

ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..

MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION
CONTRATO DAPM-CON-02-2004

ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO- RUTAS (PLAMACIR)

DOCUMENTO PMC-019

EVALUACION DEL PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI

Santiago de Cali, Octubre de 2.005

D.A.P.M.

EL ALCAZAR LTDA.

PLANES S.A.

EL ALCAZAR LTDA.

E-mail: plamacircali@yahoo.com

PLANES S.A.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

TABLA DE CONTENIDO

Metodología General	1
1. Principales variables a tener en cuenta en la evaluación	2
1.1 Periodo de análisis	2
1.2 Valor residual	
1.3 Tasa de evaluación	3
1.4 Precios	4
1.5 Ingresos y beneficios	6
1.6 Costos	8
1.7 Flujo efectivo neto	9
2. Indicadores de evaluación	10
2.1 Valor presente neto, VPI (I)	10
2.2 Relación beneficio – costo, B/C (i)	11
2.3 Tasa interna de retorno, TIR	11
3. Evaluación económica y financiera del Plan Maestro de Ciclorutas de Cali	12
3.1 Costo del plan	12
3.2 Beneficio del plan	13
3.3 Evaluación económica	21
3.4 Indicadores de evaluación	23
3.5 Análisis de sensibilidad	23
4. Conclusiones	27

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

TABLA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Costo de construcción, mantenimiento y administración de la red de Ciclo-rutas 2006 - 2020	12
Cuadro 3.2: Conversión de bicicletas a vehículos equivalente por ancho de carril	14
Cuadro 3.3: Ahorros estimados al pasar de SOV a bicicleta	19
Cuadro 3.4: Demanda de viajes futuros en bicicleta	20
Cuadro 3.5: Beneficios totales del Plan Maestro de Ciclo-rutas	
Cuadro 3.6: Flujo de efectivo neto	22
Cuadro 3.7: Análisis de sensibilidad a la tasa de actualización	24
Cuadro 3.8. Análisis de sensibilidad a beneficios	25
Cuadro 3.9: Análisis de sensibilidad a costos	26

TABLA DE FIGURAS

Figura 1.1: Beneficio de un proyecto de transporte	7
Figura 1.2: Flujo de efectivo neto	9
Figura 3.1: Análisis de sensibilidad a la tasa de actualización	25
Figura 3.2: Análisis de sensibilidad a beneficios	26
Figura 3.3: Análisis de sensibilidad a costos	27

EVALUACION ECONOMICA DEL PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS DE CALI

METODOLOGÍA GENERAL

La evaluación tiene como objetivo básico establecer la conveniencia de emprender un proyecto. La evaluación financiera se centra en establecer la conveniencia para los inversionistas; mientras en la económica se establece la conveniencia para la sociedad en general.

Esta diferencia en el sujeto o protagonista de la evaluación, hace que los rubros y contabilidad de costos e ingresos sean diferentes en la evaluación financiera y económica.

El cálculo de la rentabilidad económica de un plan, con las connotaciones al Plan Maestro de Ciclo-rutas de Cali, se centra en la determinación de los costos y beneficios del mismo, evaluados según un sistema de valores previamente establecido, y culmina con la obtención de unos índices de rentabilidad que tratan de reflejar, desde el punto de vista financiero y/o económico, la conveniencia o no de emprenderlo. Para ello se define un período de análisis, que depende de la naturaleza del proyecto.

En el cálculo de la rentabilidad se utilizan valores actualizados, es decir, teniendo en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, necesitando para ello la definición de una tasa de actualización.

Los beneficios de un plan de ciclo-rutas esta conformado por dos grandes grupos. El primer grupo corresponde a los beneficios generados por la conversión de un viaje en automóvil a transporte de bicicletas. En esta categoría se presentan beneficios como: reducción de la congestión, disminución de la contaminación ambiental, disminución del ruido, disminución de demanda de estacionamiento, reducción de los costos de los usuarios, ahorros en costos de mantenimiento vial, ahorros en costos de energía y otros.

El segundo grupo esta conformado por los beneficios de los usuarios atraídos del servicio público colectivo, representados en ahorros en tiempos de viaje y mejoras en la salud.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

Los costos del proyecto lo componen todos los rubros que representen alguna erogación: estudios de ingeniería, adquisición de predios, costos de construcción, supervisión, administración, gastos financieros, etc.

Tanto los beneficios como los costos deben ser cuantificados tanto a precios financieros como económicos. Los segundos se calculan a partir de los primeros aplicando unos factores de ajuste o razones de precios de cuenta. (RPC).

1. Principales variables a tener en cuenta en la Evaluación

1.1. Período de análisis

Corresponde al horizonte de tiempo de vida económica del Plan Maestro, por lo que su valor depende de la naturaleza y magnitud de las inversiones.

Otro aspecto a tener en cuenta en la determinación del período de análisis esta relacionado con la confiabilidad de los pronósticos. Si el período de análisis es demasiado grande, los pronósticos de ingresos y egresos podrían ser bastante inciertos, debido a la incertidumbre en el comportamiento de variables macroeconómicas del país, crecimiento del tránsito, etc.

En proyectos de infraestructura con altas inversiones, el período de análisis recomendado es de 20 años.

1.2. Valor residual

No se debe confundir el período de análisis con la vida útil de la infraestructura como tal. Al final del período de análisis las inversiones realizadas conservan parte de su valor y funcionalidad, monto que se denomina valor residual o remanente del proyecto.

En proyectos de transporte se fija el valor residual como un porcentaje de las inversiones, con valores entre un 20 a un 30%.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

1.3. Tasa de evaluación

Una explicación de lo que representa una tasa de actualización, es que cuando el comercio exterior de un país está en equilibrio, se puede decir que la producción total de dicho país, en un período dado de tiempo, se distribuye en consumo y ahorro. El ahorro corresponde a la porción que se decide destinar para inversión. Esta tendencia se incorpora al análisis económico a través de la llamada tasa de actualización.

Un valor bajo de la tasa de actualización nacional en un sector expresa el deseo del gobierno por limitar el consumo de su población con el fin de incrementar la inversión. La tasa de actualización del sector transporte es generalmente elevada, ya que se fijan prioridades a otros sectores como salud y educación.

En la evaluación financiera se debe utilizar una tasa de interés de mercado, descontando la tasa de inflación. Estas tasas de interés varían de país a país. Para su cálculo se emplea la fórmula de tasas de interés múltiple, que tiene la estructura:

$$(1 + i) = (1 + i_1) (1 + i_2)$$

En donde:

i: Tasa múltiple, tasa de interés de mercado.

i1: Tasa 1, tasa real.

i2: Tasa de inflación.

En la evaluación económica se utiliza la denominada tasa de descuento, definida por el organismo central de planeación para cada sector de la economía. En la mayoría de los países de América Latina la tasa de descuento para proyectos del sector transporte esta en el intervalo del 10 al 12% anual.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

1.4. Precios

- **Precios financieros y precios económicos**

En la práctica de la ingeniería la preparación de presupuestos es una actividad rutinaria, su mecánica consiste en preparar precios unitarios de ciertos rubros o ítems y multiplicarlos por las cantidades de obra. Para preparar los precios unitarios el analista solicita a los proveedores el valor de los insumos o equipos. Este sistema de valores, se denomina de precios de mercado o financieros, ya que representan los valores normalmente transados en el medio.

Sin embargo, ciertos insumos o elementos pueden tener un valor distorsionado para la sociedad, ya que pueden estar afectados de subsidios o de ciertas transferencias. Es decir, el precio real de esos insumos puede estar a la sombra, escondido, y su valor real debe obtenerse como el valor de mercado multiplicado por un factor de corrección. A este sistema de valores se le denomina precios económicos o "sombra".

Un ejemplo, que aclara en buena medida los conceptos de precios financiero y económico se encuentra con los combustibles. El valor del combustible en la estación de servicio corresponde al precios financiero o de mercado.

En la mayoría de los países los combustibles son subsidiados, y en mayor grado los que se emplean en el transporte público y privado. Por tanto el precio real para la economía del país indica que el valor de los combustibles es mayor al valor de mercado.

La conversión de precios financieros a económicos se lleva en la practica utilizando unos factores de corrección, denominados técnicamente Relación Precio - Cuenta, RPC, cuyos cálculos y publicación los realiza la Agencia Central de Planeación de cada país.

Dependiendo del tipo de evaluación que se adelante se debe utilizar un sistema de precios:

- **Evaluación financiera**

Tanto los ingresos como los costos se deben determinar a precios de mercado.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

• **Evaluación económica**

Como el propósito de la evaluación económica es medir la conveniencia del proyecto para la sociedad, muchos de los rubros de beneficios y costos tienen asociados subsidios, impuestos, etc., que deben ser eliminados de los precios de mercado. Para ello se hace uso de factores de conversión (denominados razones precios – cuenta), factores que son calculados por el organismo central de planeación. A los precios de mercados corregidos con los factores de conversión se les denomina precios económicos o precios sombra (escondidos).

Para efectuar la conversión de precios financieros a económicos se puede proceder de tres formas:

- ✓ La primera forma consiste en preparar precios unitarios y el presupuesto a precios financieros y económicos.
- ✓ Dividir el presupuesto preparado a precios financieros en sus componentes: mano de obra, maquinaria y equipo y aplicar los factores de corrección respectivos. Es la técnica utilizada en el Cuadro 10.1
- ✓ Utilizar un factor global de conversión, que para proyectos de transporte oscila entre 0.80 y 0.85.

• **Precios corrientes y precios constantes**

El sistema de precios se puede establecer a precios corrientes cuando se utilizan los valores correspondientes a la fecha en que se causan los respectivos gastos.

El sistema de precios constantes se da cuando todas las valoraciones se realizan con precios de una fecha base.

En la preparación de los proyectos tanto las entradas como las salidas de efectivo se deben cuantificar para cada uno de los años del período de análisis. Es difícil llevar a cabo la cuantificación de ingresos y costos en el futuro a precios corrientes debido a la alta incertidumbre en el pronóstico de la inflación en los años futuros.

Por tanto, en la práctica todas las cuantificaciones de ingresos y egresos se llevan a cabo a precios constantes. Debido a ello la tasa de interés utilizada en la evaluación financiera corresponde a la tasa de mercado menos la inflación, para corresponder al empleo de los precios constantes.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

1.5. Ingresos y Beneficios

En la evaluación financiera las entradas del proyecto se centran en los ingresos operacionales por concepto de los servicios prestados. Los ingresos del proyecto se deben cuantificar monetariamente, para cada año del período de análisis.

En la evaluación económica se trata de medir beneficios asociados al proyecto. Entre los beneficios asociados a los usuarios provenientes del sistema de transporte privado y del público.

Los beneficios asociados a los usuarios provenientes del transporte privado son:

- ✓ Reducción de la congestión.
- ✓ Disminución de la contaminación ambiental.
- ✓ Disminución del ruido.
- ✓ Disminución de demanda de estacionamiento.
- ✓ Reducción de los costos de los usuarios.
- ✓ Ahorros en costos de mantenimiento vial.
- ✓ Ahorros en costos de energía.
- ✓ Otros.

Los beneficios asociados a los usuarios provenientes del transporte público son:

- ✓ Ahorros en tiempos de viaje
- ✓ Mejoras en salud.

Los beneficios del proyecto se deben cuantificar monetariamente, para cada uno de los años del período de análisis. La técnica de cálculo de los beneficios viales se basan en la teoría del excedente del consumidor.

• Teoría del excedente del consumidor

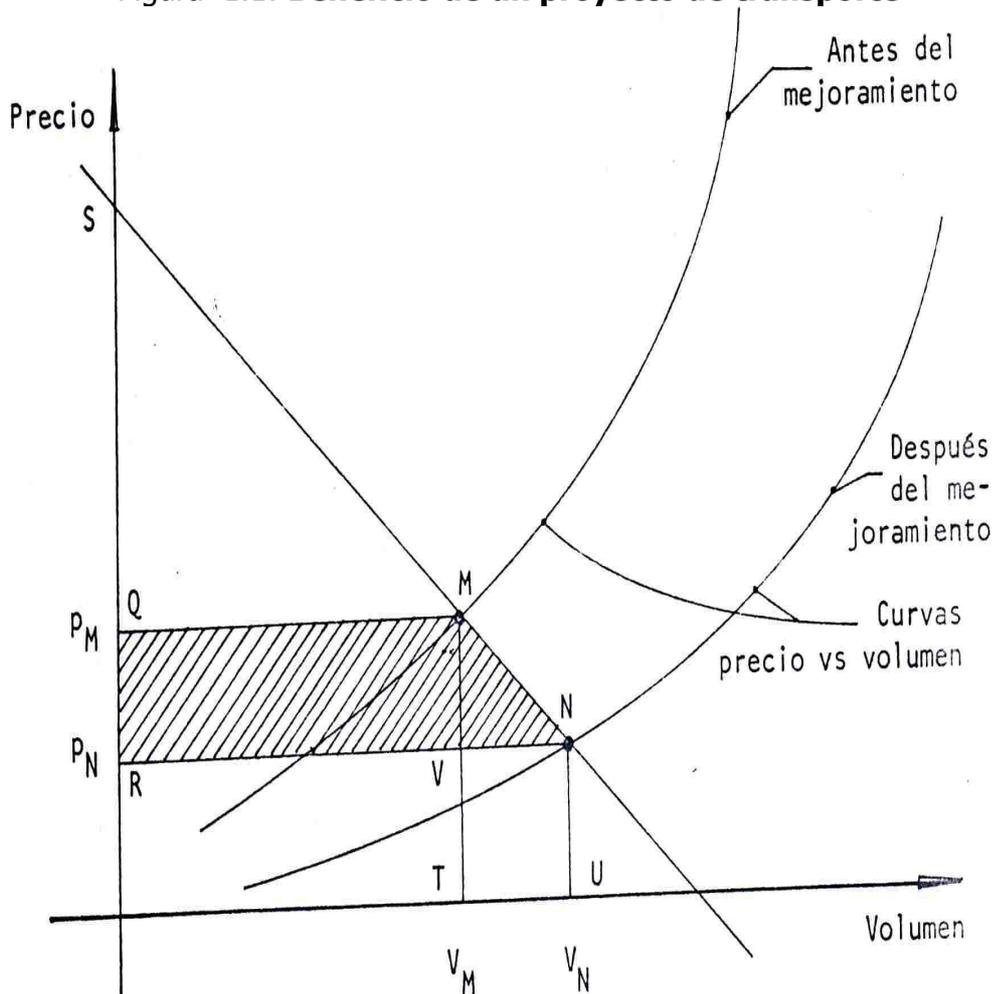
El excedente del consumidor es la diferencia entre lo que un individuo está dispuesto a pagar por una cantidad especificada de un producto o servicio y el valor de dicha de producto o servicio a los precios de mercado.⁹

En la Figura 1.1 se presentan curvas de precio de viaje y volumen de viajes, para dos situaciones: situación actual y situación mejorada. Además, se tiene la curva de demanda, fija, debido a que depende de características socioeconómicas, que se suponen constantes.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

Para la situación actual el volumen de viajes es V_M y el precio P_M . Cualquier usuario de la vía esta dispuesto a pagar un precio P_M por el servicio. Este precio esta representado por los costos de operación vehicular, valor del tiempo, pago de peajes y otros aspectos.

Figura 1.1: **Beneficio de un proyecto de transporte**



Fuente: Proyecto. Formulación, evaluación y control. 1998.

Al mejorar la vía, se presenta un incremento de viajes, que se denomina tránsito generado, llegando a un volumen V_N , por el otro lado el precio del viaje disminuye a P_N , por tanto cada viajero experimenta un beneficio, la suma de todos los beneficios esta representado por el área rayada de la figura.¹⁰

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

En términos más sencillos el beneficio se expresa como la diferencia de los costos de transporte correspondiente a la situación actual y los costos de transporte correspondiente a la situación mejorada, así:

$$B = (CT)_{sp} - (CT)_{cp}$$

En donde:

- B : Beneficio vial
- $(CT)_{sp}$: Costo de transporte sin proyecto.
- $(CT)_{cp}$: Costo de transporte con proyecto.

1.6. Costos

Se deben cuantificar todos los costos del proyecto. Los principales rubros son:

- **Inversiones iniciales**

- ✓ Costos de ingeniería (de estudios y diseño definitivo)
- ✓ Costos de adquisición de predios.
- ✓ Costos de adquisición y montaje de maquinaria y equipos.
- ✓ Costos de construcción.
- ✓ Costos de administración y supervisión de obras.
- ✓ Gastos financieros.
- ✓ Imprevistos.

- **Costos de operación y mantenimiento.**

Estos costos son recurrentes y deben cuantificados con una buena aproximación.

Pero de nuevo, aplicando la teoría del excedente del consumidor, los beneficios por ahorros en costos de mantenimiento se obtienen como la diferencia entre los costos de mantenimiento sin y con proyecto.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

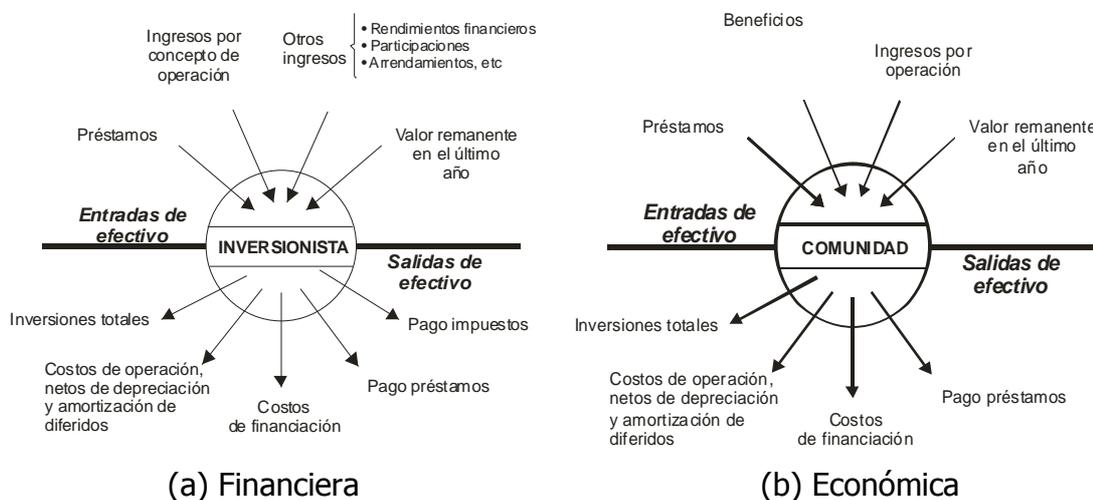
1.7 Flujo de efectivo neto

El método tradicional de evaluación de proyectos, denominado beneficio - costo, consiste en una comparación de entradas y salidas de efectivo, en forma similar a lo señalado en la planificación financiera del proyecto.

En la evaluación financiera la determinación de entradas y salidas se realiza desde el punto de vista de los inversionistas, mientras en la evaluación económica se realiza desde el punto de vista de la sociedad.

En la Figura1.2 se presenta las partidas de entradas y salidas típicas en un proyecto de transporte, que corresponden a los ítems a tener en cuenta en la preparación del flujo de efectivo neto. En la parte **(a)** se presenta el esquema correspondiente a la evaluación financiera, la parte **(b)** corresponde al flujo de efectivo neto para realizar la evaluación económica.

Figura1.2. Flujo de efectivo neto.



Fuente: Proyecto. Formulación, evaluación y control. 1998.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

Para la evaluación las partidas de entradas y salidas están representadas por:

- **Entradas**

- ✓ Préstamos.
- ✓ Beneficios
- ✓ Otros ingresos.
- ✓ Valor remanente en el último año.

- **Salidas**

- ✓ Inversiones totales.
- ✓ Costos de operación y mantenimiento.
- ✓ Costos de financiación.
- ✓ Pago de préstamos.

2. INDICADORES DE EVALUACION

2.1. Valor presente neto, VPN (i)

El Valor Presente Neto de un Proyecto a una tasa i es igual a la sumatoria del Valor Presente de los Ingresos menos la sumatoria del Valor Presente de los Egresos.

Ese valor representa la ganancia extraordinaria que genera el Proyecto, medida en pesos de hoy en día.

La señal del indicador esta dada según las siguientes situaciones:

- Si el $VPN(i)$ es mayor que cero, es porque las entradas son mayores que las salidas, y por tanto, el proyecto es rentable.
- Si el $VPN(i)$ es menor que cero, es porque las salidas son mayores que las entradas, y por tanto, el proyecto no es rentable.
- Si el $VPN(i)$ es igual a cero, entradas y salidas iguales, se llega a una situación de indiferencia.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..**

2.2. Relación Beneficio - Costo, B/C (i)

La relación Beneficio-Costo de un Proyecto, a una tasa i , es igual al cociente que resulta de dividir la sumatoria del Valor Presente de los Ingresos entre la sumatoria del Valor Presente de los Egresos.

La señal del indicador esta dada según las siguientes situaciones:

- Si la relación $B/C(i)$ es mayor que uno, es porque las entradas son mayores que las salidas, y por tanto, el proyecto es rentable.
- Si la relación $B/C(i)$ es menor que uno, es porque las salidas son mayores que las entradas, y por tanto, el proyecto no es rentable.
- Si la relación $B/C(i)$ es igual a uno, entradas y salidas iguales, se llega a una situación de indiferencia.

La relación B/C menos la unidad mide la ganancia extraordinaria por cada peso invertido en el proyecto, medida en pesos de hoy en día.

2.3. Tasa interna de retorno, TIR

La tasa interna de retorno de un proyecto es la tasa de actualización que hace que el Valor Presente Neto sea nulo; y representa la tasa de interés que devengan los dineros que permanecen invertidos en el proyecto.

La señal del indicador esta dada según laS siguientes situaciones:

- Si la TIR es mayor que la tasa de actualización, el proyecto es rentable.
- Si la TIR es menor que la tasa de actualización, el proyecto no es rentable.
- Si la TIR es igual a la tasa de actualización se llega a una situación de indiferencia., el proyecto no es rentable.

ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El
ALCAZAR Ltda..

3. EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS DE CALI

3.1. Costos del plan

Los costos de los diferentes programas y proyectos contemplados en el plan se encuentran en detalle en los documentos PMC – 015 y PMC – 017.

En resumen, en el Cuadro 3.1, se presenta el costo de cada programa y el total del plan, expresados a pesos financieros, con fecha octubre del 2005.

Cuadro 3.1. Costo de construcción, mantenimiento y administración de la red de Ciclo-rutas 2006 - 2020

PROGRAMA	COSTO
Red de ciclo-rutas primarias	25.220'417.435
Red de Ciclo-rutas secundarias	21.220'961.499
Red de Ciclo-rutas locales o complementarias	11.297'698.552
Red de Ciclo-rutas ambientales o paisajísticas.	8.734'524.526
Intersecciones	2.020'916.050
Conservación Red Básica de Ciclo-rutas	1.728'313.652
Puentes sobre ríos y/o canales	2.202'882.360
Administración de la red Básica de Ciclo-rutas	4.500'000.000
Reglamentación y Control	9.000'000.000
Programas especiales	1.902'000.000
TOTAL	87.827'714.074

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.

El cronograma de inversiones se presenta en el Cuadro 3.2.

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El ALCAZAR Ltda..**

Cuadro 3.2 Cronograma de inversiones (Millones de pesos)

Programa	Año														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Programa 01: Ciclo-rutas principales	4877	3857	4146	3887	2958	2113	850	869			389	406		1236	
Programa 02: Ciclo-rutas secundarias		984	785	625	1111	1478	1852	3715	1080	1704	2078	2580	143	1046	1725
Programa 03: Ciclo-rutas locales o complementarias						403	188	829	880	1030	1315	2042	2045	1663	856
Programa 04: Ciclo-rutas ambientales o paisajistas			2294			91	546	323		345	1139	200	598	136	3118
Programa 05: Intersecciones															
05a Soluciones a nivel con demarcación y señalización	54	20	214	7		7	34	114	47	47	60	34	34	7	7
05b Soluciones a nivel con demarcación, señalización y semaforización	83	133	208	25		191	8	249	8	42	83	100	75	25	50
05c Soluciones a desnivel		4	7			7	4	4			7			4	
Programa 07: Puentes sobre rios y canales	304	98	426			49	84	387		84	145	224	35	314	66
Programa 11: Administración de la red básica de ciclo-rutas	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
programa 12: Reglamentación y control	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Programa 13: Proyectos especiales											259	346	346	432	519
TOTAL A PRECIOS FINANCIEROS	6218	5996	8980	5444	4969	5239	4465	7390	2915	4151	6376	6831	4175	5762	7241
TOTAL A PRECIOS ECONOMICOS	4974	4796	7184	4355	3975	4191	3572	5912	2332	3321	5100	5465	3340	4610	5792

**ESTUDIO PLAN MAESTRO DE CICLO-RUTAS PARA SANTIAGO DE CALI
CONTRATO DAPM-CON-02-2004: Municipio de Santiago de Cali – El ALCAZAR Ltda..**

EL ALCAZAR LTDA.

E-mail: plamacircali@yahoo.com

PLANES S.A.

3.2. Beneficios del plan*

Beneficios

El plan maestro de ciclo-rutas contempla dos tipos de beneficio: unos originados en la conversión de los viajes de automóvil en viajes en bicicleta, y otros, esperados para el usuario atraído del servicio público colectivo de transporte.

- ***Beneficios generados por la conversión de un viaje en automóvil a transporte en bicicleta***

En nuestro medio, los antecedentes en cuanto a la cuantificación de los beneficios generados por el transporte en bicicleta son bien escasos por no decir nulos, razón por la cual el cálculo de los ahorros potenciales originados por la conversión de un viaje de un automóvil a bicicleta, está basado en los reportes producidos por Todd Alexander Litman del Victoria Transport Policy Institute^{1,2}.

Los beneficios son estimados para un recorrido típico de 4 Km. bajo tres condiciones: viaje en horas pico a nivel urbano, viaje en horas no pico a nivel urbano y viaje rural.

Congestión

Los costos de la congestión del tráfico incluyen incremento en los tiempos de viaje, en los costos de operación vehicular, estrés, y contaminación atmosférica. La reducción potencial de la congestión y los ahorros en tiempo de viaje resultan del cambio de un viaje en un vehículo automotor con un ocupante "Single Occupant Vehicle (SOV)" a la bicicleta dependiendo de circunstancias específicas. Para analizar el impacto de la bicicleta sobre la congestión, las condiciones del tráfico se dividen en cuatro aspectos:

* La cuantificación de los beneficios se basa en la metodología utilizada en la Formulación del Plan Maestro de Ciclo Rutas de Santafé de Bogotá, preparado para el IDU por el Consorcio PROJEKTA – INTERDISEÑOS, en 1999, con las adaptaciones a la ciudad de Cali.

¹ Todd Alexander Litman, "Quantifying Bicycling Benefits for Achieving Transportation Demand Managements Goals", Victoria Transport Policy Intitute, 1996.

² Todd Alexander Litman, "Guide to Calculating Demand Management Benefits", Victoria Transport Policy Institute, 1997.

- Vías no congestionadas o trayectos separados: la bicicleta sobre vías congestionadas no causa congestión de tráfico.
- Vías congestionadas con espacio para bicicletas: Las bicicletas sobre las bermas de las vías (común en carreteras), o en el carril adyacente al sardinel (común en áreas suburbanas o en calles urbanas) o en ciclorutas contribuyen poco a la congestión del tráfico, excepto en intersecciones o cruces donde los vehículos giran y las maniobras de cambio de carril pueden originar demoras. El Cuadro 3.3 sintetiza el impacto de la bicicleta sobre la congestión por ancho de la vía.

Cuadro 3.3: Conversión de bicicletas a vehículos equivalente por ancho de carril

VEHÍCULOS EQUIVALENTES	ANCHO DE CARRIL (mts)		
	<3.30	3.30 – 4.20	>4.20
El mismo sentido del tráfico	1,0	0,2	0
Sentido contrario del tráfico	1,2	05	0

Fuente: Todd Alexander Litman, "Quantifying Bicycling Benefits for Achieving Transportation Demand Managements Goals", Victoria. Transport Policy Institute, 1996.

- Vías angostas y congestionadas con tráfico de baja velocidad: las bicicletas debido a su tamaño contribuyen menos a la congestión que un vehículo de tamaño promedio.
- Vías angostas y congestionadas con tráfico de velocidad moderada a alta: la bicicleta en vías angostas y congestionadas puede contribuir a la congestión dependiendo de las facilidades para poder adelantar.

La congestión se reduce cuando los automovilistas cambian a la bicicleta bajo las tres primeras condiciones.

Los costos de congestión son altos para viajes realizados en períodos pico, y son bajos o no existen para viajes asociados con períodos no pico y condiciones rurales. El cambio de un automovilista a un ciclista proporciona un ahorro en

costos de operación de \$0,40³ por viaje de 4 Km en período pico a nivel urbano, y de \$0,04 por viaje en período no pico. Se supone que para viajes rurales no existen beneficios por congestión.

Contaminación atmosférica

La bicicleta no produce contaminación. Por kilómetro los ahorros por contaminación atmosférica son grandes debido a que la bicicleta usualmente reemplaza viajes cortos, para los cuales el vehículo se inicia frío, situación en la cual la combustión interna proporciona sus más altas tasas de emisión, de tal suerte que al reemplazar un 1% de los viajes en automóvil por viajes en bicicleta las emisiones de los vehículos de motor decrecen entre un 2% y un 4%. Los ahorros potenciales en costos de contaminación atmosférica corresponden a \$0,40 por viaje en período pico, a \$0,30 para viajes en período no pico, y a \$0,05 para viajes en zonas rurales.

Ruido

El ruido vehicular origina incomodidad lo cual se refleja en la reducción del valor de la propiedad para uso residencial expuesta a alto ruido por el tráfico. Como la bicicleta tiende a reemplazar automovilistas sobre aquellas vías sensibles al ruido, y los viajes en períodos pico incluyen viajes temprano en la mañana cuando la sensibilidad es más alta, un valor razonable de \$0,05 para viajes urbanos y de \$0,02 para viajes rurales es comúnmente aceptado como beneficio por ruido.

Estacionamiento

El estacionamiento es uno de los costos más importantes del uso del automóvil y constituye el subsidio principal a los conductores. El 80% de los viajes casa-trabajo y una proporción mayor de los viajes de compras usan el estacionamiento gratis.

Los ahorros en los costos de estacionamiento al pasar del automóvil SOV a bicicleta se estiman en \$1,50 por viaje urbano en la hora pico, \$0,25 para viajes urbanos en horas no pico, y \$0,05 para viajes rurales.

³ Los valores dados desde aquí hasta terminar el numeral 8.7 corresponden a Dólares de 1995 de los Estados Unidos de Norteamérica.

Costo de los usuarios

Los ahorros en costos de operación de los usuarios se asumen como beneficios de muchas de las mejoras de transporte, aunque no siempre parten de un objetivo de un programa GDT. Los costos de adquisición y operación de las bicicletas son bajos. El tiempo de viaje es otro costo significativo para el usuario. Los beneficios generales para los usuarios se estiman en \$0,85 por viaje urbano en hora pico y en \$ 0,55 por viaje urbano en horas no pico y por viaje rural.

Mantenimiento vial

Los costos de mantenimiento vial son una función de las cargas y en algunas áreas de las características de las llantas usadas. Los accidentes automovilísticos originan la necesidad de reponer señales, postes de iluminación, y otros elementos del equipamiento urbano. La bicicleta no demanda virtualmente estas necesidades. El beneficio estimado por mantenimiento vial es de \$0,05 por viaje urbano y \$0,02 por viaje rural.

Conservación de energía

La bicicleta no requiere derivados del petróleo para operar. Su fuente de energía son las calorías alimentarias. Tal como ocurre con la contaminación atmosférica, los ahorros por energía potencial pueden llegar a ser más grandes que lo esperado debido a que la bicicleta reemplaza viajes cortos para los cuales el motor del automóvil es menos eficiente, debido a su iniciación en frío. Por esta razón, los beneficios se estiman en \$0,15 por viaje urbano en hora pico, \$0,12 por viaje urbano en hora no pico, y \$0,10 por viaje rural.

Beneficios ambientales y sociales adicionales

El uso y la dependencia consecuente del automóvil contribuyen a la formación de varios problemas adicionales: la dispersión urbana, la degradación del vecindario urbano de trabajo, y la disminución de la movilidad de los no conductores. Cada uno impone su propio conjunto de costos.

Es difícil cuantificar los beneficios originados por el transporte en bicicleta con respecto a estos costos adicionales. A pesar de que se requiere mayor investigación para desarrollar mejores estimativos de los diferentes costos y

beneficios según modos de transporte, parece razonable reconocer el potencial del incremento del uso de la bicicleta representando al menos un 20% del subsidio convenientemente proporcionado al servicio de transporte, igual a \$0,23 por viaje.

- ***Beneficios esperados para el usuario atraído del servicio público colectivo***

Los beneficios asociados a esta categoría están representados en:

- ✓ Ahorros en tiempo de viaje
- ✓ Mejora en salud

Los eventos enunciados constituyen, sin lugar a dudas los beneficios más tangibles que captará directamente el usuario proveniente del transporte público.

La cuantificación del primero de los beneficios reseñados presentan una gran dificultad de cálculo, dado que requiere la utilización de modelos de transporte calibrados, donde se puedan examinar escenarios que permitan incluir mejoras en el transporte público y las redes de ciclo vías, comparar los tiempos con y sin el plan de ciclo-rutas, etc.

Asimismo, teóricamente se pueden determinar los métodos de participación de cada estrato económico en el potencial demandante atraído del servicio público y entrar en la aplicación del valor del tiempo. Sin embargo, en esta evaluación se omite tal metodología para reflejar este beneficio, pues se considera que la falta de información apropiada y confiable, conllevaría a la introducción de un alto grado de subjetividad.

En el segundo evento, es indudable que de darse paralelamente una disminución en la congestión vehicular automotora y en el control sobre la emisión de gases en los corredores viales que se comparten con la ciclo-ruta, los usuarios de la bicicleta mejorarán su estado de salud, disminuyendo así los riesgos de contraer enfermedades, lo cual repercute favorablemente en su nivel de vida y probablemente en un incremento del tiempo de dedicación a su actividad laboral. La evaluación de este potencial beneficio requiere igualmente de una base estadística no existente que avale la bondad hipotética aquí formulada.

Por los motivos expuestos, se recurre a la implementación de un artificio que represente en la práctica el beneficio cuantificable económicamente a captar por el usuario de la bicicleta, atraído del servicio público colectivo. Este artificio es la simulación del ahorro en el costo del pasaje o tarifa promedio de un viaje. Para tal propósito, se adopta:

- ✓ Los costos de adquisición y reposición de partes de la bicicleta se consideran de carácter marginal.
- ✓ El costo financiero del pasaje o tarifa se asume como el 88% del valor del mercado de la tarifa, deducida de la expresión:

$$\text{Costo financiero} = \text{Precio del mercado} - \text{Utilidad}$$

- ✓ Se considera una utilidad para el transportador del 12% del precio del mercado.
- ✓ Al tomar como precio del mercado de la tarifa por pasajero de \$ 700, se tiene que el costo financiero por pasajero es de $\$ 700 * 0,88 = \$ 616$
- ✓ Se toma una RPC = 0,874

En consecuencia, el beneficio económico por pasajero es de \$ 538 por viaje.

Beneficios potenciales totales

El Cuadro 3.4 sintetiza los beneficios potenciales de pasar un viaje en automóvil SOV a la bicicleta para un viaje típico de 4 Km. bajo condiciones de período pico urbano, período no-pico urbano y rural.

Utilizando una tasa representativa del mercado, ponderada para el año de 2005 de \$2300 colombianos por 1 dolar de los Estados Unidos de Norteamérica, los beneficios de pasar de un SOV a bicicleta corresponden a \$8464 por viaje urbano pico, \$3657 por viaje urbano no pico, y \$2346 por viaje rural para ese mismo año (2.005).

⁴ Estimación de precios de cuenta para Colombia. DNP - BID, 1990. Cuadro 1.5, código 8740-0: Equipos de transporte.

**Cuadro 3.4: Ahorros estimados al pasar de SOV a bicicleta
(US de 1995/viaje)**

BENEFICIOS	PICO URBANO	NO PICO URBANO	RURAL
Congestión	0,40	0,04	0,0
Contaminación Atmosférica	0,40	0,30	0,05
Ruido	0,10	0,05	0,02
Estacionamiento	1,50	0,25	0,05
Costo de los Usuarios	0,85	0,55	0,55
Mantenimiento Vial	0,05	0,05	0,02
Costo Externo de Energía	0,15	0,12	0,10
Ambientales y Sociales	0,23	0,23	0,23
TOTALES	3,68	1,59	1,02

Fuente: Todd Alexander Litman, "Quantifying Bicycling Benefits for Achieving Transportation Demand Managements Goals", Victoria. Transport Policy Institute, 1996.

Cuantificación de la demanda potencial

En un todo de acuerdo con la Encuesta de Origen y Destino y las proyecciones de demanda de viajes de bicicletas, discutidos en otros documentos del Plan en estudio, en el Cuadro 3.5, se presenta los estimativos de demanda de viajes en bicicleta y el número de viajes de usuarios atraídos del sistema de transporte privado y público.

Cuadro 3.5: Demanda de viajes futuros en bicicleta.

Año	No Viajes	Viajes adicionales	Viajes Nuevos en bicicleta		
			Generado	De transporte privado	De transporte público
2005	338676	0	0	0	0
2006	358421	9585	1917	1917	5751
2007	379317	20015	4003	4003	12009
2008	401431	31351	6270	6270	18810
2009	424834	43652	8730	8730	26191
2010	449602	56984	11397	11397	34190
2011	475814	71417	14283	14283	42850
2012	503554	87025	17405	17405	52215
2013	532911	103887	20777	20777	62332
2014	563980	122084	24417	24417	73251
2015	596860	141708	28342	28342	85025
2016	631657	162850	32570	32570	97710
2017	668482	185611	37122	37122	111367
2018	707455	210098	42020	42020	126059
2019	748700	236422	47284	47284	141853
2020	792578	264932	52986	52986	158959
2021	838785	295310	59062	59062	177186
2022	887686	327907	65581	65581	196744
2023	939439	362865	72573	72573	217719
2024	994208	400337	80067	80067	240202
2025	1052170	440484	88097	88097	264290

Cuantificación de los beneficios del PMC

Para el cálculo total de beneficios para usuarios atraídos del transporte privado y público, tiene las siguientes bases:

- El 60% de los viajes se dan en hora pico, el 40% en hora no pico.
- El total de días al año se toma en 200 días al año.

- El beneficio neto se estima como del 60% del los beneficios potenciales.

En el Cuadro 3.6 se presenta el total de beneficios en cada uno de los 20 años del periodo de análisis.

Cuadro 3.6: Beneficios totales del Plan Maestro de Ciclo-rutas (Millones de pesos de 2005)

Año	No Viajes	Beneficios			
		De transporte privado	De transporte público	Total	Beneficio neto
2005	338676				
2006	358421	2507.8	618.8	3126.6	1875.9
2007	379317	5237.0	1292.2	6529.2	3917.5
2008	401431	8202.8	2024.0	10226.8	6136.1
2009	424834	11421.3	2818.1	14239.5	8543.7
2010	449602	14909.7	3678.9	18588.6	11153.2
2011	475814	18686.1	4610.7	23296.8	13978.1
2012	503554	22770.0	5618.3	28388.3	17033.0
2013	532911	27181.7	6706.9	33888.6	20333.2
2014	563980	31943.2	7881.8	39824.9	23895.0
2015	596860	37077.5	9148.6	46226.2	27735.7
2016	631657	42609.4	10513.6	53123.0	31873.8
2017	668482	48564.9	11983.1	60547.9	36328.8
2018	707455	54971.7	13563.9	68535.6	41121.3
2019	748700	61859.3	15263.4	77122.7	46273.6
2020	792578	69318.9	17104.0	86422.9	51853.7
2021	838785	77267.2	19065.2	96332.4	57799.4
2022	887686	85796.1	21169.7	106965.8	64179.5
2023	939439	94943.0	23426.6	118369.6	71021.8
2024	994208	104747.5	25845.8	130593.3	78356.0
2025	1052170	115251.7	28437.6	143689.3	86213.6

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.

3.3. Evaluación económica

Generalidades

Cuantificados los costos y beneficios del Plan Maestro de Ciclorutas de la ciudad de Cali, se procede a realizar la evaluación económica del mismo, a través del cálculo de los indicadores de evaluación, y en un todo de acuerdo, con la metodología propuesta.

Flujo de efectivo neto

Para la evaluación las partidas de entradas y salidas están representadas por:

<i>Entradas</i>	<i>Salidas</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Préstamos. • Beneficios • Otros ingresos. • Valor remanente en el último año. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversiones totales. • Costos de operación y mantenimiento. • Costos de financiación. • Pago de préstamos.

El flujo de efectivo neto del Plan se presenta en el Cuadro 3.7

Cuadro 3.7: Flujo de efectivo neto

Año	Total Beneficios	Costos	Flujo de efectivo neto
2005			
2006	1875.9	4974.1	-3098.2
2007	3917.5	4796.4	-878.9
2008	6136.1	7184.1	-1048.0
2009	8543.7	4354.9	4188.8
2010	11153.2	3975.2	7178.0
2011	13978.1	4191.0	9787.1
2012	17033.0	3572.3	13460.7
2013	20333.2	5911.6	14421.6
2014	23895.0	2332.2	21562.8
2015	27735.7	3321.1	24414.6
2016	31873.8	5100.4	26773.4

2017	36328.8	5464.9	30863.9
2018	41121.3	3340.2	37781.1
2019	46273.6	4609.8	41663.8
2020	51853.7	5792.4	46061.3

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.

3.4 indicadores de evaluación

Aplicando la técnica de la ingeniería financiera se obtienen los indicadores de evaluación.

Valor Presente Neto, VPN (12%)

El Valor Presente Neto al 12% es de 76.248. Millones de pesos, que permite establecer la bondad de emprender el Plan Maestro de Ciclorutas.

Tasa Interna de Retorno, TIR

La Tasa Interna de Retorno es del 72% anual, valor que confirma la bondad del proyecto.

3.5. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad trata de medir el impacto de cambios en variables importantes, en relación con los indicadores de evaluación, y en últimas, en la conveniencia o no del proyecto.

De otra parte, el nivel de precisión utilizado en la cuantificación de costos e ingresos presenta un alto grado de incertidumbre. Por lo anterior, es conveniente ampliar los cálculos de la evaluación económica y financiera atendiendo estas variaciones.

Se recomienda el siguiente procedimiento para adelantar todos los análisis de sensibilidad de un proyecto:

- ✓ Selección de las variables que se van a someter a la sensibilidad y definir

los intervalos de variación correspondientes.

- ✓ Preparación en hojas de cálculo del flujo de efectivo neto, para las condiciones normales. Se agregan las ecuaciones correspondientes que traten de medir el impacto del cambio de la variable de análisis en el flujo de efectivo neto.
- ✓ Preparación del diagrama de flujo correspondiente a la situación de análisis.
- ✓ Cálculos de los indicadores de evaluación, para cada cambio de la variable de análisis.
- ✓ Preparación de un gráfico de variación, representando en el eje X la variación de la variable de análisis y en el eje Y se mide el Valor Presente Neto.

- ***Análisis de sensibilidad a la tasa de actualización***

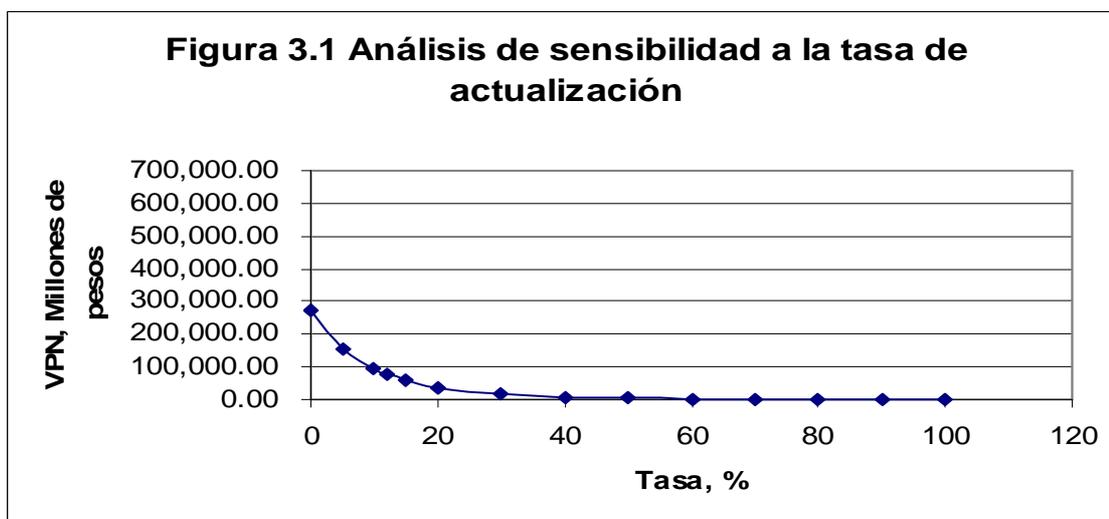
Trata de medir la variación del VPN al variar la tasa de actualización. En el Cuadro 3.8 se presenta los resultados del análisis, y la Figura 3.1 representa gráficamente esta relación

**Cuadro 3.8: Análisis de sensibilidad a la tasa de actualización
(Millones de pesos)**

Tasa, i	VPN(i)
0	273,132.12
5	156,011.36
10	92,865.21
12	76,248.51
15	57,299.36
20	36,447.35
30	15,788.82
40	7,175.95
50	3,189.56
60	1,188.09
70	120.45
80	-473.27

90	-811.22
100	-1,004.15

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.



Este análisis confirma que la TIR del PMC es del 72%.

- **Análisis de sensibilidad a los beneficios**

La razón de ser de este análisis es establecer el impacto en la reducción en los beneficios estimados del Plan. Para ello se efectúan disminuciones en beneficios hasta encontrar una situación que lleve a situaciones desfavorables.

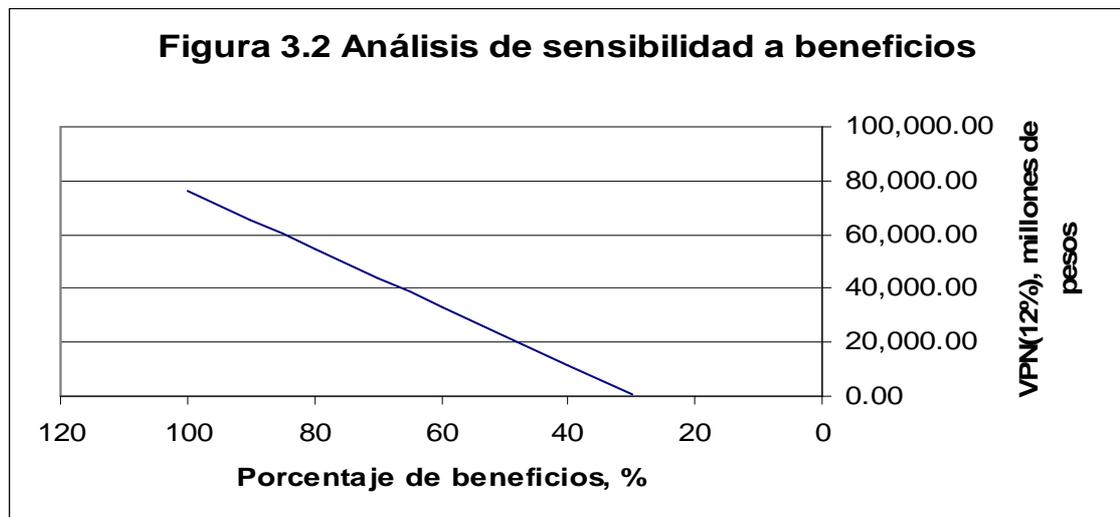
En el Cuadro 3.9 y la Figura 3.2 se presentan los resultados de este análisis de sensibilidad.

Cuadro 3.9. **Análisis de sensibilidad a beneficios**

Porcentaje de beneficios, %	VPN(i)
100	76,248.51
90	65,416.20
80	54,583.89

70	43,751.58
60	32,919.26
50	22,086.95
40	11,254.64
30	422.33

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.



El análisis muestra la insensibilidad del PMC a los beneficios, ya que resiste disminuciones de más del 40% en sus beneficios.

- **Análisis de sensibilidad a los costos**

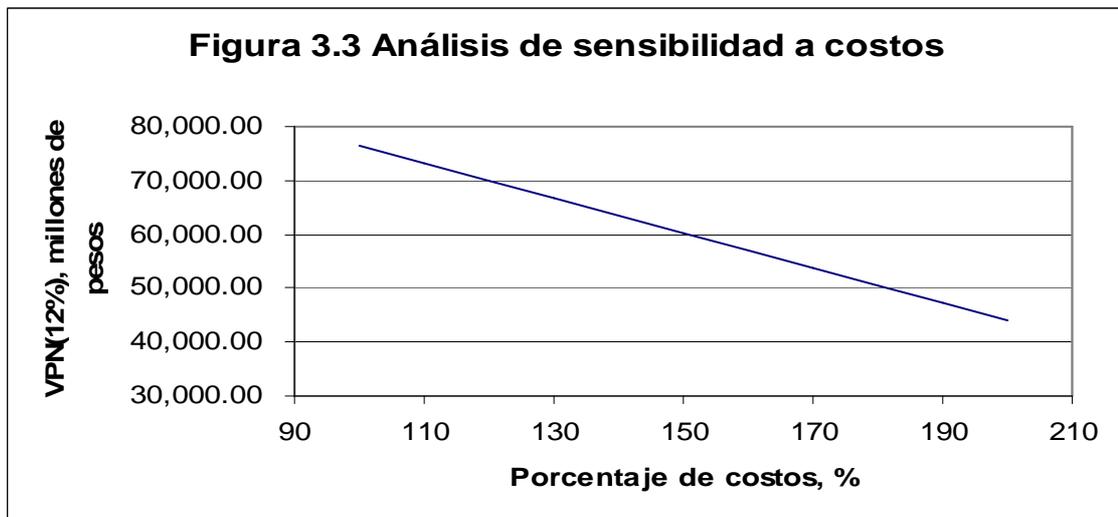
El análisis de sensibilidad a los costos se centra en el incremento de las inversiones y medir el grado de impacto sobre los indicadores de evaluación. En el Cuadro 3.10 y la Figura 3.3 se presentan los resultados del análisis.

Cuadro 3.9: **Análisis de sensibilidad a costos (millones)**

Porcentaje de costos, %	VPN(i)
100	76,248.51
110	73,041.05
120	69,833.59
130	66,626.13

140	63,418.67
150	60,211.21
160	57,003.75
170	53,796.29
180	50,588.83
190	47,381.37
200	44,173.91

Fuente: elaboración propia. PLAMACIR 2005.



Este análisis muestra la insensibilidad del PMC a variaciones en los costos, ya que el plan soporta sobrecostos más allá del 100%.

4. Conclusiones

Las principales conclusiones de la evaluación son:

- El Plan Maestro de Ciclo-rutas de la ciudad de Cali es altamente rentable, en términos económicos, ya que inversiones relativamente pequeñas, de aproximadamente 85.000 millones de pesos en los próximos quince años, originan beneficios económicos, sociales y ambientales altamente positivos.
- El Valor Presente Neto del Plan en general es de 76.000 millones de pesos, con una TIR del 72%.

- Los análisis de sensibilidad a costos y beneficios, que ambos casos son altamente insensibles, permiten reconfirmar la conveniencia del PMC.