

EVALUACION DE PROYECTOS DE ENSANCHE CON REPAVIMENTACION EN ZONAS URBANAS : EL CASO DE NUEVA DE LYON

Sergio Huerta

I. Municipalidad de Providencia

Resumen

En la evaluación de proyectos de infraestructura de transporte en nuestro país se utilizan fundamentalmente dos metodologías, la de la "Guía para Evaluar Proyectos Viales" del M.O.P., para el caso de proyectos de zonas rurales y la contenida en la "Metodología para la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Vialidad Urbana" de la Comisión de Transporte Urbano para el caso de proyectos en vías urbanas.

En lo que atañe a vías urbanas, la metodología nombrada no considera el efecto de mejoramiento en la carpeta de rodado, descartando por tanto la evaluación de proyectos de repavimentación.

En este trabajo se presenta una metodología para evaluar proyectos urbanos que incluyan conjuntamente el efecto de un ensanche de calzada unida a una repavimentación de lo existente.

Se presenta además una aplicación de la metodología en la evaluación del proyecto de mejoramiento de calle Nueva de Lyon.

1. Introducción

En Chile se utilizan actualmente dos metodologías para calcular los costos de operación de los vehículos : La Metodología para proyectos de Via lidad Urbana (Comisión de Tte. Urbano, 1982) y la Metodología para proyec-tos interurbanos (Ministerio de Obras Públicas, 1982), cuya características principales se resumen a continuación :

1.1. Metodología "urbana"

Se aplica a proyectos de carácter urbano, centrando la atención en los consumos de combustible tanto de los vehículos livianos como los de la locomo ción colectiva.

Estos consumos de combustible son de 3 tipos.

- i) Consumo de vehículos en movimiento
- ii) Consumo por detención que se produce al disminuir su velocidad un vehículo con el objeto de detenerse.
- iii) Consumo por estar detenido el vehículo que corresponde al consumo en ralentí (demoras).

En relación a los restantes costos de operación, se estimó sobre la base de la relación de precios existentes en 1982 que el conjunto de estos costos de operación diferentes al de combustible, sumaban un valor igual al de combustible. De esta forma los costos de operación totales se estiman como igual de doble del consumo de combustible.

1.2. Metodología "interurbana"

Se utiliza para el cálculo de los costos de operación de los proyec-tos de vías interurbanas con un flujo tope de 5000 vehículos TMDA (Tránsi-to medio diario anual), considerando condiciones de tránsito sin congestión. Determina consumos de combustible, de lubricante, de neumáticos, de repuestos, de horas-hombre por mantención y costos de depreciación, de intereses y de posesión para cinco categorías de vehículos : automoviles, camionetas, camiones de 2 ejes, camiones de más de 2 ejes y buses.

Para evaluar cada uno de los consumos y estimar sus costos la metodología entrega fórmulas por categoría de vehículo que dependen de la velocidad del vehículo; de las características del camino (subidas, bajadas, estado de carpeta) y de características de los vehículos (en el caso de los camiones y buses potencia del motor y peso bruto total)

1.3. Metodología propuesta

Considerando el carácter mixto de los proyectos que se pretenden evaluar en este trabajo (ensanche unido a una repavimentación), lo que se expondra a continuación es un primer intento de definir una metodología ad-hoc.

Basicamente consiste en tomar lo adecuado a cada metodología (urbana e interurbana), compatibilizando algunos consumos a fin de poder incorporar a proyectos urbanos el efecto del estado de la carpeta de rodado, y por tanto, permitir la evaluación de proyectos de repavimentación.

2. Modelos de Costo de Operación

Existen básicamente dos metodologías tendientes a evaluar el costo de operación en que incurren los diferentes tipos de vehículos al circular por una determinada vía.

Para el caso de vías urbanas la metodología (SECTU, 1982) consiste en la determinación del consumo de combustible para los diferentes tipos de vehículos tanto de movimientos, como de detenciones y al ralentí, para finalmente valorizar estos consumos y multiplicandolos por dos obtener el costo total de operación.

En el caso de vías interurbanas la metodología que se ha utilizado tradicionalmente (Ministerio de Obras Públicas, 1982) consiste en determinar los costos por los ítemes de consumo de combustible, consumo de lubricantes, consumo de neumáticos, consumo de repuestos, consumo de horas de mantención depreciación e intereses, los cuales valorizados y sumados dan el costo total de operación.

En lo que sigue se expondrán las relaciones utilizadas para calcular los consumos por cada una de las dos metodologías.

2.1. Modelo para proyectos urbanos

De acuerdo a lo expresado anteriormente y lo realizado en varios estudios de ámbito urbano, desarrollados para la Comisión de Transporte Urbano el costo total de operación se obtiene calculando el ítem más importante, que corresponde al consumo de combustible y su resultado se multiplica por dos.

El consumo de combustible para los diferentes tipos de vehículos está compuesto por :

- Consumos en los arcos (Tabla 1)
- Consumos de demoras en los nodos (al ralentí) (Tabla 2)
- Consumos por detenciones (Tabla 3)

La velocidad indicada en la Tabla 3 corresponde a la velocidad media de circulación en la vía, desde la cual los vehículos que llegan a la intersección deben detenerse.

Para obtener el valor monetario del costo correspondiente a los diferentes consumos de combustible, es necesario conocer la velocidad de circulación de los vehículos en los diferentes arcos analizados.

Además deben determinarse el porcentaje de vehículos que se detienen en una intersección cualquiera y el tiempo de demora dicha detención.

2.2. Modelos para proyectos interurbanos

Este modelo estima en función de la geometría del camino, la altura sobre el nivel del mar, características de la carpeta de rodado y de los diferentes tipos de vehículos, la velocidad con que estos circularían en la ruta en cuestión, luego con esta velocidad y otros parámetros que se definirán más adelante calcula los consumos de combustible, lubricantes, neumáticos, repuestos horas de mantención, depreciación e intereses.

Velocidad Km/Hora	Vehículos Livianos Km/Litro	Colectivos y Vehículos Pesados Km/Litro
10	4,7	1,8
16	5,9	2,1
32	8,5	2,6
48	9,7	2,3
64	9,2	1,9
80	8,2	1,5

TABLA 1: Consumo de combustible en los arcos (circulando)

TIPO DE VEHICULOS	CONSUMO (LTS/HORA)
Vehículos livianos	1,50
Loc. Colectiva y Vehículos Pesados	2,46

TABLA 2: Consumo de combustible en ralentí (demoras)

VELOCIDAD KM/HORA	VEHICULOS LIVIANOS LITRO/DETENCION	COLECTIVOS Y VEHICULOS PESADOS LITRO/DETENCION
10	0,0019	0,0085
16	0,0031	0,0136
32	0,0062	0,0367
48	0,0123	0,0655
64	0,0174	0,0916
80	0,0217	0,1022

TABLA 3: Consumo de combustible por detenciones

2.2.1. Consumo de combustible

Para caminos pavimentados :

Automóviles

$$CCO = (50,1 + 499/V + 0,0058 \times V^2 + 1,59 \times RS - 0,854 \times F + 0,0011 \times R) \times 1,08 \quad (1)$$

Camionetas

$$CCO = (71,4 + 1151/V + 0,0131 \times V^2 + 2,91 \times RS - 1,28 \times F + 0,0011 \times R) \times 1,08 \quad (2)$$

Camión de 2 E

$$CCO = (101,2 + 903/V + 0,0143 \times V^2 + 4,36 \times RS - 1,83 \times F + 0,0014 \times R - 2,40 \times PW) \times 1,13 \quad (3)$$

Camión de + 2 E y Buses

$$CCO = (-52,8 + 903/V + 0,0143 \times V^2 + 4,36 \times RS - 1,83 \times F + 0,0014 \times R - 2,40 \times PW + 69,2 \sqrt{GVW} \times 1,13) \quad (4)$$

en que :

CCO = Consumo de combustible, en (lts/1000km)

V = Velocidad de operación, en (km/hora)

RS = Subidas del camino, en (m/km)

F = Bajadas del camino, en (m/km)

R = Rugosidad del camino, en (mm/km)

PW = Razón potencia peso, en (HP/ton)

GVW = Peso bruto total del vehículo, en (ton)

2.2.2 Consumo de lubricantes

El consumo de lubricantes a considerar para cada tipo de vehículo depende solamente del tipo de carpeta, distinguiendo entre las pavimentadas y no pavimentadas, como se indica a continuación :

CONSUMO DE LUBRICANTES (lts/1000km)

Automóviles	caminos sin pavimentar	2,4
	caminos pavimentados	1,2
Camionetas	caminos sin pavimentar	3,6
	caminos pavimentados	1,8
Camión 2 E	caminos sin pavimentar	8,0
	caminos pavimentados	4,0
Camión + 2 E	caminos sin pavimentar	8,0
	caminos pavimentados	4,0
Buses	caminos sin pavimentar	8,0
	caminos pavimentados	4,0

2.2.3. Consumo de neumáticos

Automóviles y Camionetas

$$\begin{aligned} \text{CN} &= (-83 + 0,058 \times R) \times 10^3 \times \text{FC}, & \text{para } R \geq 2000 & \quad (5) \\ \text{CN} &= 0,03 & \text{para } R < 2000 \end{aligned}$$

Camión de 2 E, Camión de + 2 E y Buses

$$\begin{aligned} \text{CN} &= \text{GVW} (83 + 0,0112 \times R) \times 10^4 \times \text{FC}, & \text{para } R \geq 1500 & \quad (6) \\ \text{CN} &= 0,01 \times \text{GVW} & \text{para } R < 1500 \end{aligned}$$

en que :

CN = Consumo de neumáticos, en (u/1000km)
 R = Rugosidad del camino, en (mn/km)
 FC = Factor de curvatura, cuyo cálculo se indica a continuación
 GVW = Peso bruto total del vehículo, en (ton)

Cálculo del Factor de Curvatura :

Se define un parámetro indicador de la curvatura del camino :

$$\text{RA} = \frac{57300}{C} \quad (7)$$

en que :

RA = Parámetro indicador de la curvatura, en (m)
 C = Curvatura del camino, en (grados/km)

Si $\text{RA} > 400$ $\text{FC} = 1,0$
 Si $\text{RA} \leq 400$ FC se calcula como sigue :

Automóviles y Camionetas

$$\begin{aligned} \text{Si } V > 75 \text{ (km/hora)} & \quad \text{FC} = \text{RA} / 1,129166 \times \text{RA} - 84,91947) \\ \text{Si } 60 < V \leq 75, & \quad \text{FC} = 1,5264 - 0,0020321 \times \text{RA} + 0,00000599 \times \text{RA}^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Si $V \leq 60$ (km/hora), $\text{FC} = 1,0$

Camión de 2 E, Camión de + 2 E y Buses

$$\begin{aligned} \text{Si } V > 40 \text{ (km/hora)} & \quad \text{FC} = 1,788 - 0,00558 \times \text{RA} + 0,00001 \times \text{RA}^2 \\ \text{Si } V \leq 40 \text{ (km/hora)} & \quad \text{FC} = 1,0 \end{aligned} \quad (9)$$

2.2.4. Consumo de repuestos

Automóviles y Camionetas

$$\begin{aligned} \text{CR} &= \text{CKM} \times (-2,03 + 0,0018 \times R) \times 10^8, & \text{si } \text{CKM} \leq 200.000 & \quad (10) \\ \text{CR} &= 200 \times (-2,03 + 0,0018 \times R) \times 10^5, & \text{si } \text{CKM} > 200.000 \end{aligned}$$

Camión de 2 E y Camión de + 2 E

$$\begin{aligned} CR &= CKM \times (0,48 + 0,00037 \times R) \times 10^8, \text{ si } CKM \leq 500.000 \\ CR &= 500 \times (0,48 + 0,00037 \times R) \times 10^8, \text{ si } CKM > 500.000 \end{aligned} \quad (11)$$

Buses

$$\begin{aligned} CR &= CKM \times (-67 + 0,06 \times R) \times 10^8, \text{ si } CKM \leq 1.400.000 \\ CR &= CKM \times (-67 + 0,06 \times R) \times 10^8, \text{ si } CKM > 1.400.000 \\ CKM_0 &= 1.400.000 \\ CKM &= (1/2) \times EDAD \times KM \end{aligned} \quad (12)$$

en que :

CR = Consumo de repuestos, expresado como fracción del valor del vehículo nuevo cada 1000 km.
R = Rugosidad del camino, en (mm/km)
KM = Recorrido anual de los vehículos, en (km)
EDAD = Edad promedio del parque de vehículos, en años

Cuando la rugosidad es menor de 1500 (mm/km), debe tomarse este valor como cota mínima.

2.2.5. Consumo de horas de mantención

Automóviles y Camionetas

$$\begin{aligned} CH &= CR \times (851 - 0,078 \times R) \quad \text{si } R \leq 6000 \\ CH &= 383 \times CR \quad \text{si } R > 6000 \end{aligned} \quad (13)$$

Camión de 2 E y Camión de + 2 E

$$\begin{aligned} CH &= CR \times (2975 - 0,078 \times R) \quad \text{si } R \leq 6000 \\ CH &= 2507 \times CR \quad \text{si } R > 6000 \end{aligned} \quad (14)$$

Buses

$$\begin{aligned} CH &= CR \times (2640 - 0,078 \times R) \quad \text{si } R \leq 6000 \\ CH &= 2172 \times CR \quad \text{si } R > 6000 \end{aligned} \quad (15)$$

en que :

CH = Consumo de horas de mano de obra de mantención, en (hora/1000km)
CR = Consumo de repuestos, expresado como fracción del valor del vehículo nuevo, cada 1000 km.
R = Rugosidad del camino, en (mm/km)

2.2.6. Depreciación

Automóviles y Camionetas

$$DP = \frac{80}{KM} \quad (16)$$

Camión de 2 E, Camión de + 2 E y Buses

$$DP = \frac{77}{KM}$$

(17)

en que :

DP = Depreciación expresada como fracción del valor del vehículo nue
vo cada 1000 km.

KM = Recorrido anual de los vehículos, en (km)

2.2.7. Interés

$$IN = \frac{0,5 \times r}{KM} \quad \text{para todos los tipos de vehículos}$$

en que :

IN = Interés por km

r = Tasa de interés del capital social, en (%)

KM = Recorrido anual de los vehículos, en (km)

2.3. Modelo propuesto

Como puede deducirse de los puntos anteriores del capítulo, el móde
lo utilizado para proyectos urbanos, no tiene entre sus parámetros ninguno
que incorpore el efecto del estado de la carpeta de rodado, con lo cual que
da inmediatamente inhabilitado para ser utilizado en cualquier proyecto de
repavimentación .

Por otro lado, el modelo interurbano, que sí considera este efecto
del estado de la carpeta del rodado, ha sido concebido y desarrollado en
condiciones de flujo libre, es decir precisamente lo contrario en que pro-
yecto urbanos, donde la interrelación entre todos los vehículos que circulan
por una determinada vía es muy fuerte.

Por razones anteriores, se propone la utilización de un modelo mixto
que considera los siguientes supuestos :

- El efecto de ensanche se medirá a través del cambio de la velocidad
(Ver capítulo 3)
- Para considerar el efecto de una repavimentación, se utilizará co
mo base el modelo interurbano, el cual se corregirá a fin de que
su predicciones en los ítemes compatibles se asemejen al modelo Ur
bano.
- Se descarta la utilización de las ecuaciones de velocidad del mode
lo interurbano, ya que es en este punto donde precisamente es más
notorio el efecto de flujo libre (Ver capítulo 3)

2.3.1. Correcciones al modelo interurbano

- a) Correcciones al consumo de combustible de la locomoción colectiva

El modelo original, (Ver ecuación 4) predice consumos de combustible muy bajos para la locomoción colectiva.

Ello se explica porque se está prediciendo el consumo de un vehículo en flujo libre, que no corresponde a la velocidad urbana.

En consecuencia, se adoptó un factor de corrección de 2, con el cual se logra predecir consumos específicos similares a los adoptados por la Comisión de Transporte Urbano para este tipo de vehículos.

b) Correcciones al consumo de lubricantes de la locomoción colectiva.

Por razones similares a las recién expuestas, se adoptó un consumo de lubricantes igual al doble del predicho por el modelo original para flujo libre.

c) Correcciones a los costos de reparación y mantención

Fundamentalmente se acogió una corriente de opinión según la cual el modelo interurbano (M.O.P., 1982) sobreestimaría los costos de repuestos y mantención. Este elemento resulta de particular importancia en los proyectos de repavimentación, ya que de los ahorros de costos de operación más del 50% corresponden a ahorros por concepto de menor reparación y mantención.

Aún cuando estudios recientemente terminados en Brasil (P.N.U.D., 1984) auspiciados por el Banco Mundial y las Naciones Unidas, han demostrado efectivamente una menor influencia de las variables antes mencionadas, resulta difícil obtener de allí conclusiones cuantitativas debido al nivel preliminar de los resultados y a la dificultad de comparar las cifras relevantes de este estudio y el de Kenya.

A título tentativo, y con la única verificación global de mantener un nivel absoluto de costos de operación a un nivel razonable, se adoptó como criterio el considerar la mitad de los costos de reparación y mantención propuestos por el modelo interurbano (M.O.P., 1982).

3. Modelos de Predicción de Velocidad

3.1. Modelo para proyectos urbanos

Como se indicara en los capítulos anteriores, para estimar velocidades en proyectos urbanos de ensanche de calzada se recomienda (SECTU, 1982) utilizar una curva del tipo :

$$V = \alpha - \frac{\gamma}{W - a} - \frac{\beta}{W - a} q \quad (18)$$

donde :

V = Velocidad (km/hora)

W = Ancho total de la calzada (mts)

a = Reducción de ancho efectivo por concepto de los autos estacionados

q = Flujo (vehículo equivalente/hora)

α, β, γ = Constantes

En efecto del cambio de la velocidad causada sólo por el ensanchamiento no puede ser calibrada en el lugar mismo, razón por la cual la publicación ya citada recomienda utilizar un valor de $\gamma = 70$

Los valores de "a" recomendados corresponden a los indicados en la publicación de la metodología (SECTU, 1982)

La metodología consiste en realizar en conjunto con la medición de flujos, un muestreo de las velocidades de los vehículos. De este modo, se tendrán diferentes valores de los pares (V,q), para distintas condiciones de flujos, pudiendo de esta manera proceder al ajuste de rectas de tipo de las indicadas en (18).

3.2. Modelos para Proyectos Interurbanos

Para caminos pavimentados se utilizan las siguientes relaciones (M.O. P., 1982).

Automóviles

$$V_i = 105,3 - 0,372 \times RSi - 0,0759 \times Fi - 0,110 \times Ci - 0,00089 \times Ri - 0,00491 \times A \quad (19)$$

Camionetas

$$V_i = 89,7 - 0,418 \times RSi - 0,04962 \times Fi - 0,07376 \times Ci - 0,00089 \times Ri - 0,00278 \times A \quad (20)$$

Camión de 2 E y Camión de + de 2 E

$$V_i = 49,8 - 0,51892 \times RSi + 0,02989 \times Fi - 0,05807 \times Ci - 0,00060 \times Ri - 0,00042 \times A + 1,114 \times PW \quad (21)$$

Buses

$$V_i = 73,4 - 0,525558 \times RSi + 0,06663 \times Fi - 0,06611 \times Ci - 0,00036 \times Ri - 0,00417 \times A \quad (22)$$

en que :

V_i = Velocidad de operación en el tramo i, en (km/hr)
 RS_i = Subidas del tramo i, en (m/km)
 Fi = Bajadas del tramo i, en (m/km)
 Ci = Curvatura del tramo i, en (grados/km)
 Ri = Rugosidad del tramo i, en (mn/km)
 A = Altura media sobre el nivel del mar (m)
 PW = Razón potencia/peso (HP/ton)

3.3. Modelo propuesto

El modelo que se propone utilizar está basado en las siguientes hipótesis y observaciones :

- Las velocidades que predice el modelo interurbano al estar concebi

do para flujo libre, son muy altas como para ser aplicadas a una repavimentación urbana.

- Es necesario recoger de alguna forma el efecto de ensanche de la calzada existente.

- Experiencias realizadas recientemente (I. Municipalidad de Santiago, 1983) demostraron que en zonas con semáforos próximos, el estado de la car
peta de rodado no influye en la velocidad que desarrollan los vehículos.

Basado en lo anterior se decidió descartar el uso de modelo interurbano y utilizar solamente la ecuación 18 para predecir las velocidades, es decir basado en la experiencia de la I. Municipalidad de Santiago al respecto, se considera exclusivamente el efecto de ensanche de calzada en la velo
cidad.

4. Costos de Tiempo

Por tratarse de proyectos (ensanche más repavimentación) donde la lon
gitud no varía, la estimación de beneficios por ahorro de tiempo de viaje depende solamente de la variación de las velocidades de circulación y del valor del tiempo.

Como se indicara en el capítulo anterior la velocidad se estimará ca
librando una ecuación del tipo indicado en la función 18.

En cuanto al valor del tiempo de los usuarios, económicamente se dis
tinguen, en general, dos usos para este tiempo : trabajo y ocio, entendiendo
tiempo de trabajo como aquel en el cual se genera un ingreso monetario, el que permite la adquisición de bienes y servicios provocando cierta utili
dad a quien lo consume, Tiempo de ocio es aquel destinado a desarrollar ac
tividades las cuales, sin generar ingreso monetario, producen utilidad al individuo.

Existen dos posiciones para valorar el tiempo de ocio respecto del trabajo. Una postula que se deben valorar igual, por cuanto, en el margen la utilidad producida por la última unidad del tiempo que una persona desti
na al trabajo, tiene el mismo valor que el tiempo de ocio sacrificado. Una segunda posición sostiene que el tiempo de ocio tiene un valor menor que el tiempo de trabajo, debido a las imperfecciones del mercado de trabajo, y al hecho que el trabajo está ligado a la subsistencia del individuo (Bruzeli
us, 1979)

En el presente trabajo, tal como en la mayoría de los trabajos del área se adopta la segunda posición mencionada, considerando como valor del tiempo de trabajo la remuneración de los usuarios y como valor del tiempo de ocio una proporción de lo anterior.

5. Aplicación al caso de Nueva de Lyon

5.1. Estudios de Base

5.1.1. Periodización

La Dirección del Tránsito de la I. Municipalidad de Providencia, tiene en sus archivos información actualizada de los flujos vehiculares circulantes por la calle Nueva de Lyon, la cual permitió definir los siguientes períodos, en los cuales posteriormente se realizarán mediciones tanto de flujos, velocidad, número de vehículos estacionados, a fin de calibrar la ecuación de flujos/velocidad :

- Período 1 : Día Hábil de 7:30 - 9:30 y de 12:00 - 13:00 hrs.
Día sábado de 12:00 - 13:00 hrs.
Período 2 : Día Hábil de 13:00 - 14:00 y de 18:00 - 20:00 hrs.
Período 3 : Resto días Hábiles, sábados y domingos.

5.1.2. Mediciones de flujos vehiculares

De acuerdo a lo indicado anteriormente, se realizaron mediciones de flujos vehiculares en la horas representativas de cada uno de los tres períodos definidos. Lo anterior se realizó por tipo de vehículo y en intervalos de 15 minutos.

5.1.3. Mediciones de velocidad

A fin de construir la curva flujo/velocidad, se midió también las velocidades de los vehículos livianos que circulaban en cada uno de los cuartos de hora en que se midieron los flujos.

Para lo anterior, se fijó un sector a priori y se midió el tiempo que demoraban en recorrerlo los vehículos.

5.1.4. Mediciones de tasas de ocupación

Se realizaron muestreos para vehículo livianos en las mismas horas en que se midieron los flujos vehiculares y velocidades.

Para evitar sesgos en la muestra por efectos, por ejemplo, de la elección prioritaria de una pista de circulación o de un tipo de vehículo en particular se seleccionaron los vehículos de la primera línea de parada en cada caso.

La información recopilada resultó bastante similar en todas las horas de medición, por lo que se adoptó un valor único de 1,80 ps/veh. para los vehículos livianos.

5.1.5. Otras mediciones

Con el fin de poder estimar la ecuación de velocidades que aparece en la "Metodología para la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Vialidad Urbana", fue necesario medir el ancho de la calle y el número de vehículos estacionados.

También se hizo una estimación del índice de serviciabilidad del pavimento, el cual representa el estado de la carpeta del rodado.

5.2. Cálculo de velocidades

De acuerdo a lo indicado en el capítulo pertinente, es razonable esperar cambios en las velocidades de operación de los vehículos solamente por efectos del ensanche, es decir, es dable un comportamiento del tipo indicado en (18).

En el caso particular de la calle Nueva de Lyon, se calibró la siguiente ecuación :

$$V = 54,6529 \frac{-70}{W - a} - 0,0997466 \times \frac{q}{W - a} \quad (23)$$

$$R^2 = 0,81 \text{ (coeficiente de correlación)}$$

$$t = -17,46 \text{ (test de student)}$$

Utilizando la ecuación anterior, con las condiciones propias de cada situación, se obtuvieron las siguientes velocidades para cada uno de los períodos (Ver Tabla 4).

5.3. Beneficios directos

5.3.1. Flujos involucrados

De acuerdo con las estadísticas de la Dirección del Tránsito, las cuales fueron utilizadas para etapa de periodización, se adoptaron los siguientes flujos vehiculares representativos de cada uno de los períodos definidos (Ver Tabla 5)

5.3.2. Vector de precios sociales

El vector de precios sociales para costos de operación y tiempo, para los vehículos livianos, fue extraído de un estudio recientemente realizado (TESTING Ltda, 1985).

5.3.3. Cálculo de beneficios

Utilizando la metodología expuesta en los capítulos anteriores, con las velocidades calculadas, flujos y vector de precios indicados se obtienen por concepto de costo de operación y de tiempo beneficios anuales por el monto de \$ 2.165.000,00.

5.4. Indicadores de rentabilidad

5.4.1. Indicadores de corto plazo

Los dos indicadores de corto plazo más utilizados de acuerdo con la metodología de la SECTU, son los siguientes:

$$VAN 1 = \frac{B_1 - I \cdot R}{1 + R} \quad (24)$$

PERIODO	SIN PROYECTO	CON PROYECTO
1	33,6	42,9
2	32,4	42,0
3	36,9	45,2

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4: Velocidades adoptadas (Km/Hr)

PERIODO	FLUJO
1	712
2	799
3	478

Fuente : Archivos Dirección del Tránsito

TABLA 5: Flujos vehiculares por período (Veh/Hr)

$$TRI = \frac{B_1}{I}$$

(25)

donde :

- B₁ = Beneficios directos del 1^{er} año
- I = Monto de la Inversión (estimado en \$ 15.000.000 sociales)
- R = Tasa de descuento social (12%)
- VAN₁ = Costo de postergar un año el proyecto
- TRI = Tasa de rentabilidad inmediata

A partir de la información contenida en los puntos anteriores se tie
ne que :

VAN 1 = \$ 325.893,00

TRI = 14,4 %

Lo anterior indica que el proyecto es rentable, siendo conveniente su materialización en 1986; la cual será desarrollado por la I. Municipalidad de Providencia.

Referencias.

- BRUSELIUS, N. (1979) The Value of Travel Time. Croom Helm, Londres.
- I. MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO (1983) Plan Preliminar de Pavimentación de la Comuna de Santiago. Departamento de Tránsito, Municipalidad de Santiago, Santiago.
- MOP (1982) Guía para Evaluar Proyectos Viales. Ministerio de Obras Públicas, Santiago.
- PNUD (1984) Research on the Interrelationship between Costs of Highway Construction, Maintenance and Utilization. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Brasil.
- SECTU (1982) Metodología para la Evaluación Social de Proyectos de Inversión de Vialidad Urbana, Comisión de Transporte Urbano, Santiago.
- TESTING Ltda. (1985) Prediseño y evaluación económica del mejoramiento del acceso a la ciudad de Curicó. Informe Final a la Comisión de Transporte Urbano, Santiago.