



DIRECCIÓN  
NACIONAL DE  
VIALIDAD



CORPORACION VIAL DEL URUGUAY S.A.



# **República Oriental del Uruguay Ministerio de Transporte y Obras Públicas**

## **Estudio de Factibilidad: Técnico - Socio Económico y Análisis Costo - Beneficio**

### **Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento de Ruta 3: Ruta 1 – Arroyo Grande Préstamo BID**

### **Concesión MTOP - CND**

**Gerencia de Programación – Departamento Planificación**

**Ing. Marcelo Krugman  
Ayte. Federica Selves**

## Índice

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Inventario Vial .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2</b>	<b>Análisis de la Situación Actual.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA DE EVALUACIÓN ECONOMICA.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Consideraciones generales de la metodología utilizada .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Estándares de conservación y conformación de estrategias.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Precios económicos y financieros .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4</b>	<b>Costos de obras y mantenimiento .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5</b>	<b>Flota Vehicular .....</b>	<b>18</b>
<b>3.6</b>	<b>Tránsito y Demanda futura .....</b>	<b>20</b>
<b>4.</b>	<b>INVERSION DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Recursos Financieros .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Indicadores Económicos y de Gestión .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Análisis de Sensibilidad.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>Evolución de la condición de la circulación con proyecto .....</b>	<b>28</b>

# EVALUACION TECNICO ECONOMICA DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO DE LA RUTA 3

## 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo consistió en el análisis técnico - económico durante un período de 20 años, tomando en cuenta los costos de capital y recurrentes de los primeros cinco años, de la red de carreteras pavimentadas pertenecientes a la malla del contrato de mantenimiento por niveles de servicio denominado "Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento de Ruta 3" con una longitud total de 173k800.

Los otros objetivos de este informe son los siguientes:

- Determinación del estado superficial, por medio de las fallas superficiales.
- Determinación del estado del confort por medio de la rugosidad.
- Determinación el estado estructural por medio de la Deflección y Numero Estructural Modificado (ambos relacionados en forma directa).
- Determinación de los índices de rentabilidad (VAN, TIR y VAN/Inv)

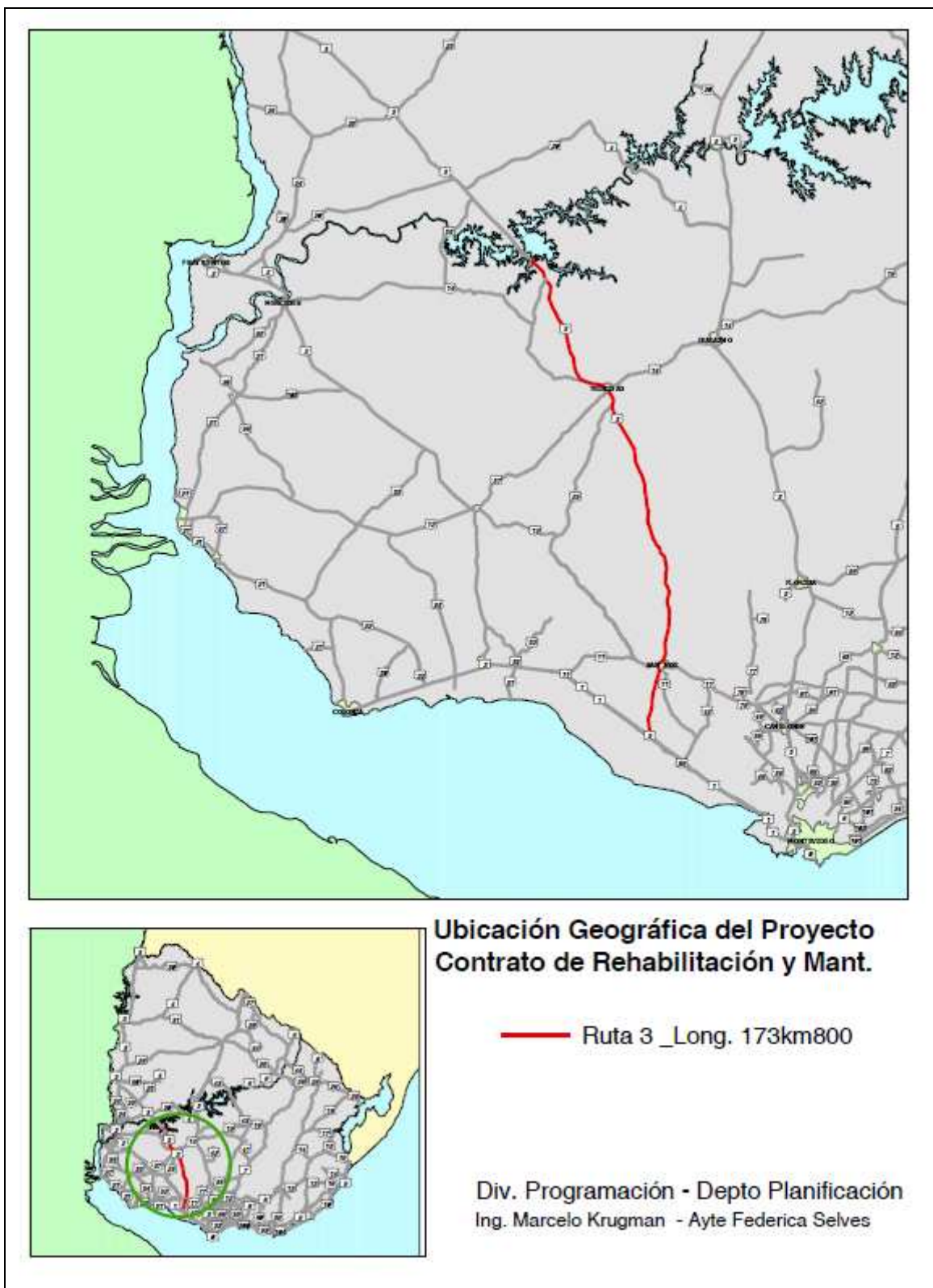
La base de datos del inventario de carreteras se encuentra centralizada a nivel de la red informática de Vialidad en un sistema integral de planificación (SIPLA). La responsabilidad de la actualización de los datos del estado superficial esta a cargo de la Gerencia de Conservación cuyos relevamientos de fallas superficiales son con una frecuencia anual y los utilizados fueron realizados durante el año 2013 - 2014 por intermedio de evaluaciones visuales, para la determinación del estado del confort se realizó la medición de la rugosidad de los distintos tramos de rutas utilizando un Rugosímetro Tipo May – Meter y el estado estructural a través de la Deflección o Número estructural Modificado, ambos relacionados en forma directa por el modelo HDM 4.

El análisis referido utiliza principalmente el Modelo de Normas de Mantenimiento y Diseño de Carreteras HDM 4, adaptado a condiciones locales.

Como resultado final de dicho análisis se obtuvo para cada tramo homogéneo de la malla del denominado "Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento de Ruta 3" una serie de estándares de diseño y conservación con sus respectivos costos de capital y recurrentes para el período de los primeros cinco años, así como indicadores de rentabilidad económica VAN, TIR y VAN/ Inversión para un período de análisis de 20 años, tomando la inversión (costo de capital) del último indicador durante el período del primer quinquenio.

Del análisis técnico - económico del contrato de mantenimiento analizado se obtuvo una tasa interna de retorno global del 26.23%, requiriendo USD 39:288.745 de recursos financieros para cubrir los costos de capital y USD 10:667.799 para cubrir los costos recurrentes en los cinco primeros años, los que generan beneficios netos descontados al 10% (VAN) de USD 43:642.043, para un horizonte de evaluación de veinte años. Estos beneficios son estrictamente los relativos a la operativa del transporte.

## UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO



## **2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL**

### **2.1 Inventario Vial**

En el marco del contrato, se realizaron campañas de recorridas de campo del circuito, en las cuales se auscultaron en forma visual y con equipos la calzada, banquina, faja de dominio público y la señalización, con lo cual se obtuvieron datos en 173,8 kilómetros de la red que compone del contrato de Ruta 3. De esta forma se actualizó la información disponible en el inventario de la DNV del MTOP con las características físicas y de estado de la red y el tránsito que circula por la misma.

Un sistema de Inventario tiene como objetivo describir las carreteras de la red vial para ello es necesario el suministro de la información en formatos adecuados para la base de datos diseñada, destacándose los siguientes tipos de datos que se utilizaron como input de carreteras en el modelo HDM4:

- Características físicas de la carretera
- Datos geométricos
- Aspectos climáticos
- Estructura existente de los pavimentos
- Antecedentes de la construcción
- Daños del pavimento
- Deflexiones o Número Estructural
- Rugosidad
- Textura
- Tránsito, Carga y demanda futura

La información indicada anteriormente se acondicionó a formatos compatibles con la configuración del modelo HDM4, almacenándose en una planilla Excel en la que previamente se ingresaron los tramos de rutas que comprendían los 173,8 km del contrato de ruta 3 que se analiza en este documento.

Posteriormente dicha información previa codificación de algunos campos se importó en forma automática a la base de datos del modelo HDM4 para ser analizada desde el punto de vista técnico económico.

Con respecto a la estructura, se estimaron los espesores de las capas de rodadura, base y subbase con sus respectivos aportes en función del tránsito, carga y estado, de modo de calcular exógenamente el Número Estructural correspondiente a cada tramo.

Para completar algunos de los campos requeridos obligatoriamente de los cuales la información no se encuentra en el inventario se adoptaron los siguientes criterios:

Con respecto a los datos que definen el tramo se determinó para el tipo de relación flujo / velocidad el siguiente criterio:

- Ancho calzada entre 6,3m y 7,8m, corresponde a Carretera de 2 carriles estándares

Con respecto a la definición del modelo de tráfico se decidió tomar el inter-urbano, el cual resulta más representativo de la mayoría de los tramos del contrato

Con respecto a la codificación para el pavimento corresponde la siguiente:

- Capa de Rodadura Bituminosa = 0
- Tipo de material Mezcla Bituminosa = 0

Con respecto a la velocidad límite correspondiente a la geometría se definió para el contrato una velocidad según los tramos entre de 90 y 110km/h

Con respecto a la progresión de la rugosidad se tomo un coeficiente =1 de modo de ajustar a las condiciones locales la evolución de dicho parámetro

## 2.2 Análisis de Situación Actual

En función de la información disponible se realizó un diagnóstico, el cual permite visualizar la infraestructura que ha sido evaluada y la condición de la misma en su componente carretera.

La red del contrato de ruta 3 tiene una extensión de 173,8 kilómetros y está integrado por 9 tramos con pavimento de carpeta asfáltica con la siguiente descripción y longitud:

Tramo Descripción	Prog Ini	Prog Final	Longitud (km)	Ancho (m)	Rugosidad (IRI)	FWD Deflexión (mm)	NS Modif	TPDA
Tr_ 48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	67k300	90k000	22,7	6,9	2,07	0,24	7,95	4258
Tr_ 49:San Jose (90K000)-111K000	90k000	111k000	21,0	6,9	1,93	0,25	7,66	2662
Tr_ 50:111K000 - 128K000	111k000	128k000	17,0	7,2	1,98	0,35	6,21	2662
Tr_ 51:128K000 - Arroyo San Gregorio	128k000	141k000	13,0	7,2	2,60	0,67	4,11	2662
Tr_ 52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Po	141k000	167k200	26,2	7,2	3,45	0,62	4,34	2662
Tr_ 53:Arroyo Porongos - Trinidad	167k200	188k100	20,9	7,2	2,83	0,54	4,73	2662
Tr_ 54:Trinidad - Arroyo Juncal	191k100	197k600	6,5	7,2	2,27	0,58	5,11	2344
Tr_ 55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	197k600	235k150	37,6	7,2	3,83	0,46	5,24	2004
Tr_ 56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	235k150	244k050	8,9	7,2	2,12	0,29	6,9	2004
			<b>173,8</b>					

En base a toda la información relevada y a la ya existente en el Sistema de inventario de la DNV del MTOP, se realizó un diagnostico de la situación actual del contrato, previamente se definieron los siguientes parámetros e índices a ser considerados en la elaboración del mismo.

- Categoría de Tránsito
- Categoría de Ejes equivalentes
- Índice de rugosidad
- Índice de Daños (% Fallas superficiales)

Como referencia se indica que la deflección se midió con un equipo deflectómetro de impacto denominado Falling Weight Deflectometer (FWD). Con dicho dato y el CBR del subrasante (5%) el modelo HDM 4 determina el Número estructural modificado (NS modif.) cuyo valor se indica en la tabla anterior

Las categorías de tránsito se definieron en función del tránsito promedio diario anual (TPDA).

- Categoría 1: entre  $0 < \text{IMDA} \leq 150$
- Categoría 2: entre  $150 < \text{IMDA} \leq 400$
- Categoría 3: entre  $400 < \text{IMDA} \leq 1000$
- Categoría 4: entre  $1000 < \text{IMDA} \leq 2000$
- Categoría 5: entre  $\text{IMDA} > 2000$

Las categorías de ejes equivalentes se definieron en función del número de ejes equivalentes para un período de 10 años.

- Categoría Ejes Eq. 1 (E1):  $0 < \text{Ejes Eq.} \leq 2.000.000$
- Categoría Ejes Eq. 2 (E2):  $2.000.000 < \text{Ejes Eq.} \leq 4.000.000$
- Categoría Ejes Eq. 3 (E3):  $4.000.000 < \text{Ejes Eq.} \leq 6.000.000$
- Categoría Ejes Eq. 4 (E4):  $\text{Ejes Eq.} > 6.000.000$

Con referencia al índice de rugosidad media se adoptó la siguiente clasificación:

- estado muy bueno:  $0 < \text{rugosidad} \leq 2.3 \text{ IRI}$
- estado bueno:  $2.3 < \text{rugosidad} \leq 2.8 \text{ IRI}$
- estado Regular:  $2.8 < \text{rugosidad} \leq 4.2 \text{ IRI}$
- estado malo:  $\text{rugosidad} > 4.2 \text{ IRI}$

La rugosidad no es el único parámetro útil en la determinación del estado de los pavimentos, pero sí el utilizado en la modelación para establecer relación con el costo de operación vehicular de los vehículos, y por lo tanto guarda relación directa con el impacto en la economía del transporte.

Los rangos establecidos están relacionados con el estándar de servicio esperado, por lo cual en diferentes circunstancias pueden adoptarse diferentes rangos de rugosidad para calificar el estado de la red.

Con referencia al índice de daños (% Fallas superficiales) se adoptó la siguiente clasificación:

- estado muy bueno:  $0\% < \text{Índice Daños} \leq 5\%$
- estado bueno:  $5\% < \text{Índice Daños} \leq 15\%$
- estado Regular:  $15\% < \text{Índice Daños} \leq 25\%$
- estado malo:  $25\% < \text{Índice Daños} \leq 50\%$
- estado muy malo:  $\text{Índice Daños} > 50\%$

En la tabla N° 1 ilustra sobre los kilómetros y porcentajes existentes según el estado de confort para cada tramo y cada grupo establecido por los parámetros de categoría de tránsito y carga mencionados anteriormente, a los cuales se aplicó la comparación de las distintas estrategias contra una alternativa base como se indicará más adelante en el capítulo 3.

**Tabla N° 1**  
**Kilómetros y % por tramo y grupo**

Longitud (km)	Estado IRI Año Actual				Incidencia
Tramo Descripción	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	Total general	
Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	22.7			22.7	13.06%
Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	21.0			21.0	12.09%
Tr_50:111K000 - 128K000	17.0			17.0	9.78%
Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (Lim. Dep)		13.0		13.0	7.48%
Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Porongos			26.2	26.2	15.08%
Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad			20.9	20.9	12.03%
Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	6.5			6.5	3.74%
Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14			37.6	37.6	21.61%
Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	8.9			8.9	5.12%
Total general	76.1	13.0	84.7	173.8	100.00%
	43.80%	7.48%	48.72%	100.00%	

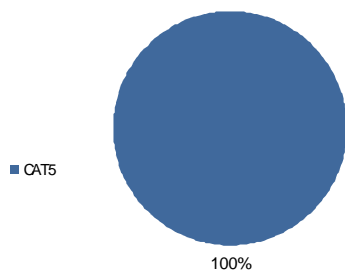
Longitud (km)	Estado IRI Año Actual				Incidencia
Categoría	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	Total general	
CAT5	76,1	13	84,65	173,75	100,00%
Total general	76,1	13,0	84,7	173,8	100,00%
	43,80%	7,48%	48,72%	100,00%	

La tabla y figura N°1 ilustra que los tramos de Ruta 3 en un 100% de su extensión tiene Tránsito y Carga muy alta (TPDA mayor a 2000 y EE a 10años > 6 millones).

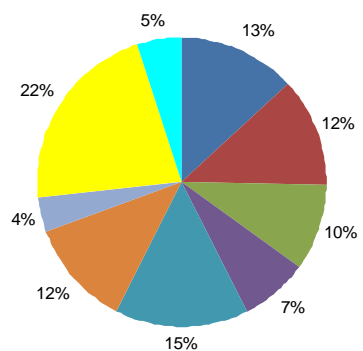
Con respecto al estado del confort el mismo se distribuye en un 43,8% muy bueno, 7,5% bueno y un 48,7% regular.

**Figura N° 1**  
**Kilómetros y % por tramo y grupo**

**Distribución por Categoría Tránsito y Carga en Longitud**



**Distribución de Longitud por Tramo**  
**Período 2016 - 2020**

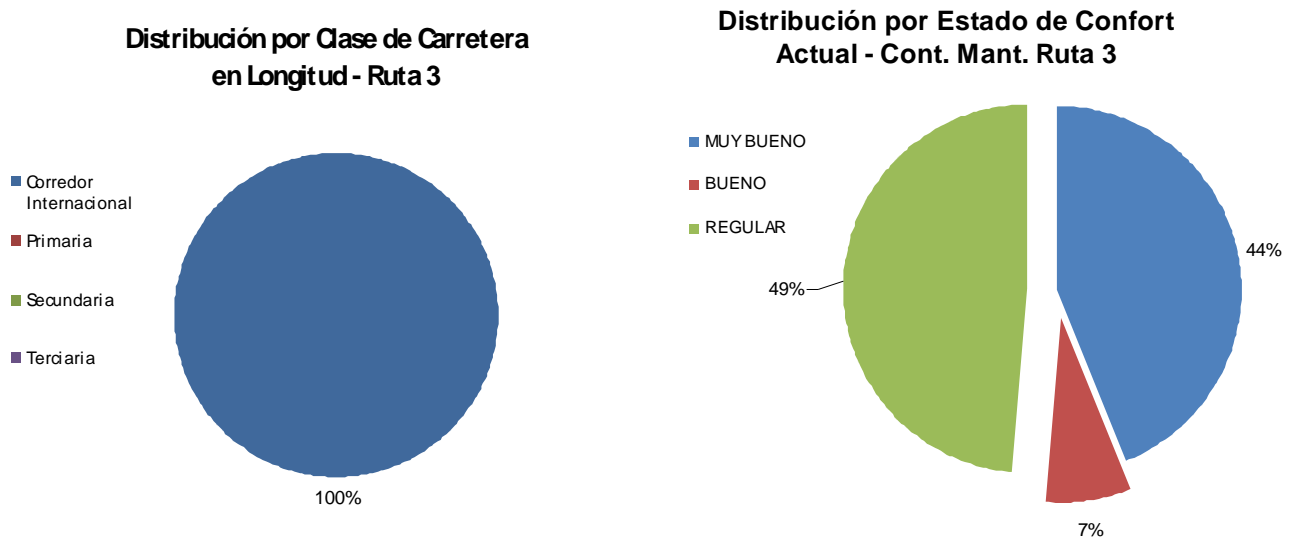




**Tabla Nº 2**  
**Kilómetros y % por Clase de Carretera**

		Estado Año Actual			
clase	Datos	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	Total general
Corredor Internacional	Long.(km)	76.1	13	84.65	173.75
	Long. (%)	43.80%	7.48%	48.72%	100.00%
Total Long.(km)		76.1	13	84.65	173.75
Total Long. (%)		43.80%	7.48%	48.72%	100.00%

**Figura Nº 2**  
**% por Clase de Carretera y Estado Confort**



**Tabla Nº 3**  
**Kilómetros, % y rugosidad promedio por Rangos de Rugosidad**

		Rango Rug Actual			
Categoría	Datos	Rug <=2	2<Rug<=3	3<Rug<=4	Total general
CAT5	Long.(km)	38	72	63,75	173,75
	Long. (%)	21,87%	41,44%	36,69%	100,00%
	Promedio de IRI	1,955	2,38	3,64	2,56
Total Long.(km)		38	72	63,75	173,75
Total Long. (%)		21,87%	41,44%	36,69%	100,00%
Total Promedio de IRI		1,955	2,38	3,64	2,56

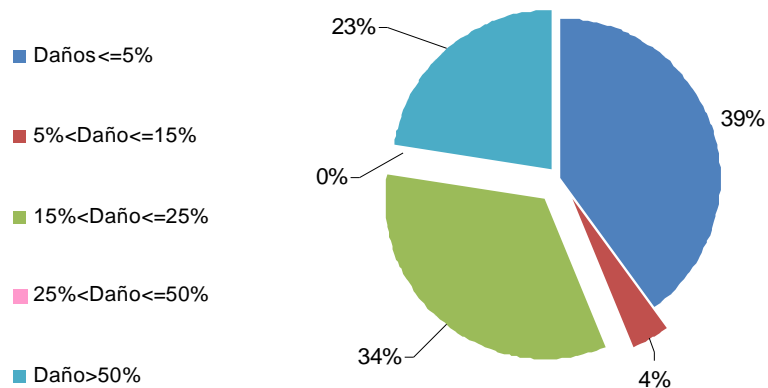
La tabla 3 ilustran sobre los rangos de la rugosidad existente en la categoría de tránsito establecida por los parámetros mencionados anteriormente, apreciando que el 21.87% del contrato de ruta 3, posee una rugosidad media promedio menor a 2 IRI, situándose en un valor de 1.96 IRI, el 41.44% del contrato tiene una rugosidad entre 2 y 3 IRI con una rugosidad media promedio de 2,38 IRI, mientras que el 36.69% restante de dicho parámetro se ubica entre 3 y 4 IRI con una rugosidad media promedio de 3,68 IRI.

**Tabla N° 4**  
**Kilómetros, % y Promedio por Rangos del índice de Daños**

		Estado (Fallas)			
Categoría	Datos	Daños<=5%	5%<Daño<=15%	15%<Daño<=25%	Daño>50%
CAT5	Long.(km)	69,6	6,5	58,45	39,2
	Long. (%)	40,06%	3,74%	33,64%	22,56%
Total Long.(km)		69,6	6,5	58,45	39,2
Total Long. (%)		40,06%	3,74%	33,64%	22,56%

**Figura N° 3**  
**% por Estado Superficial (Índice de Daños)**

**Distribución de Índice de Daños (Fallas)**  
**Según Longitud - Año Actual**



**Tabla Nº 5**  
**Características Básicas y Utilización**

Tramo - Descripción	Long (km)	TPDA	Rug (IRI)	Daños (%)	Ejes Eq 10 años 8.2 ton	Prof. Ahue. (mm)	Millones Veh - Km	Deflexión FWD (mm)	Incidencia
Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	22,70	4.258	2,07	2,73	23.506.685	0,00	35,28	0,24	20,74%
Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	21,00	2.662	1,93	1,10	17.360.814	0,00	20,40	0,25	11,99%
Tr_50:111K000 - 128K000	17,00	2.662	1,98	3,68	17.360.814	0,00	16,52	0,35	9,71%
Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (	13,00	2.662	2,60	53,70	17.360.814	1,93	12,63	0,67	7,42%
Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Pc	26,20	2.662	3,45	63,50	17.360.814	3,65	25,46	0,62	14,96%
Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad	20,90	2.662	2,83	23,49	17.360.814	6,67	20,31	0,54	11,94%
Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	6,50	2.344	2,27	11,74	16.981.939	17,33	5,56	0,58	3,27%
Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	37,55	2.004	3,83	17,56	14.996.494	21,97	27,47	0,46	16,14%
Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	8,90	2.004	2,12	1,39	14.996.494	15,70	6,51	0,29	3,83%
<b>Total</b>	<b>173,75</b>	<b>2.658</b>	<b>2,56</b>	<b>19,88</b>	<b>17.476.187</b>	<b>7,47</b>	<b>170,13</b>	<b>0,44</b>	<b>100,00%</b>

Como se observa en la tabla 4 existe un 44% del contrato de mantenimiento de ruta 3 que se encuentra respecto al índice de daños en buenas condiciones con un Ind. Daño < 15%, mientras que el 56% restante presenta un índice de daños entre 15 y 25 % y mayor a 50%, es decir condiciones regular y mala respectivamente.

En la tabla Nº 5 se indica que el promedio del total del contrato posee un área dañada con fallas superficiales del 19.9%, una profundidad promedio de ahuellamiento de 7,5 mm, con valores individuales por tramo con un máximo de 22 mm, 17 mm y 16 mm de profundidad en los tramos 55, 54 y 56 respectivamente y 0 mm de profundidad de ahuellamiento en los tramos 48, 49 y 50.

Teniendo en cuenta los datos indicados en las tablas 2, 3, 4 y 5 respecto a la rugosidad media, fallas superficiales, profundidad de ahuellamiento y deflexión, probablemente los tramos de elevado índice de daños, profundidad del ahuellamiento o deflexión con un alto TPDA, es factible que resulte rentable la ejecución de recapados gruesos aunque la rugosidad media no sea elevada

En la tabla Nº 5 se indica en forma detallada para cada tramo y para el global del contrato de mantenimiento de Ruta 3 las características básicas (Longitud, Rugosidad media, % de Daños, Profundidad de ahuellamiento, Deflexión media TPDA y Ejes Equivalente a 10 años) y la utilización mediante los M. Vehículos – km.

### **3 METODOLOGÍA DE EVALUACION ECONOMICA**

#### **3.1 Consideraciones generales de la metodología utilizada**

El costo que representa el movimiento de personas y mercancías está íntimamente vinculado al estado que presenta la infraestructura de caminos, y en consecuencia a las prácticas de conservación que se ejercen sobre la misma.

Por tal motivo resulta fundamental desarrollar un procedimiento que incluya un análisis técnico - económico de la Red de carreteras del Contrato de Ruta 3 que defina políticas adecuadas de conservación de forma de maximizar los beneficios netos de la sociedad y minimizar los costos globales del transporte, dado el nivel significativo de recursos que demanda para su atención, en reinversiones y mantenimiento.

##### Análisis Técnico-Económico

La evaluación económica permite seleccionar entre un grupo de proyectos, aquel que resulte más ventajoso desde el punto de vista económico, a través de indicadores que reflejan el resultado de flujo de costos y beneficios cuantificados en unidades monetarias.

El objetivo principal del estudio es analizar proyectos que atenderán a las mejoras y conservación de los caminos existentes.

En virtud a lo anterior, la metodología a emplear en la evaluación económica será la denominada "excedentes del consumidor", cuantificando los beneficios que genera el proyecto frente a la alternativa base.

Los beneficios son determinados por los ahorros que produce el proyecto en costos de operación de vehículos que deben cubrir los usuarios de las vías, costos que surgen del tiempo empleado en el viaje, ahorros en mantenimiento y eventualmente los costos que derivan de la disminución de accidentes.

El modelo HDM 4 permite calcular los costos totales del transporte, considerando los costos en infraestructura y los costos de operación vehiculares. Estos costos se obtienen anualmente para diferentes estándares de conservación que comparados con las políticas Base, permitan la selección de una alternativa respecto a otra.

El Modelo calcula internamente las velocidades y los costos de operación vehiculares, así como también los deterioros y costos de conservación de los caminos, en función del diseño del camino, de las prácticas de conservación, del volumen del tráfico, de las cargas por eje y de las condiciones ambientales.

Los costos totales de conservación y de operación de los vehículos son calculados endógenamente sobre la base de las cantidades físicas y precios unitarios especificados, determinando los costos financieros y económicos requeridos.

##### Beneficios del Proyecto

Los beneficios que generan los proyectos derivan de los ahorros en costo de operación vehiculares, tiempo empleado en el viaje, mantenimiento.

##### Costos de operación

Los costos de operación se obtienen del modelo HDM 4 y son función del tipo y estado de la superficie, del diseño geométrico y de las características de los vehículos.

Los costos de operación de los vehículos incluyen: costos de recorrido (combustible, aceites, neumáticos, repuestos y mano de obra de mantenimiento) y costos anuales fijos (depreciación, intereses, costos de tripulación y costos de administración).

Los costos anteriores son calculados para los diferentes tipos de vehículos que componen el tránsito en cada año.

Los beneficios surgen de la disminución de los costos de operación del proyecto frente a la alternativa base.

### Tiempo de viaje

Puesto que los proyectos mejoran la superficie del tramo, existirá un aumento de la velocidad de circulación, lo que implica un menor tiempo de viaje.

Estos ahorros serán diferentes para cada tipo de vehículo debido a que desarrollan distintas velocidades y actividades económicas.

El cálculo del costo por tiempo de viaje consiste en determinar el costo / pasajero-hora clasificando los motivos del viaje en dos categorías: trabajo y ocio. Para el caso de trabajo se estima de acuerdo a los ingresos medios de los pasajeros y para el caso de ocio un 50% del anterior.

### Mantenimiento

Los ahorros en mantenimiento surgen al especificar las políticas de conservación que se comparan con la política Base.

### Indicadores Económicos

El flujo de costos y beneficios anuales para las diferentes políticas de conservación evaluadas respecto a la alternativa Base permiten obtener los indicadores de rentabilidad que se utilizarán en el estudio: Valor Actual Neto (VAN) descontado a una tasa prefijada, VAN / Inversión y Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa de descuento usada para proyectos de inversión representa el costo de oportunidad del capital, definido como la rentabilidad de una inversión alternativa a la que se renuncia, para invertir en el proyecto que se está considerando.

Mide el sacrificio que el país debe hacer anualmente (si la tasa es anual) por cada unidad monetaria requerida para financiar un nuevo proyecto.

La tasa social de descuento, se elaboró a partir de los productos resultados de la consultoría realizada a en el marco del convenio OPP-UdelaR con apoyo del BID a través del programa de fortalecimiento del Sistema Nacional de Inversión Pública.

Las estimaciones para Uruguay sobre la base de la información disponible de los Documentos "PRECIOS SOCIALES Y PAUTAS TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA" y "CONVENIO OPP – FCEyA (UdelaR) Sistema Nacional de Inversión Pública Componente: Precios de Cuenta y Sub-componente: Tasa Social de Descuento", dan como resultado una tasa social de descuento real (TSD real) del 7.5% anual en moneda nacional, lo cual implica que asumiendo una inflación en dólares del 2.5 a 3% a largo plazo, sería equivalente a una tasa de descuento en dólares del 10 a 10,5%.

Por lo cual la tasa adoptada para este proyecto de inversión pública es del 10% anual en dólares americanos sin inflación, valor que se toma en la mayoría de los Países de América Latina.

El flujo de costos y beneficios anuales para las diferentes políticas de conservación evaluadas respecto a la alternativa Base permiten obtener los indicadores de rentabilidad que se utilizarán en el estudio: Valor Actual Neto (VAN) descontado a una tasa prefijada, VAN / Inversión y Tasa Interna de Retorno (TIR).

La tasa de descuento usada para proyectos de inversión representa el costo de oportunidad del capital, definido como la rentabilidad de una inversión alternativa a la que se renuncia, para invertir en el proyecto que se está considerando.

La tasa de descuento usada para proyectos de inversión representa el costo de oportunidad del capital, definido como la rentabilidad de una inversión alternativa a la que se renuncia, para invertir en el proyecto que se está considerando, la tasa adoptada para este proyecto de inversión pública es del 10% anual en dólares americanos sin inflación.

### 3.2 Estándares de conservación y conformación de estrategias

Para la confección de los mismos se tomaron en cuenta la necesidad que las labores de planificación deben cumplir con criterios que sean compartidos y acordados por quienes trabajan en la fase ejecutiva, de modo que las mismas tengan éxito y se traduzcan en el efectivo cumplimiento de las tareas planificadas.

Para los pavimentos asfálticos las alternativas consideradas combinan operaciones recurrentes como mantenimiento rutinario, bacheo profundo y superficial, sellado de fisuras y operaciones de inversión como Lechadas asfálticas en calzada y banquetas y Recapados de espesor Delgado (5 cm. u 8 cm) y Grueso (10 o 12 cm).

Dichas combinación de operaciones se utilizaban en función de los parámetros TPDA y carga de ejes equivalentes que poseía cada tramo de la red analizada.

Los recapados de espesores delgados se aplicaron a distintos niveles de Rugosidad (intervención correctiva) o en distintos años del período (intervención programada), dependiendo del tránsito, pero siempre antes que el pavimento experimente una degradación superficial o estructural importante.

Fueron entonces comparadas las opciones anteriores frente a la opción de rehabilitar con espesores de 16 o 20 cm. de concreto asfáltico la carretera cuando ha llegado (o pasado) al final de su vida útil.

Las tareas de conservación a realizar en los pavimentos asfálticos comprenden:

#### 1.- Mantenimiento Rutinario (Costos Recurrentes)

- a - Bacheo menor con mezcla asfáltica.
- b - Bacheo profundo y superficial.
- c - Reparación de bordes
- d - Sellado de fisuras (2%).
- e - Sellado de peladuras.
- f - Limpieza de cunetas y señales.

#### 2.- Mantenimiento Extraordinario (Costos de Capital)

- a - Mantenimiento preventivo (Microaglomerados, Lechadas o Tratamientos)
- b - Recapados
- c - Reconstrucción

Los estándares de conservación logran el efecto de una mejora superficial traducido en una mejor circulación y confort al usuario, logrando disminuir la rugosidad del camino, la profundidad del ahuellamiento y el % de área dañada, así como también mejorar la textura y adherencia, por lo tanto se reducen los costos de operación.

Para definir la Alternativa Base, se trató de reflejar las condiciones de restricción de recursos, aplicando mantenimiento rutinario y bacheo más un refuerzo de concreto asfáltico cuando se alcanza un nivel alto de rugosidad de espesor de 16 o 20 cm., según el los ejes equivalentes a 10 años se encuentre entre 2 millones y 4 millones o mayor que 4 millones respectivamente.

Las intervenciones planteadas para el Grupo Estrategia a nivel detallado son las siguientes:

**Grupo Estrategia – CA T5: Carpeta Asfáltica, Categoría de Tránsito 5 y ESAL a 10 años Categoría 4.**

**Alternativa Base**

Mantenimiento rutinario y bacheo profundo con mezcla asfáltica del 100% de los baches y un refuerzo de mezcla asfáltica de 20 cm de espesor cuando se alcance una rugosidad de 8 IRI.

**Alternativa 1**

Mantenimiento rutinario y bacheo profundo con mezcla asfáltica del 100% de los baches, un tratamiento de sellado de 4 mm de espesor cuando el área dañada alcance al 8% y la rugosidad no supere los 3.0 IRI, un refuerzo de mezcla asfáltica de 5 cm de espesor cuando se alcance una rugosidad de 3.5 IRI y no supere los 4.5 IRI y finalmente un refuerzo de mezcla asfáltica de 12 cm de espesor cuando se alcance una rugosidad de 4.5 IRI y no supere los 6.5 IRI

**Alternativa 2**

Mantenimiento rutinario y bacheo profundo con mezcla asfáltica del 100% de los baches, un tratamiento de sellado de 4 mm de espesor cuando el área dañada alcance al 8% y la rugosidad no supere los 3.0 IRI y finalmente un refuerzo de mezcla asfáltica de 12 cm de espesor cuando se alcance una rugosidad de 4.5 IRI y no supere los 6.5 IRI

**Alternativa 3**

Mantenimiento rutinario y bacheo profundo con mezcla asfáltica del 100% de los baches, un tratamiento de sellado de 4 mm de espesor cuando el área dañada alcance al 8% y la rugosidad no supere los 3.0 IRI y finalmente un refuerzo de mezcla asfáltica de 20 cm de espesor cuando se alcance una rugosidad de 6 IRI y no supere los 8 IRI



### 3.3 Precios económicos y financieros

Para la evaluación económica de los proyectos es necesario contar con precios económicos (o sociales, o sombra) de todos los insumos considerados (obras, mantenimiento, costos de operación vehicular etc.).

Los elementos que permiten la conversión de los precios financieros en precios económicos por lo general se generan en la órbita del Ministerio de Economía.

Esta tarea se considera importante, no sólo para que se pueda realizarse la evaluación económica con el modelo HDM-4, sino para simplificar y estandarizar los procedimientos de evaluación económica de cualquier proyecto en el país.

Para la evaluación económica del cualquier proyecto no se manejan los precios financieros (o de mercado) sino los precios de cuenta, los que permiten determinar si los beneficios totales del proyecto para la economía en su conjunto son superiores a los respectivos costos, independientemente de quienes sean quienes perciban esos beneficios.

En la evaluación económica de proyectos de inversión vial se comparan a través de ciertos indicadores de rentabilidad los costos y beneficios generados. Para que los mismos reflejen adecuadamente la contribución neta de dichos proyectos al logro de los objetivos nacionales de desarrollo económico y social, es necesario expresarlos en sus **precios de cuenta o precios económicos**. Esto se justifica ya que el estudio se realiza desde la óptica de la administración, donde el objetivo radica en observar el reflejo de las obras en el crecimiento económico del país.

Se opta por estos precios sombra debido a que los precios de mercado no constituyen, por lo general, indicadores fidedignos del valor real de los bienes y servicios, fundamentalmente por las distorsiones en los mercados en que se comercializan esos productos.

Los costos originados por un proyecto de obra vial, son los de construcción y mantenimiento. Los beneficios en general se obtienen por los ahorros de los usuarios en el costo de operación y en la disminución del tiempo de viaje y accidentes de tránsito.

Debido a la diferente estructura que presentan dichos costos y beneficios, fue necesario analizarlos en forma separada.

Entonces, la RPC (razón de precio de cuenta) de cada rubro se puede obtener como el promedio ponderado de las RPCs de sus componentes, siendo las ponderaciones las dadas por la estructura porcentual de cada uno de ellos.

Las RPCs de los distintos componentes se eligieron de los valores del trabajo de la OPP "ACTUALIZACION DE LOS PRECIOS DE CUENTA PARA EL URUGUAY", salvo en aquellos bienes en los que la OPP no realizó el cálculo, donde se tomó una RPC de un bien el cual tuviera una estructura similar.

A partir de los estudios realizados por la OPP sobre los precios de cuenta se pueden determinar las R.P.C. de cada rubro componente de cada tarea.

$$RPC = \frac{\text{Precio de cuenta del bien}}{\text{Precio de mercado del bien}}$$

Cálculo de RPC de Tareas de Mantenimiento

La fórmula para dicho cálculo es la siguiente:

$$RPC_m = \sum_{i=1}^n (RPC_i * P_i)$$

Donde:

RPC m = RPC de la tarea de mantenimiento (ordinaria o extraordinaria)

RPC i = RPC base correspondiente al rubro i

P i = Es la participación porcentual del rubro i en la tarea de mantenimiento

Finalmente determinaremos el costo económico de cada tarea mediante:

$$\text{Costo Económico} = \text{R.P.C.} \times \text{Costo Financiero}$$

### 3.4 Costos de obras y mantenimiento

La elaboración de los costos unitarios para los estándares de conservación que componen la alternativa con proyecto y base se realizó por medio de la Gerencia de Programación (Depto de Costos) a partir de distintos estudios analíticos de los distintos rubros que componen las obras, complementado con estudios de precios del mercado actual mediante las ofertas de varias licitaciones las cuales incluían los precios unitarios de cada estándar de conservación o en su defecto los precios de los insumos que lo componen.

El proceso para la determinación representativa de los costos unitarios de cada estándar de conservación consistió en tomar la media más la desviación estándar de los mismos de las distintas licitaciones descartando los que estaban fuera de un rango razonable, para finalmente mediante un coeficiente de actualización por medio de la Paramétrica de la DNV obtener el costo unitario adoptado, para el caso de la alternativa con proyecto se tomo el costo financiero de la oferta de la empresa adjudicataria para cada tramo y mediante la RPC se calculó el costo económico.

Los resultados de los costos financieros y económicos para cada estándar de conservación y mantenimiento recurrente se presentan en la tabla N°6.

**Tabla N° 6**  
**Costos de estándares de conservación**

		COSTO			Financiero	Economico
TAREA	UNIDAD	Financiero	Economico	RPC		
RUTAS PAVIMENTADAS						
Estandares de conservación Carpeta asfáltica						
Recapado de 20 cm en calzada y banquetas	U\$/m2	109.75	91.89	0.8373	790.177	661.607
Recapado de 16 cm en calzada y banquina	U\$/m2	91.37	76.50	0.8373	657.844	550.806
Recapado de 12 cm en calzada y banquina	U\$/m2	70.02	58.82	0.8400	504.142	423.484
Recapado de 8 cm en calzada y banquina	U\$/m2	51.05	43.15	0.8452	367.565	310.666
Recapado de 5 cm en calzada y banquina	U\$/m2	31.04	26.32	0.8479	223.511	189.515
Microaglomerado 20 mm de espesor	U\$/m2	16.95	14.42	0.8509	122.039	103.843
Lechada Asfáltica	U\$/m2	6.80	5.44	0.8000		
Fresado y Reposición de calzada	U\$/m2	11.47	9.50	0.8279		
Sellado de Fisuras	U\$/m2	10.80	8.87	0.8210		
Tratamiento de Sellado en calzada	U\$/m2	4.70	3.76	0.8000		
Bacheo con mezcla asfáltica	U\$/m2	44.83	36.21	0.8076		

#### Mantenimiento Recurrente con Proyecto

Rutas Pavimentadas con Carpeta Asfáltica	U\$/km-año	9,800	8,090	0.8255
--	------------	-------	-------	--------

#### Mantenimiento Recurrente sin Proyecto

Rutas Pavimentadas con Carpeta Asfáltica	U\$/km-año	8,068	6,660	0.8255
--	------------	-------	-------	--------

Mantenimiento recurrente: incluye bacheos, sellado de peladuras y fisuras lineales hasta 2% con ancho < 3mm y acondicionamiento de la Señalización (H y V), Faja Dominio Publico y Drenaje (prof cunetas y limpieza alcantarillas)

### 3.5 Flota Vehicular

Los principales (cuando no los únicos) beneficios considerados en la metodología de evaluación utilizada por el HDM-4 son aquellos resultantes de los menores costos de operación vehicular. Para redes con tráficos por encima de cientos de vehículos estos costos son muy superiores a los montos de la inversión realizada en obras y mantenimiento.

Resulta esencial que toda la información referida a la flota sea lo más precisa posible, tanto la correspondiente a la caracterización de los vehículos, los volúmenes de tránsito y las tasas de crecimiento esperadas.

Con respecto a los parámetros que caracterizar la flota (corresponde a la data requerida por HDM-4), como ser características físicas, neumáticos, utilización, carga y costos económicos, se utilizaron las siguientes fuentes:

- Características físicas: del Sistema del Relevamiento Estadístico de Tránsito a partir de la identificación de la flota vehicular.
- Neumáticos: relevamiento de mercado y datos de fabricante

En base a los datos indicados anteriormente respecto a las características de los vehículos se calculó por parte del Depto de Planificación los factores de ejes equivalentes de la Flota vehicular tipo del Uruguay, los cuales se ilustran en la tabla N° 7

**Tabla N° 7**  
**Cálculo de los coeficientes para pasaje a ejes equivalentes de 8.2 toneladas**

	CARGA (Ton) NORMAL	EJES EQUIVAL.	%	SOBRE CARGA (Ton)	EJES EQUIVAL.	%	CARGA (Ton) VACIOS	EJES EQUIVAL.	%	EJES EQUIVALENTES CARRIL DISEÑO
AUTOS	0.6 0.8	6.83013E-05 0.000215866	100				0.0002842			0.000
UTILITARIOS	1 2	0.000527017 0.008432265	100				0.0089593			0.0090
OMNIBUS (1-2)	5 7 12	0.329385347 0.541541228 0.870926574	95	5 11 16	0.3293853 3.3022512 3.6316365	5	4 4 8	0.1349162 0.0577403 0.1926566	0	1.0090
CAMION MEDIANO (1-1)	6 10.5 16.5	0.683013455 2.741552464 3.42456592	55	6 11.6 17.55	0.6830135 4.013907 4.6969204	10	3.8 3.8 7.6	0.1098901 0.0470299 0.15692	35	2.4081
PESO BRUTO CARG. PROM.	13.49 5.89	3.42456592 8.9 carga normal			9.95 carga +sobrecarga					
SEMIPESADO (1-1-2)	6 10.5 18 34.5	0.683013455 2.741552464 1.795429873 5.219995793	55	6 11.6 19.8 37.35	0.6830135 4.013907 2.6286889 7.3256093	10	4.7 3.9 4.6 13.2	0.2571673 0.0521792 0.0076579 0.3170044	35	3.7145
PESO BRUTO CARG. PROM.	27.33 14.13	21.3 carga normal			24.15 carga +sobrecarga					
PESADO (1-1-1-2)	6 10.5 9.45 14.4 40.35	0.683013455 2.741552464 1.798732572 0.735408076 5.958706568	46	6 12.5 10.8 17.1 46.404	0.6830135 5.4977427 3.0379877 1.4747427 10.693486	29	4.05 2.4 2.4 7.09 15.94	0.1417896 0.0074831 0.0074831 0.0432179 0.1999738	25	5.8921
PESO BRUTO CARG. PROM.	36.00 20.06	24.41 carga normal			30.464 carga +sobrecarga					

En la tabla N° 8 se observan los datos utilizados para la caracterización de la Flota Vehicular tipo del Uruguay y requeridos por el modelo HDM4.

**Tabla N° 8**  
**Datos de la flota vehicular de Uruguay**

	Camión Mediano C11	Camión Pesado T11R2	Camión Articulado C11R12	Ómnibus Interurbano	Utilitario Nissan	Volkswagen Gol
<b>Físicas</b>						
Espacio Equiv. En Veh. Pasajeros (PCSE)	1.4	1.6	1.8	1.7	1	1
Nº de Ruedas	6	14	18	10	4	4
Nº de Ejes	2	4	5	3	2	2
<b>Neumáticos</b>						
Tipo de Neumático	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Diagonal	Radial	Radial
Nº de recauchutados	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Coste de Recauchutado	15	15	15	15	15	15
<b>Utilización</b>						
Km-anuales	50000	65000	70000	162000	30000	23000
Horas trabajo	1200	3000	4000	2500	13000	550
Vida Media	12	14	14	12	8	10
Uso Privado (%)	70	70	70	100	100	100
Pasajeros	0	0	0	28	1	1
Viajes de Trabajo (%)	0	0	0	75	75	75
<b>Carga</b>						
ESALF	2.41	3.71	5.89	1.01	0.01	0
Peso en marcha (toneladas)	13.49	27.33	36	12.2	1.5	1.2

### 3.6 Tránsito y Demanda futura

Para determinar la demanda actual de tránsito de los tramos que componen el Contrato de Rehabilitación y Mantenimiento de Ruta 3 se usaron los datos provenientes del Sistema de Relevamiento Estadístico de Tránsito de la DNV y los puestos de pesaje de la misma.

Dichos datos actualizados se ingresaron al modelo HDM 4 mediante el TPDA (Tránsito medio diario anual), en forma de volumen. La información ingresada corresponde a la composición del volumen por tipo de vehículo como porcentaje del total.

Para dicho contrato de mantenimiento de Ruta 3 la composición promedio del volumen de TPDA por tipo de vehículo para los tramos de la misma es la siguiente:

- Auto 41.69%
- Camioneta 17.87%
- Ómnibus 4.75%
- Camión Mediano 15.17%
- Camión Pesado 3.08%
- Camión articulado 17.45%

La evolución del tránsito carretero tiene una alta correlación con el crecimiento de la economía. Gracias a esta fuerte relación entre ambas variables, se puede modelar el comportamiento del tránsito utilizando como una de las variables explicativas el PBI (Producto Bruto Interno).

Por lo tanto, para el intervalo comprendido entre 2015 y 2034, ventana temporal adoptada para el estudio evolutivo de la Red, el tránsito promedio anual por categoría de vehículo de la flota tipo adoptada (que se presentó en el ítem 3.5) ha sido extrapolado de forma indirecta a partir de las proyecciones de crecimiento del producto bruto interno nacional para este período como se observa en la tabla N°9.

**Tabla N° 9**

	<b>Crecimiento PBI</b>	<b>LIVIANOS (elasticidad 1.34)</b>	<b>PESADOS (elasticidad 1.04)</b>
<b>2013</b>	4,4	5,90	4,58
<b>2014</b>	3,7	4,96	3,85
<b>2015</b>	3,5	4,69	3,64
<b>2016</b>	3,3	4,42	3,43
<b>2017</b>	3,3	4,42	3,43
<b>2018</b>	3,3	4,42	3,43
<b>RESTO</b>	2,7	3,62	2,81
	<b>PROMEDIO</b>	4,80	3,73

Para este Estudio, el cálculo de la elasticidad TPDA – PBI partió de registros históricos de ambas variables.

En la tabla N° 5 (capítulo 2.1) se presenta para cada tramo del contrato de mantenimiento de Ruta 3 el TPDA y su utilización (M Veh-km).

#### **4. INVERSION DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO**

La contratación del mantenimiento por niveles de servicio tiene como objetivos generales la ejecución de tareas de mantenimiento recurrentes e inversiones en las carreteras y en la seguridad vial, a efectos de mejorar la calidad de servicio a los usuarios y contribuir al mejoramiento del transporte carretero.

##### **4.1 Recursos Financieros**

Del procesamiento y análisis técnico - económico realizado utilizando HDM 4 surge el cronograma de tareas para cada uno de los tramos a lo largo del período de estudio considerado (20 años), de las distintas alternativas consideradas en cada tramo se elige la de mayor Valor Actual Neto (VAN), la que generalmente coincide con ser la de mayor Tasa Interna de Retorno (TIR).

De ese modo se obtiene para cada tramo de la Red del Contrato de Ruta 3 analizada la alternativa de inversión más rentable, a la cual le corresponden diferentes obras y tareas de mantenimiento y, por lo tanto, diferentes flujos de capital (obras) y costos recurrentes (mantenimiento).

Del análisis técnico - económico del contrato de mantenimiento analizado se obtuvo una tasa interna de retorno global del 26.23%, requiriendo USD 39:288.745 de recursos financieros para cubrir los costos de capital y USD 10:667.799 para cubrir los costos recurrentes en los cinco primeros años, los que generan beneficios netos descontados al 10% (VAN) de USD 43:642.043, para un horizonte de evaluación de veinte años. Estos beneficios son estrictamente los relativos a la operativa del transporte.

##### **4.2 Indicadores de Económicos y de Gestión**

Se detallan a continuación los indicadores de económicos y de gestión que el contrato de mantenimiento Ruta 3 en su componente carretera genera para el cumplimiento de los niveles de servicio preestablecidos

En la tabla N°10 y figura N° 4 se ilustran los indicadores económicos respecto a la Inversión del período 2016 al 2020, para cada tramo y categoría de tránsito, respecto al estado del confort (IRI), observando que los tramos con mayor inversión son los números 48, 55 y 56, los cuales representan aproximadamente el 31%, 46.36% y 11.42% respectivamente del total de la inversión. Del mismo modo la categoría de tránsito y carga CAT5E4 representa el 100% de la inversión total

Con respecto a la inversión se observa que el 56.64% se ejecuta en tramos con estado muy bueno de rugosidad, pero como se indicó anteriormente la inestabilidad de los mismos se debe principalmente a los parámetros de ahuellamientos y deflexiones y en segundo plano al área de daños superficiales.

Por otro lado los tramos 51, 52 y 53 que se encuentran con obras en ejecución la inversión que se indica en tabla N° 10 es cero, debido a que la misma cuenta con otra fuente de financiamiento y se incorporan al contrato de mantenimiento una vez finalizadas las mismas. con los costos de mantenimiento recurrente correspondiente.

**Tabla N° 10**  
**Indicadores Económicos del Contrato de Mantenimiento de Ruta 3**  
**Por Tramo y Estado del Confort (IRI) Período 2016 – 2020**

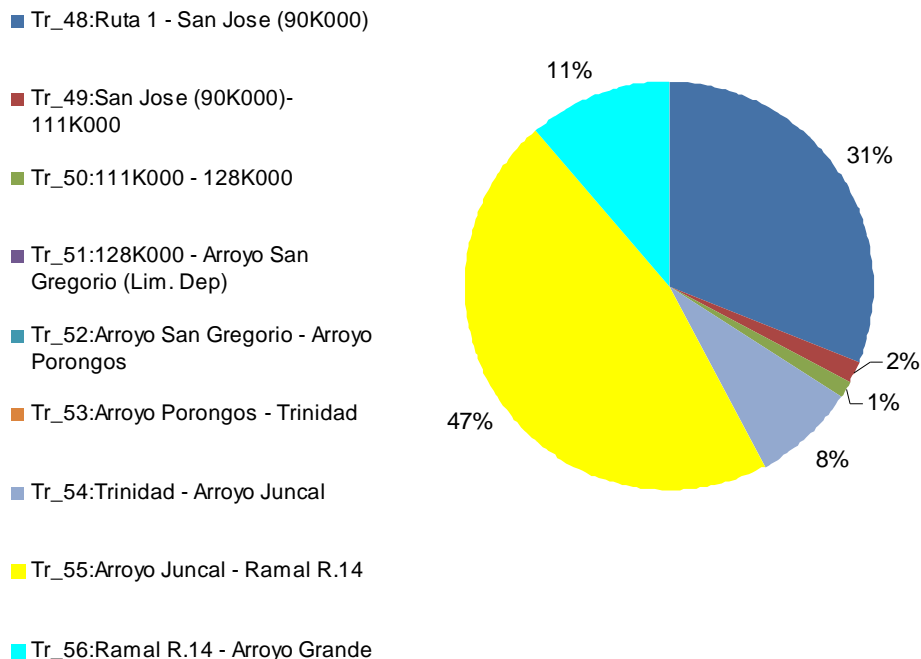
Inversión en 5 años	Estado IRI Año Actual				Incidencia
Tramo Descripción	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	Total general	
Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	12,180,071			12,180,071	31.00%
Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	681,030			681,030	1.73%
Tr_50:111K000 - 128K000	575,280			575,280	1.46%
Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (Lim. Dep)			0	0	0.00%
Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Porongos			0	0	0.00%
Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad			0	0	0.00%
Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	3,152,695			3,152,695	8.02%
Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14			18,212,877	18,212,877	46.36%
Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	4,486,793			4,486,793	11.42%
Total general	21,075,869	0	18,212,877	39,288,745	100.00%
	53.64%	0.00%	46.36%	100.00%	

**Cont. Tabla N° 10**  
**Indicadores Económicos del Contrato de Mantenimiento de Ruta 3**  
**Por Categoría de Tránsito y Estado del Confort (IRI) Período 2016 - 2020**

Inversión en 5 años	Estado IRI Año Actual				Incidencia
Categoría	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	Total general	
CAT5	21,075,869	0	18,212,877	39,288,745	100.00%
Total general	21,075,869	0	18,212,877	39,288,745	100.00%
	53.64%	0.00%	46.36%	100.00%	

**Figura N° 4**

**Distribución de Inversión por Tramo**  
**Período 2016 - 2020**





En la tabla N° 11 y figura N° 5 se ilustran los indicadores de gestión y económicos (Inversión, VAN y TIR promedio) para cada tipo de obra principal y clase de carretera o categoría de red, observando que los tipo de obra que generan mayor VAN son las rehabilitaciones en carpeta asfáltica mediante los recapados gruesos, los mismos componen el mayor porcentaje de la inversión con un 97% y un 43% en longitud. Mientras que la acciones de tratamiento preventivo tiene un VAN menor y representan en inversión tan solo el 3% y en longitud el 22%.

Con respecto a la obras en ejecución como se indicó anteriormente la inversión se considero cero por ser financiada por otra fuente, pero al ingresar al contrato una vez finalizadas las mismas, el VAN determinado que aporta al proyecto alcanza valores importantes y en longitud representa un 35%

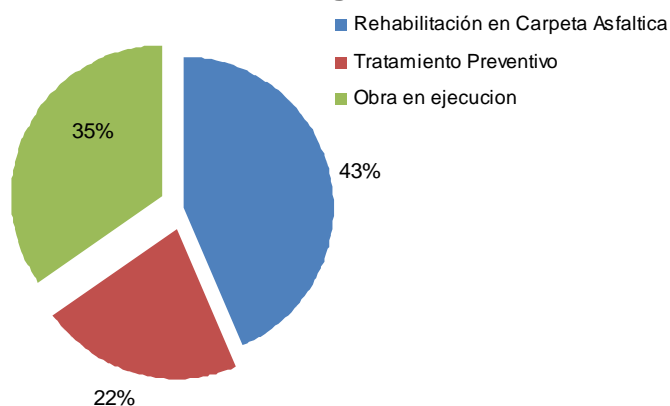
La inversión para el período 2016 – 2020 alcanza los U\$S 39:288.745 con la adición del mantenimiento rutinario de U\$S 10:667.799 obtenemos la totalidad de U\$S 49:956.544 que determinan un VAN (10%) de U\$S 43:642.043.

**Tabla N° 11**  
**Indicadores de Gestión y económico del Contrato Mant. Ruta 2**  
**Por Obra Principal y clase de carretera – Período 2016 - 2020**

		Categoría de Red	
obra resumen 2016-2020	Datos	Corredor Internacional	Total
Rehabilitación en Carpeta Asfáltica	Inversión (U\$S)	38.032.435	38.032.435
	Monto Mantenimiento (U\$S)	4.637.089	4.637.089
	VAN (10%) U\$S	20.942.229	20.942.229
	TIR (%)	29,43	29,43
	Long. (km)	75,65	75,65
Tratamiento Preventivo	Inversión (U\$S)	1.256.310	1.256.310
	Monto Mantenimiento (U\$S)	2.327.982	2.327.982
	VAN (10%) U\$S	6.720.719	6.720.719
	TIR (%)	29,49	29,49
	Long. (km)	38,00	38,00
Obra en Ejecución	Inversión (U\$S)	-	-
	Monto Mantenimiento (U\$S)	3.702.728	3.702.728
	VAN (10%) U\$S	15.979.096	15.979.096
	TIR (%)	23,45	23,45
	Long. (km)	60,10	60,10
Total Inversión (U\$S)		39.288.745	39.288.745
Total Monto Mantenimiento (U\$S)		10.667.799	10.667.799
Total VAN (10%) U\$S		43.642.043	43.642.043
Total TIR (%)		27,45	27,45
Total Long. (km)		173,75	173,75

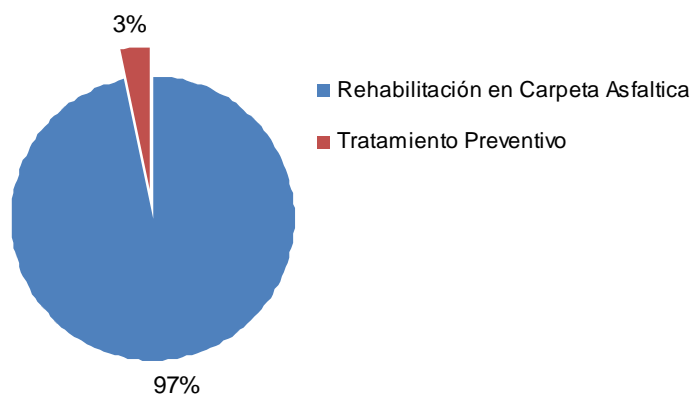
**Figura N° 5**

**Distribución por Tipología de Obra  
de la inversión en longitud**



Continuación Figura N° 5

### Distribución por Tipología de Obra de la inversión en U\$S



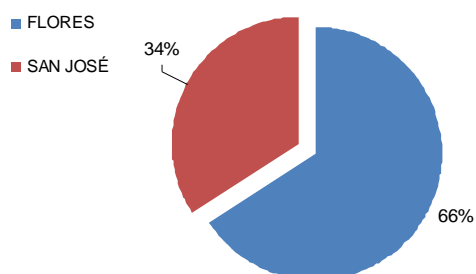
En la tabla N° 12 y figura N° 6 se ilustran los indicadores de gestión y económicos por Departamento y clase de carretera, observando que las inversiones corresponden a los departamentos de Flores y San José y se reparten en un 66% y 34% respectivamente del total de la inversión.

**Tabla N° 12**  
**Indicadores de Gestión y económico del Contrato Mant. Ruta 2**  
**Por Departamento y Clase de carretera – Período 2016 – 2020**

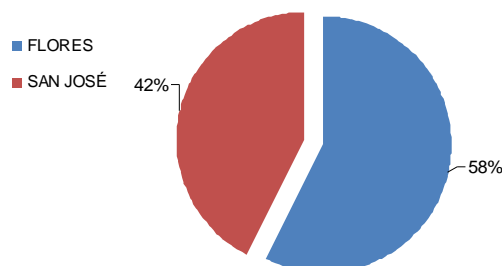
Departamento	Datos	Clase de Carretera	
		Corredor Internacional	Total
FLORES	Inversión (U\$S)	25.852.364	25.852.364
	Monto Mantenimiento (U\$S)	6.136.894	6.136.894
	VAN (10%) U\$S	26.068.361	26.068.361
	TIR (%)	23,69	23,69
	Long. (km)	100,05	100,05
SAN JOSÉ	Inversión (U\$S)	13.436.381	13.436.381
	Monto Mantenimiento (U\$S)	4.530.905	4.530.905
	VAN (10%) U\$S	17.573.683	17.573.683
	TIR (%)	32,15	32,15
	Long. (km)	73,70	73,70
Total Inversión (U\$S)		39.288.745	39.288.745
Total Monto Mantenimiento (U\$S)		10.667.799	10.667.799
Total VAN (10%) U\$S		43.642.043	43.642.043
Total TIR (%)		27,45	27,45
Total Long. (km)		173,75	173,75

Figura N° 6

### Distribución por Departamento de la Inversión en U\$S



### Distribución por Departamento de la Longitud en Km



En la tabla N° 13 se detalla el cronograma de obras para cada tramo con su inversión y costos recurrentes o mantenimiento, en este cuadro a efectos de obtener el costo total del Contrato Mant. Ruta 3 para un período de 5 años, se estimó el costo del mantenimiento y acondicionamiento de la seguridad vial y la faja de dominio público en USD 10:667.799 adicionando a la inversión de USD 39:288.745 obtenemos un monto total de USD 49:956.544 para el contrato de mantenimiento, equivalente a U\$S/km/año 57.504.

**Tabla N° 13 – Detalle del cronograma de obras del Contrato Mant. Ruta 3 con su inversión y costos recurrentes**

Tramo Descripción	Prog Ini	Prog Final	Longitud (km)	Tipología de Obra	Año	Monto U\$S 2016 - 2020	
						Inversión	Mantenimiento
Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	67k300	90k000	22.7	Recapado Grueso	2019	12,180,071	1,391,611
Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	90k000	111k000	21.0	Tratamiento Preventivo	2017	681,030	1,286,732
Tr_50:111K000 - 128K000	111k000	128k000	17.0	Tratamiento Preventivo	2016	575,280	1,041,250
Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio	128k000	141k000	13.0	Obra en Ejecución	2016	0	811,312
Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Po	141k000	167k200	26.2	Obra en Ejecución	2016	0	1,608,414
Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad	167k200	188k100	20.9	Obra en Ejecución	2016	0	1,283,002
Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	191k100	197k600	6.5	Recapado Grueso	2020	3,152,695	400,413
Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	197k600	235k150	37.6	Recapado Grueso	2017	18,212,877	2,299,940
Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	235k150	244k050	8.9	Recapado Grueso	2017	4,486,793	545,125
			<b>173.8</b>			<b>39,288,745</b>	<b>10,667,799</b>
						<b>Total</b>	<b>49,956,544</b>

Se observa la tabla N° 14 los indicadores económicos (Inversión, Van, Tir, Van / Inv.) para cada tramo y categoría de Red, que en su totalidad nos genera un VAN de USD 43:642.043 con una TIR promedio del 27.45% y un VAN/Inversión de 1.11, indicando de esta manera la rentabilidad del Contrato con un escenario óptimo. Se puede apreciar que los tramos 48, 49 y 50 son los que poseen mejores indicadores, obviamente por ser los de mayores tránsitos y carga.

**Tabla N° 14 – Indicadores económicos del Contrato de Mantenimiento**

Tramo Descripción	Inversión 5 años	Mantenimiento 5 años	VAN (U\$S)	TIR (%)	Long. (km)	VAN/Inversión
Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	12.180.071	1.391.611	8.567.807,00	47,22	22,70	0,70
Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	681.030	1.286.732	3.658.029,50	30,27	21,00	5,37
Tr_50:111K000 - 128K000	575.280	1.041.250	3.062.689,25	28,71	17,00	5,32
Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (I	0	811.312	2.285.156,75	22,41	13,00	-
Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Po	0	1.608.414	7.881.172,50	23,27	26,20	-
Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad	0	1.283.002	5.812.766,50	24,68	20,90	-
Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	3.152.695	400.413	896.057,25	23,22	6,50	0,28
Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	18.212.877	2.299.940	11.239.518,00	24,48	37,55	0,62
Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	4.486.793	545.125	238.846,31	22,80	8,90	0,05
<b>Total</b>	<b>39.288.745,00</b>	<b>10.667.798,94</b>	<b>43.642.043,06</b>	<b>27,45</b>	<b>173,75</b>	<b>1,11</b>

Categoría de Red	Inversión (U\$S)	Mantenimiento (U\$S) /AN (10%) U\$S	TIR (%)	Long. (km)	VAN/Inversión	
Corredor Internacional	39.288.745	10.667.799	43.642.043	27,45	173,75	1,11
Total	39.288.745	10.667.799	43.642.043	27,45	173,75	1,11

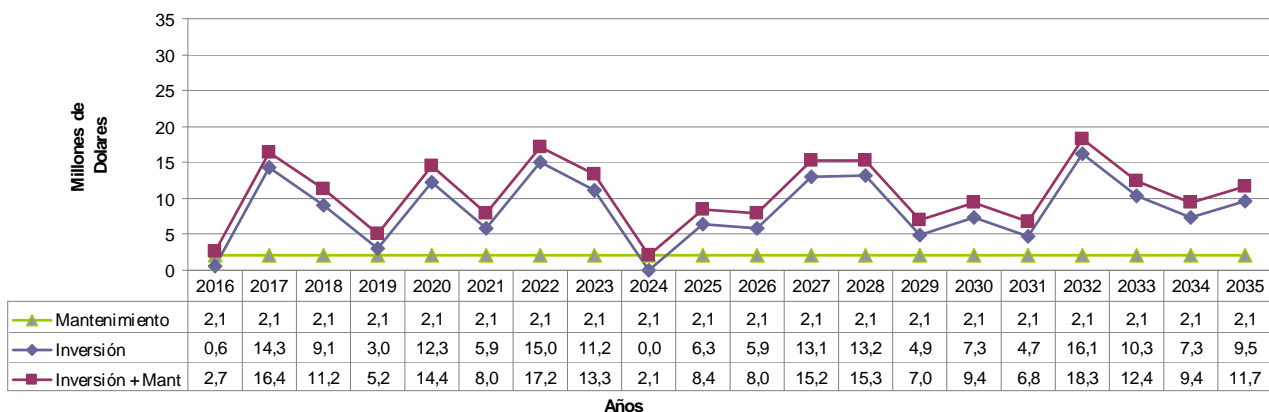
Finalmente en la Tabla N°15 se indica la inversión por tipo de obra principal y el año correspondiente a su ejecución dentro del período 2016 al 2020, en este caso se ajustó la distribución de la inversión por año con respecto a la tabla N° 13, de modo que la misma sea sostenible en relación a la capacidad y plazo de ejecución. El monto del total de la inversión en el período 2016 – 2020 incluyendo las obras principales asciende a U\$S 39:288.745 en una longitud de 173,8 km.

En la Figura N° 7 se observa el flujo anual y acumulado del monto de inversión, mantenimiento y total, que el modelo HDM 4 determina para el período 2016 al 2035.

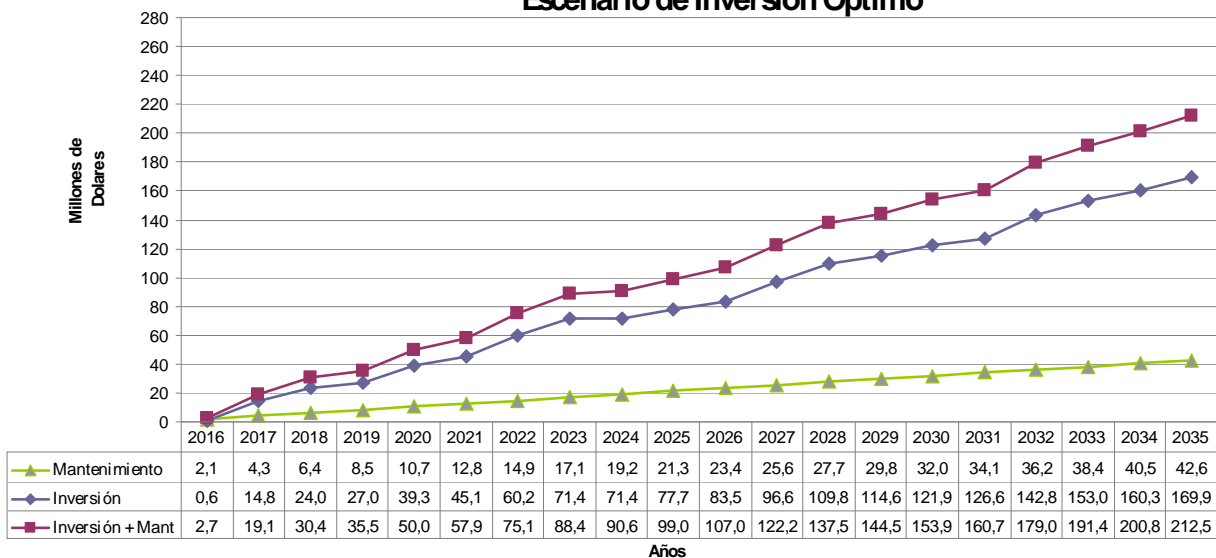
**Tabla N° 15**  
**Indicadores de Gestión del Contrato Mant. Ruta 3**  
**Por Obra Principal por año – Período 2016 – 2020**

Tipología de Obra 2016-2020	Datos	Año					Total
		2016	2017	2018	2019	2020	
Rehabilitación en Carpeta Asfáltica	Inversión (U\$S)	13,593,231	9,106,438	3,045,018	12,287,748		38,032,435
	Long. (km)	27.82	18.63	5.68	23.53		75.65
Tratamiento Preventivo	Inversión (U\$S)	575,280	681,030				1,256,310
	Long. (km)	17.00	21.00				38.00
Obra en Ejecución	Inversión (U\$S)	-					-
	Long. (km)	60.10					60.10
Total Inversión (U\$S)		575,280	14,274,261	9,106,438	3,045,018	12,287,748	39,288,745
Total Long. (km)		77.10	48.82	18.63	5.68	23.53	173.75

**Figura N° 7**  
**Flujo Anual Costos de Inversión y Mantenimiento**  
**Escenario de Inversión Óptimo**



**Flujo Anual Acumulado Costos de Inversión y Mantenimiento**  
**Escenario de Inversión Óptimo**



### 4.3 Análisis de Sensibilidad

Se analizaron los indicadores económicos aplicando un aumento del 20% de los costos de inversión y una disminución del mismo % de los beneficios de ahorro de los costos de operación, en forma separada y conjunta obteniendo los siguientes resultados indicados en la tabla N°16.

La determinación de dicho valor de incremento de costos de inversión y disminución de los beneficios, se basó en valores históricos los cuales por encima del mismo tienen muy baja probabilidad de ocurrir.

**Tabla N° 16 – Análisis de sensibilidad de los Indicadores económicos**

Tramo Numero	Tramo Descripción	TIR Base (%)	Costos	Beneficios	Combinado (%)
			20% (%)	-20% (%)	
48	Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	47,2%	41,1%	39,7%	33,8%
49	Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	30,3%	26,0%	25,1%	20,7%
50	Tr_50:111K000 - 128K000	28,7%	24,9%	24,0%	20,0%
51	Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (Lim. Dep)	22,4%	17,2%	16,1%	10,5%
52	Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Porongos	23,3%	18,8%	17,8%	13,5%
53	Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad	24,7%	19,8%	18,7%	13,7%
54	Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	23,2%	17,8%	16,5%	9,8%
55	Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	24,5%	19,8%	18,8%	14,3%
56	Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	22,8%	18,8%	17,9%	13,6%
Total contrato mantenimiento Ruta 3		<b>26,2%</b>	<b>21,6%</b>	<b>20,6%</b>	<b>16,0%</b>

En la tabla 17 se observan los factores multiplicador de la inversión y los beneficios para llegar al umbral límite de la rentabilidad con una TIR del 10% y un VAN (10%) de cero.

Para llegar a esta situación en el global del contrato de mantenimiento de ruta 3 la inversión debería incrementarse un 89% y los beneficios disminuir un 47%, lo cual indica que el proyecto es altamente rentable.

**Tabla N° 17 – Umbrales Límites de los Indicadores económicos**

Tramo Numero	Tramo Descripción	Factor Multiplicador	
		Inversion (#)	Beneficios (#)
48	Tr_48:Ruta 1 - San Jose (90K000)	2,98	0,34
49	Tr_49:San Jose (90K000)-111K000	2,22	0,45
50	Tr_50:111K000 - 128K000	2,21	0,45
51	Tr_51:128K000 - Arroyo San Gregorio (Lim. Dep)	1,52	0,66
52	Tr_52:Arroyo San Gregorio - Arroyo Porongos	1,74	0,58
53	Tr_53:Arroyo Porongos - Trinidad	1,70	0,59
54	Tr_54:Trinidad - Arroyo Juncal	1,49	0,67
55	Tr_55:Arroyo Juncal - Ramal R.14	1,80	0,55
56	Tr_56:Ramal R.14 - Arroyo Grande	1,72	0,58
Total contrato mantenimiento Ruta 3		<b>1,89</b>	<b>0,53</b>

#### 4.4 Evolución de la condición de la circulación con proyecto

Ejecutando el cronograma de obras determinado para el contrato de mantenimiento de ruta 3 en el periodo 2016 a 2020 logramos mantener el nivel de servicio respecto al índice de rugosidad que representa el estado de circulación entre un mínimo 2.43 y un máximo de 2.87 en el 5º año como se observa en las Figuras Nº 8 y 9, debido a la ejecución tratamientos preventivos y recapados en calzadas y banquetas, acompañadas de un mantenimiento recurrente consistente en bacheos profundos y superficiales y sellado de fisuras.

En la figura Nº 8 se observa la evolución de la condición de la red del contrato de ruta 3 para el período 2016 – 2020, manteniéndose en estado muy bueno y bueno en la mayoría de la extensión durante los años 2017 al 2019. Si bien en los años 2016 y 2020 tiene un porcentaje importante en estado regular, el mismo posee una rugosidad entre 2.8 IRI (límite superior estado bueno) y 3 IRI de modo de cumplir el nivel de servicio exigido respecto a dicho parámetro

**Figura Nº 8**

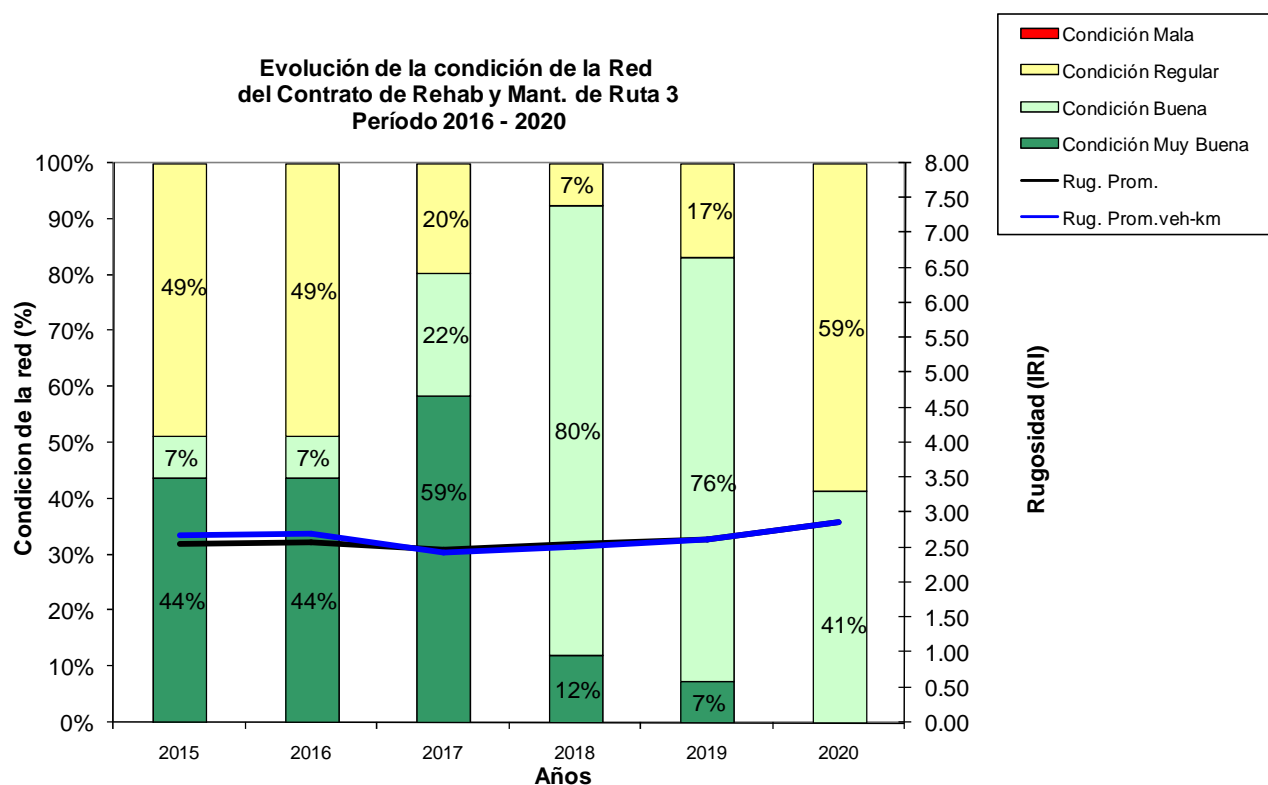
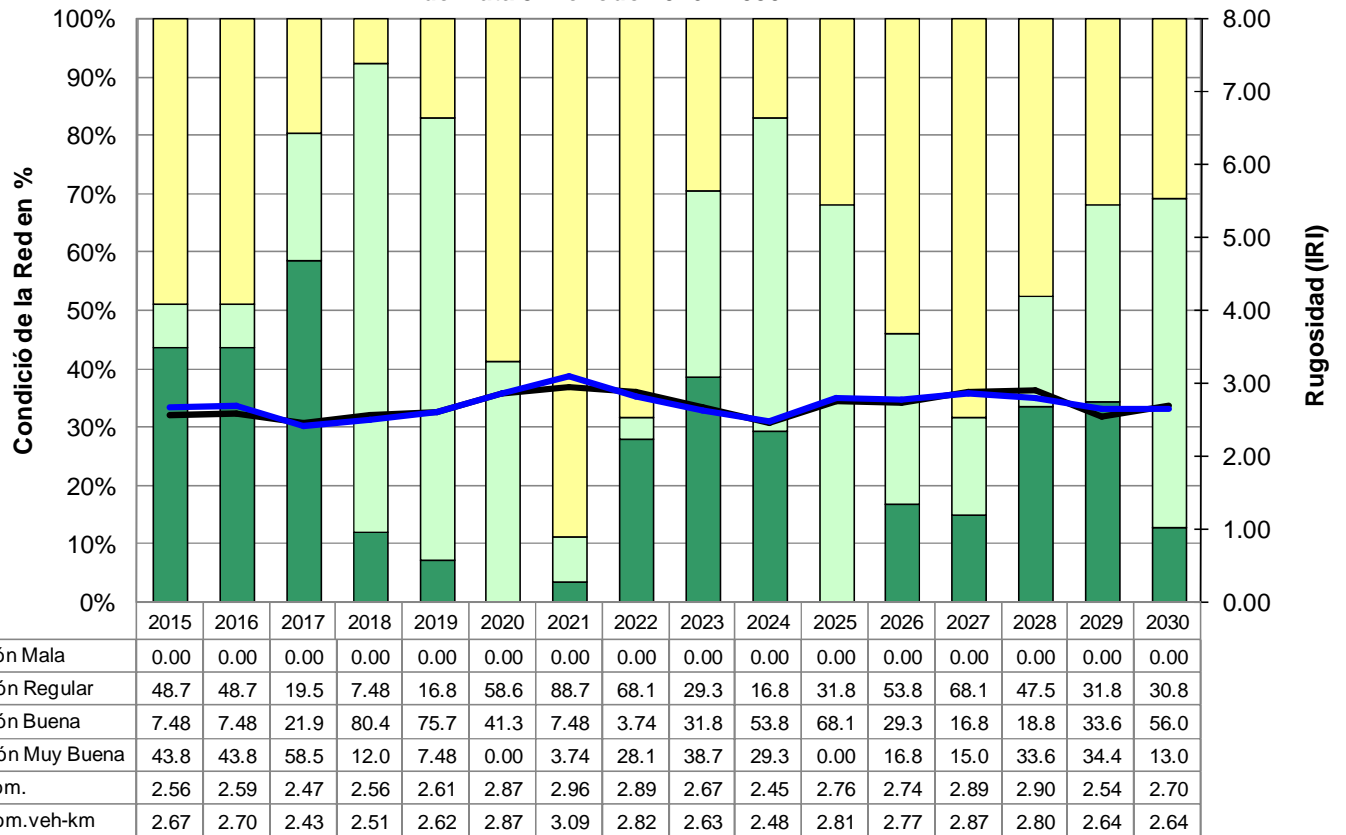


Figura Nº 9

**Evolución de la condición del Contrato de Rehab y Mant.  
de Ruta 3- Período 2016 - 2030**



En la figura Nº 9 se puede observar como ejecutando las obras que el estudio determinó para 15 años, para la segunda, tercera y cuarta generación de contratos de mantenimiento el índice de rugosidad se mantiene por debajo de 3 IRI que sería el límite establecido para cumplir el nivel de servicio exigido en el contrato de mantenimiento.