nacionales, se podría ver aminorada, tomando decisiones de la forma más correcta posible. La disminución en los presupuestos estatales dedicados a la construcción, reparación y mantenimiento de carreteras ha venido decreciendo en los últimos años, esto podría justificarse, si se debiera al hecho de que de estos fondos, se obtiene un mayor rendimiento, pero por el contrario, el estado de las carreteras no mejora y el público se entera de los despilfarros del dinero en obras de mala calidad.

Si bien es cierto el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), tiene un departamento dedicado a realizar este tipo de análisis económicos de los proyectos, con el fin de determinar la rentabilidad de los mismos; la falla se encuentra en ocasiones, que al momento de tomar las decisiones, éstas no se realizan basadas en estos estudios.

Debido a lo anterior, la Dirección General de Planificación (DGP), no se ha preocupado de refinar el modelo utilizado para efectuar los análisis de valoración de los proyectos, esto hasta el

punto de que todavía se utiliza el programa HDM-III, existiendo en el mercado, la versión mejorada HDM-IV. El primero de estos programas, está hecho en un ambiente DOS, por lo que su interfase con el usuario no es tan amigable como la versión IV, que se encuentra en un ambiente Windows; además la gama de posibilidades que trae la versión IV, para plantear los modelos de valoración de proyectos, es mucho más amplia, por lo que sus resultados son más confiables y precisos.

Sin embargo, el enfoque que tiene el Consejo de Seguridad Vial al respecto, es el de enfocarse en el usuario, por lo tanto no existen datos acerca de la responsabilidad que tiene el Estado en los diseños equivocados de las vías y en su falta de mantenimiento, por lo que no se pueden establecer responsabilidades al respecto.

Otro aspecto de los costos relacionados a un proyecto de infraestructura vial, es el de las políticas de mantenimiento y conservación necesarias, para mantener la carretera en buen estado. En la actualidad, existe gran cantidad de tecnología disponible para efectuar las labores mencionadas con anterioridad.

Además, otro rubro importante de los costos, es la inversión inicial, cuyo monto debe ser puesto por el concesionario, para el caso del modelo de concesión que se quiere utilizar en el país y específicamente para la obra San José – Caldera; sin embargo el Estado disminuye el monto de esa inversión inicial, al construir por cuenta propia los cinco puentes necesarios para la obra; cuyo monto asciende a \$ 30 millones más \$ 15 millones en expropiaciones, esta inversión la debe asumir la empresa que gana la licitación y por lo tanto, su rentabilidad, debe disminuir; siendo el Estado contribuyente a esta rentabilidad. En este caso, se nota a un Estado, que por falta de la planificación adecuada, atenta contra los intereses de todos los contribuyentes. El incluir la construcción de los puentes en la licitación, no hubiera restado rentabilidad al proyecto, según demuestran los estudios realizados por la empresa URS Greiner, que como se mencionó, fue realizado desde el punto de vista de inversionista privado y no de usuario final de la obra. A fin de cuentas, es el usuario final el que va a pagar la construcción de la carretera San José – Caldera, mediante el pago de peajes, cuyo monto se fija de tal forma que cubra los costos en los que incurre el inversionista privado, más su rendimiento, pues de otra forma no sería atractivo

involucrarse en tal proyecto. La diferencia en la concesión, es que el Estado no tiene que hacer un erogación tan grande al inicio del proyecto, y puede destinar estos recursos a otras actividades.

El plan del MOPT, para futuras concesiones, es que el dinero invertido por el Estado, sea reintegrado por la empresa, dentro de un plazo de 12 meses o con el dinero de los peajes (AL DIA, 2003).

Al momento de considerar los costos, es necesario juzgar el valor de los mismos a través del tiempo, de manera que los resultados del modelo sean lo más acercado posible a la realidad; debido a la imposibilidad de predecir el futuro, el factor de variación de los costo con el tiempo, debe contener además de información histórica, datos particulares del proyecto o red de proyectos a realizar, como los factores de pago y los montos particulares que tengan, pues como se mencionó en el trabajo, cada proyecto tiene sus costos particulares, en función de la demanda que tenga el mismo. La inflación como indicador de crecimiento de los costos, es un factor que contiene muchos errores, pues es calculado en base a una serie de artículos de la canasta básica, que no corresponden al comportamiento de los materiales de construcción de carreteras. Debido a esta carencia de la inflación como indicador, es que se utiliza el índice de precios de elementos de carreteras y puentes, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Los resultados de utilizar este índice como factor de crecimiento de los costos, disminuye el valor actual neto (VAN) del proyecto, debido a que en estudios anteriores, se proyectan los costos al mismo valor presente, del día del análisis.

Otro de los aspectos de la metodología que influye en el resultado final del estudio, es el modelo de deterioro utilizado, debido a que dependiendo de este modelo, así se van a definir las distintas actividades que se van a realizar sobre la carretera y como consecuencia de esto, se determina la periodicidad de los costos y su aporte al VAN total del proyecto. Este modelo debe tener la información lo más exacta posible a la realidad de la obra, de tal forma que se elimine el sesgo producido al introducirle al modelo información errónea.

La decisión acerca de que IRI utilizar como parámetro de decisión, influye directamente también en la cantidad de actividades de mantenimiento y conservación, que se deben realizar sobre la

carretera, de tal forma que al escoger un IRI más bajo, se deben realizar más actividades de mantenimiento y conservación, debido a que el valor de un IRI más bajo se alcanza con mayor facilidad, independientemente del modelo de deterioro utilizado. Al final, la escogencia de un IRI más bajo, aumenta los costos involucrados en el proyecto, lo que reduce el VAN y la rentabilidad de la obra. Además, se debe considerar, como se mencionó en el trabajo, otro indicador como el PSI, cuyo valor está afectado por la estructura misma de la carretera y no solamente por su superficie, que sería el defecto del IRI. Sin embargo, desde el punto de vista del usuario, lo que él percibe, es el IRI, sin importar tanto la estructura interna de la carretera. Este enfoque, también podría llevar a políticas erróneas, debido a que se arregla únicamente la superficie, lo cual ocurre con frecuencia en nuestro país, descuidando la estructura interna, lo que a veces puede llevar a arreglos de corta duración y de alto costo para el país.

Los costos son específicos para cada proyecto, sin embargo, para proyectos nuevos o en concesión, la información recopilada por el Banco Mundial en su programa ROCKS, puede ser muy útil; sin embargo se debe tener la precaución de que los cálculos tienen el defecto que son realizados en base a información histórica (índice de precios).

En cuanto a los beneficios, el resultado de no considerar, tanto impactos ambientales como beneficios sociales, hace que el valor obtenido del VAN sea sobrevaluado, si en el proyecto vial se deben mitigar impactos ambientales negativos, o subvaluado, si el impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes de zonas aledañas aporta flujos positivos de importancia al análisis. Las carreteras, deben examinarse, no solamente como simples materiales, más bien debe entenderse que existe una interacción, muy alta en muchos casos, con el medio urbano - ambiente. De esta forma el impacto sobre las diferentes poblaciones, puede ser de mucho peso en el resultado final de la valoración. La excusa para no considerar tales aspectos en los estudios formales, ha sido, la dificultad de traducir a términos monetarios dichos aspectos, sin embargo, en este trabajo, se dejan planteadas varias metodologías, que podrían ser utilizadas por el analista, de acuerdo a sus necesidades. La valoración de tales aspectos, incluye muchas veces opiniones de los mismos involucrados en los proyectos, por lo que el diseño bien realizado de una encuesta, puede influir en la cuantificación de los beneficios considerados.

El uso de las ecuaciones que relacionan directamente al IRI, con los costos de operación de los vehículos y su velocidad, demuestra buenos resultados, en el sentido de que relaciona directamente el grado de comodidad de los usuarios, expresado con el IRI, con sus costos de operación. El programa RED, demuestra en este estudio, que es una herramienta fácil de utilizar y con pocos parámetros de entrada, lo que sirve para el caso en que se tengan que tomar decisiones rápidas acerca de uno o varios proyectos en particular. Los detractores de este tipo de metodología, reclaman muchas veces, por el uso de modelos que requieren de muchos parámetros para su funcionamiento. El defecto del programa RED, reside en el tratamiento que le da a los costos, debido a que los anualiza, sin considerar el incremento a través del tiempo.

Uno de los parámetros más importantes para ingresar en el modelo de valoración económica, es la demanda del proyecto, mejor conocido como el tráfico promedio diario (TPD); pues en base a este valor es que se define tanto el comportamiento del pavimento en el modelo de deterioro, como el valor de los beneficios, que aportan flujos positivos al VAN. En este caso el VAN del segmento San José – Ciudad Colón, es el que tiene el mayor valor, debido a que tiene un alto porcentaje de los usuarios de la nueva ruta 27, por lo tanto la disminución en sus costos de operación, se puede comprobar con un mayor ahorro en comparación con el resto de los segmentos considerados.

El costo de los accidentes aporta valor al VAN, sin embargo, la suposición del programa RED, que los accidentes se reducen a la mitad con las mejoras planteadas a la vía, deja de lado ciertos aspectos como las mejoras a las vías alternas por ejemplo.

Los costos de operación de los vehículos, dependen del tipo de automotor, pues a mayor tamaño, así aumentan sus costos de operación, esto se demuestra en los coeficientes obtenidos en base a la información aportada por la DGP, cuyos valores más altos se registran en los vehículos de mayor peso. Además se puede concluir, que para cada vehículo existe una velocidad óptima donde sus costos de operación son más bajos, excepto para el caso de los automóviles, donde a mayor velocidad el valor de los costos disminuye, sin llegar a un punto de inflexión.

Los resultados del VAN, son positivos para todo el proyecto en general, con un aporte significativo del primer segmento de la carretera. Además el valor de la relación beneficio – costo, es mayor a uno, lo que indica la conveniencia de realizar este proyecto. La tasa interna de retorno (TIR), se indefine de acuerdo a los cálculos realizados por el programa RED. El valor de la TIR, es un complemento de la VAN y por si solo no debe tomarse como criterio para decidir si un proyecto es rentable o no.

Por último el análisis de sensibilidad, nos indica el diagnóstico de tres escenarios para el caso de los beneficios, del cual se puede concluir que estadísticamente, en el peor de los escenarios, en el cual se da el valor de VAN más bajo posible, de acuerdo a una distribución triangular, el VAN total del proyecto se vuelve negativo y por lo tanto deja de ser rentable.

Además el análisis de sensibilidad de los costos, nos indica cuales son más sensibles en cuanto a una variación de su valor y su efecto sobre el VAN. En este caso, se demuestra que tanto las variaciones del valor de la inversión inicial, como de los costos de operación de las casetas de peaje, son los más sensibles, es decir tienen más influencia en el valor final del VAN total del proyecto.

RECOMENDACIONES

En este trabajo se han planteado varios aspectos clave para la valoración de proyectos de infraestructura vial. Sin embargo, todavía existen vacíos importantes, en cuanto a la información de entrada de los distintos modelos utilizados:

- Los datos de calibración de los modelos, no se encuentran actualizados o calibrados para las condiciones de nuestro país, por lo tanto es necesario que las autoridades respectivas, dediquen el tiempo necesario para tener una base de datos actualizada, sobre los principales parámetros de ingreso a los modelos. La confiabilidad y precisión de los resultados obtenidos con dichos modelos, dependen de la información con que se alimentan, por lo tanto, debe ser de la mejor calidad posible.
- Se debe adoptar o establecer una metodología para cuantificar los costos ambientales y sociales de los proyectos, de manera que no se tenga una valoración errónea del proyecto.

Sin embargo, no tiene sentido, dedicarse a perfeccionar un modelo de valoración de proyectos de carreteras, si sus resultados, no van a ser tomados en cuenta en la toma de decisiones finales, por lo tanto es responsabilidad de las autoridades pertinentes, de efectuar decisiones inteligentes y con alguna base, acerca del destino de los fondos de los usuarios de las carreteras.

Con la tecnología disponible para la construcción y mantenimiento de las vías, es necesario hacer un análisis económico como el presentado en este trabajo, de tal forma que las decisiones no se basen exclusivamente en aspectos técnicos.

En conjunto con la condición de las vías, el estado mecánico de la flotilla vehicular influye directamente en el valor de los costos de operación de los vehículos, por lo tanto se debe poner énfasis en la mejoría de los estándares aceptados en Costa Rica, en cuanto el estado de los vehículos, pues la actual regulación, permite el ingreso de vehículos en malas condiciones y de modelos antiguos, cuyos costos de operación son más altos.

Los estudios económicos realizados pro el Estado, deben ir orientados primeramente a maximizar el rendimiento de los usuarios como producto de los proyectos de carretera y como efecto secundario se debe comprobar las ganancias de las empresas, de manera de hacer la concesión atractiva.

El LANAMME, debe adoptar algún tipo de análisis económico en su labor de fiscalización de las obras de infraestructura vial del país, de tal forma que se garantice a los ciudadanos, además de la mejor calidad de las obras, que las decisiones sean bien tomadas desde la concepción de los proyectos, de tal forma que se eliminen los intereses personales y políticos en el momento de realizar una obra vial.

El tipo de usuario en Costa Rica, cada vez es más exigente, de tal forma que no solo es responsabilidad del Estado suministrar servicios públicos , como carreteras, de la mejor calidad posible, al más bajo costo; además es necesario que los usuarios ejerzan presión por algún medio, para que las carreteras y otros servicios se mantengan en buen estado.

El proyecto San José – Caldera, se considera como la primera gran obra de infraestructura vial, que se va a construir en el país mediante la modalidad de concesión, por lo que su valoración económica, debe conducirse con cuidado, de manera que no se confundan los intereses de la empresa privada, concesionaria de la obra, con los de los usuarios de la vía.

Lo importante es resaltar lo que todo usuario desea de una obra de infraestructura vial, es decir, que se mantenga en buen estado, al menor costo para sus recursos. El mantener una obra en buen estado, incluye no solo, tener todo el año una superficie de rodamiento adecuada, también requiere que su señalización, tanto horizontal como vertical, sea la adecuada, de tal forma que se eviten accidentes. Por lo tanto, un estudio económico de los costos, debe incluir, los valores referentes al mantenimiento de las señales de tránsito.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Asociación de Caminos y Transporte de Canadá. Pavement management guide. Ottawa, Canadá: Comité de Administración de Pavimentos, 1977.

Administración Federal de carreteras. Life-cycle cost analysis in pavement design. Estados Unidos: Oficial de Ingeniería, 1998.

Dirección General de Planificación. Evaluación económica del complejo vial costanera sur, San José – Caldera con el modelo HDM-III. San José, Costa Rica, 2002.

Huang, Yang H. Pavement analysis and design. Washington, D.C., Estados Unidos, 1993.

Ingeniería de Transporte (INGETRANS). Informe final del tráfico de la carretera San José – Caldera. San José, Costa Rica, 1999.

Ingenieros Mendez S.A. (IMNSA). Informe de los costos del proyecto San José – Caldera. San José, Costa Rica, 1998.

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Informe de labores 2002. San José, Costa Rica, 2002.

Ministerio de Planificación (MIDEPLAN). Plan nacional de desarrollo urbano. San José, Costa Rica. 2001.

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS). Estudio sobre desarrollo regional e infraestructura de transportes en el corredor de la carretera Ciudad Colón – Caldera. San José, Costa Rica. 2000

Sistema de Integración Económica de Centroamérica (SIECA). Carreteras y servicios de transporte. Guatemala, 2001.

Tsunokawa y Koban. Roads and the environment: a handbook. Washington, D.C., Estados Unidos, 1997

URS Greiner. Estudio económico del proyecto San José – Caldera. San José, Costa Rica, 1999.

Zelaya, Chester y otros. Costa Rica, nuestra comunidad nacional. San José, Costa Rica, 1985.

Congresos

Congreso de ciencia regional de Andalucía, IV, Andalucía, 1992. Las decisiones públicas de inversión en infraestructuras de transporte y el análisis coste – beneficio.

Artículos de revistas

- Demmel, Ulrich. “La evaluación de la carretera San José – Siquirres: una crítica al análisis costo – beneficio en proyectos financiados por el banco mundial”. Ciencias Económicas, vol. XII, 1992: pág. 35-52
- Rodríguez, Marcos. “Bacheo económico de pavimento”. Infraestructura vial. Volumen I, 1999: pág. 11
- Wilmot y Cheng. “Estimating future construction cost”. Journal of construction engineering and management. Junio 2003: pág. 275

Documentos de internet

- Banco Mundial. Roads cost knowledge system (ROCKS). 2002. www.worldbank.org
- Consejo Nacional de Concesiones (CNC). Información de proyectos: San José – Caldera. 2003. www.cnc.go.cr
- Consejo de Seguridad Vial (COSEVI). Estadísticas de accidentes por mes y causa del accidente. 2002. www.cosevi.go.cr
- Departamento de transporte de Reino Unido. Guidance on the methodology for multi – modal studies. 2000. www.dft.gov.uk
- Instituto Nacional de Seguros (INS). Estadística de accidentes de tránsito por rol de usuario. 2002. www.ins.go.cr
- Imprenta Nacional (IMPRENAL). Ley de simplificación y eficiencia tributaria No. 8114. 2001. www.imprenal.go.cr
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Índice de elementos de carreteras y puentes. 2003. www.inec.go.cr
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Presentación del LANAMME. 1998. www.lanamme.ucr.ac.cr

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Reseña histórica del MOPT. 2003.

www.mopt.go.cr/

Documentos inéditos

Martínez Álvaro, Oscar. El papel de los especialistas en la evaluación de inversión en infraestructura de transporte. Chile, El autor, 2000.

Sittenfeld, Max. Discurso de inauguración del muro fuerte del LANAMME. San José, Costa Rica, El autor, 1995.

Tesis

Cruz Tenorio Juan Carlos. Evaluación de una propuesta alternativa para el transporte de carga de puerto Caldera al interior del país, basada en la revitalización del ferrocarril al pacífico. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. 2002

Fonseca Corrales Marvin. Análisis de riesgo en estudios de factibilidad económica de carreteras. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica, 1983

Fernández Jiménez Alvaro; Marín Rodríguez Sergio. Revaloración económica de las carreteras: Alegría-Herediana y Curridabat-Tres Ríos. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciados en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica, 1985.

Porras Paniagua Enriqueta. Análisis económico de las alternativas para la construcción de una nueva carretera entre San José – Siquirres. Tesis de Licenciatura en Ciencias Económicas, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad de Costa Rica, 1971.

Entrevista

Arguedas Salazar, Carlos. Entrevista con Carlos Arguedas Salazar. Encargado del estudio de planificación del proyecto San José – Caldera .Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Entrevistado por José Pablo Sibaja. San José, Costa Rica; 27 de febrero de 2003.

Arguedas Salazar, Carlos. Entrevista con Carlos Arguedas Salazar. Encargado del estudio de planificación del proyecto San José – Caldera .Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Entrevistado por José Pablo Sibaja. San José, Costa Rica; 22 de julio de 2003.

Cursos

Mauricio Salgado. HDM-IV: gestión de proyectos de infraestructura vial. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Universidad de Costa Rica. 22 al 25 de abril de 2003.

Artículos de periódicos

Villegas, Jairo. “Carretera a Caldera con otros atrasos”. LA NACIÓN. 31 de enero de 2003

Montero, Jessica. “Luz verde a vía a Caldera”. AL DIA. 9 de agosto de 2003

ANEXOS

ANEXO 1: MODELOS DE DETERIORO

ANEXO 2: RELACIONES COSTO DE OPERACIÓN – VELOCIDAD

ANEXO 3: COSTOS DEL PROYECTO Y ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN

ANEXO 4: ANÁLISIS DE BENEFICIOS CON EL PROGRAMA RED

ANEXO 5: ANÁLISIS DE RIESGO

ANEXO 6: TERMINOS Y DEFINICIONES

TERMINOS Y DEFINICIONES

- Tratamiento preventivo en mantenimiento periódico: Es la adición de una capa en la superficie para mejorar la integridad de la misma, sin embargo no mejora la capacidad estructural o de soporte de la carretera, a menos que la carpeta sea mayor o igual a 5 cm.
- Recarpeteo en tratamiento superficial: Capas simples, dobles o triples de mezcla bituminosa, para mejorar la integridad de la carretera y evitar el ingreso de agua a las capas inferiores.
- Recarpeteo con mezcla asfáltica: Colocación de una superficie de mezcla asfáltica menor a 60 mm de espesor.
- Reforzamiento: Adición de sobre capas, que en algunos casos conlleva a la remoción de la capa existente, de manera que se mejore la capacidad de soporte o la estructura de la carretera. Incluye capas no menores a 60mm de mezcla asfáltica.
- Reconstrucción: Consiste en la remoción de parte del pavimento existente, y la construcción de nuevas capas.
- Ampliación parcial: Ampliación de los carriles en ciertas secciones o en un factor de 1,5 de los existentes.
- Ampliación: Consiste en agregar carriles a la carretera.
- Actualización: Consiste en la mejora de la clase de la superficie del pavimento o mejoras en las características geométricas de la carretera.
- Asfalto (ligante asfáltico): Líquido negro, muy viscoso a temperatura ambiente, procedente del petróleo, que sirve como agente de unión en la mezcla asfáltica. También es conocido como cemento asfáltico.
- Bache: Área menor de pavimento que ha sido preparada y conformada para colocar material nuevo de tal forma que la vía alcance el nivel superficial del resto de la misma.
- Base: Capa en la estructura del pavimento sobre la cual se apoya la capa de la carretera o capa de rodamiento.
- Mezclas asfáltica: Mezcla controlada cuidadosamente de cemento asfáltico y agregados.
- Agregados: Material rocoso mineral.

- **Rehabilitación:** Acciones correctivas que se hacen a un pavimento deteriorado para llevarlo a su estado original (ejemplo: colocar una sobre capa).
- **Sobre capa asfáltica:** Capa de concreto asfáltico que se coloca mediante pavimentadora sobre un pavimento para que sirva como superficie de ruedo.
- **Pavimento o calzada:** Zona superior central por donde transitan los vehículos sobre carriles demarcados. En algunos casos no hay demarcación de carriles.
- **Carril:** La calzada se divide en carriles, con el objeto de que los vehículos circulen ordenadamente en uno y otro sentido de la vía.
- **Espaldón:** Zona aledaña a la calzada que sirve para estacionar temporalmente un vehículo, sin interrumpir el tránsito por la calzada.
- **Cuneta:** desagüe en tierra o recubierto normalmente con concreto, por donde se drena el agua de la carretera.
- **Sellado:** Actividad de mantenimiento que consiste en agregar a la capa de rodamiento o capas inferiores como la base o la sub base una pasta resistente, con el fin de eliminar las fisuras de cierto tamaño.
- **Mantenimiento rutinario:** Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la calzada y el pavimento. Incluye actividades como el bacheo, las reparaciones de los bordes de la vía, drenajes y sellado de fisuras.
- **Mantenimiento periódico:** Actividades que deben ser repetidas cada cierto tiempo. Incluye tratamientos preventivos, la rehabilitación y reconstrucción de la vía.