

1984
M366T
c.2

TARIFICACION OPTIMA EN TRANSPORTE URBANO :
METODOLOGIA Y APLICACION A LA LOCOMOCION COLECTIVA DE SUPERFICIE



14514

Por:

Autor. Francisco Martínez *Concha*
Profesor Guía. Sergio R. Jara D.

Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil

Santiago, 1984.

975213

~~00015-2328~~

Agradecimientos.

¿ Por qué ignorarlo si se sigue
moviendo ...?

Quiero agradecer muy sinceramente a todos aquellos que de múltiples formas me han brindado su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

Al grupo de amigos que participaron en las mediciones de terreno, que con un ejemplo de solidaridad, hicieron posible el desarrollo del estudio.

A quienes me han brindado el vital calor de un hogar.

A los Académicos de la Sección Transportes que en todo momento prestaron su valiosa ayuda.

En particular, deseo expresar mi cálido agradecimiento a Sergio Jara por la gran experiencia de haber contado con un guía, ... un maestro.

Finalmente, a Gloria Hurt y Patricia Donoso.

A mi amada Popa y a
mi familia.

Agradecimientos.

Quiero agradecer muy sinceramente a todos aquellos que de múltiples formas me han brindado su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

Al grupo de amigos que participaron en las mediciones de terreno, que con un ejemplo de solidaridad, hicieron posible el desarrollo del estudio.

A quienes me han brindado el vital calor de un hogar.

A los Académicos de la Sección Transportes que en todo momento prestaron su valiosa ayuda.

En particular, deseo expresar mi cálido agradecimiento a Sergio Jara por la gran experiencia de haber contado con un guía,... un maestro.

Finalmente, a Gloria Hutt y Patricio Donoso.

I N D I C E

	<u>PAG.</u>
Capítulo 1 : Introducción y Planteamiento del Problema	1
1.1 Introducción	1
1.2 Teoría del Bienestar Social (BS)	2
1.2.1 Excedente del Consumidor	2
1.2.2 Costos Sociales	4
1.2.3 Máximo Bienestar Social	5
1.2.4 Regla de Precio igual a Costo Marginal	5
1.3 Análisis de Segundo Optimo	6
1.3.1 Introducción	6
1.3.2 La regla de tarificación de Segundo Optimo; El caso de Transporte	8
1.4 Aplicación de la regla de tarificación Optima Social	12
1.4.1 Localización de la Aplicación	12
1.4.2 Presentación del Problema	14
Capítulo 2 : Análisis de Costo de los Diversos Modos	18
2.1 Introducción	18
2.2 Funciones de Costo	18
2.2.1 Construcción de la Función de Costo	18
2.2.2 Análisis de Multiproducción	24
2.2.3 Función de Costo a Corto Plazo	25
2.2.4 Costo Medio y Costo Marginal	26
2.3 Costos en Modos de Transporte Urbano de Pasajeros	30
2.3.1 Introducción	30
2.3.2 Estructura de Costos	31
2.4 Automóvil Particular	34
2.4.1 Introducción	34
2.4.2 Relaciones entre Tiempo de Viaje y Flujo Vehicular	37
2.4.3 Análisis de Congestión con Redes	39

	<u>PAG.</u>
2.4.4	Aplicación 47
2.4.4.1	Mediciones de tiempos de viaje 49
2.4.4.2	Estimación de funciones flujo-velocidad 51
2.4.4.3	Efecto congestión para cada par O-D 57
2.4.5	Costo marginal por el Uso de Vías 64
2.4.6	Discusión 67
2.5	Locomoción Colectiva de Superficie 70
2.5.1	Introducción 70
2.5.2	Estimación de Costos Marginales 70
2.5.3	Estimación del Costo Marginal de Buses 81
2.6	Taxi-Colectivo 83
2.6.1	Introducción 83
2.6.2	Costo Marginal de Operación 84
2.6.3	Costo Marginal Total 92
2.7	Metro 94
2.7.1	Introducción 94
2.7.2	Estimación de Costos Variables 95
2.7.3	Costo Marginal de un viaje en Metro 102
Capítulo 3	: Análisis de Demanda 104
3.1	Introducción 104
3.2	Teoría de la utilidad aleatoria 105
3.3	El Modelo Logit Multinomial (MNL) 106
3.4	Fórmulas de aplicación del modelo MNL a la regla de tarificación 108
3.5	Modelo de demanda del corredor Las Condes-Centro 111
3.5.1	Modos de Transporte 112
3.5.2	Recolección y Análisis de Datos 113
3.5.3	Estimación y Calibración de Modelos 113
3.5.4	Zonificación 114
3.6	Aplicación del Modelo MNL 115

	<u>PAG.</u>
Capítulo 4 : Cálculo de Tarifas Optimas	118
4.1 Introducción	118
4.2 Oferta	118
4.3 Demanda	124
4.3.1 Tiempo de Viaje	125
4.3.2 Costo dividido por ingreso	126
4.3.3 Número de Automóviles	129
4.4 Índice de Beneficio basado en los resultados del modelo	130
4.5 Programación del Modelo	134
4.6 Resultados	136
Capítulo 5 : Análisis y Conclusiones	142
Referencias	150
Anexo 1 Relaciones Flujo Velocidad	153
1.1 Gráficos de las observaciones de tiempo de viaje y volumen vehicular	154
1.2 Relaciones flujo-velocidad. Regresiones	159
1.3 Cálculo de tme-TMg en la red	168
Anexo 2 Costos Sociales de Locomoción Colectiva	180
Anexo 3	188
3.1 Programa Computacional para la Tarificación Optima	189
3.2 Datos de Entrada	198
3.3 Resultados del Modelo	208

C A P I T U L O 1

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción.

En la economía moderna, el estudio del bienestar social (BS) constituye una herramienta de gran importancia; mediante el análisis del uso óptimo de los recursos disponibles, es posible definir políticas de desarrollo y contar con una metodología capaz de evaluar proyectos desde una perspectiva social y científica.

En Chile, la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano ha impulsado el uso de modernas metodologías de evaluación social de proyectos en el área de transporte urbano, cuyos proyectos revelan interesante rentabilidad. Todo este esfuerzo de planificación tendiente a racionalizar la inversión pública, se apoya en la Teoría del Bienestar Social. De ahí, la relevancia de los supuestos y aproximaciones que se hacen en esta teoría, y más aún, la importancia de desarrollar nuevas teorías y modelos que reflejen las necesidades de los hombres y den cuenta cabal de su comportamiento.

Un aspecto de la Teoría del Bienestar se refiere al problema de tarificación, el cual es un tema particularmente delicado por cuanto los precios son las "variables resumen" de un esfuerzo productivo de interés social y repercute directamente en el desarrollo y equilibrio del mercado.

Este trabajo, basándose en un modelo social de tarificación, realiza una aplicación en el mercado de transporte de pasajeros en Santiago. En particular, se procurará establecer claramente los supuestos y limitaciones, y por otra parte, incorporar todas las variables y restricciones de índole económica y tecnológica presentes en el mercado.

1.2 Teoría del Bienestar Social (BS).

La medida del BS que se obtiene al realizar un determinado proyecto, se ha definido como la diferencia entre el beneficio que reciben los consumidores y el costo en que incurre la sociedad. Así, es necesario contar con una teoría, que bajo ciertos supuestos, permita definir beneficios y costos de un proyecto.

1.2.1 Excedente del Consumidor.

Supongamos que se tiene la curva de demanda D por un bien i , que se vende en el mercado a precio p_i y se consume en una cantidad X_i . La curva de demanda es la relación entre el precio p_i que los consumidores están dispuestos a pagar por una cantidad X_i del bien i (Fig.1.1).

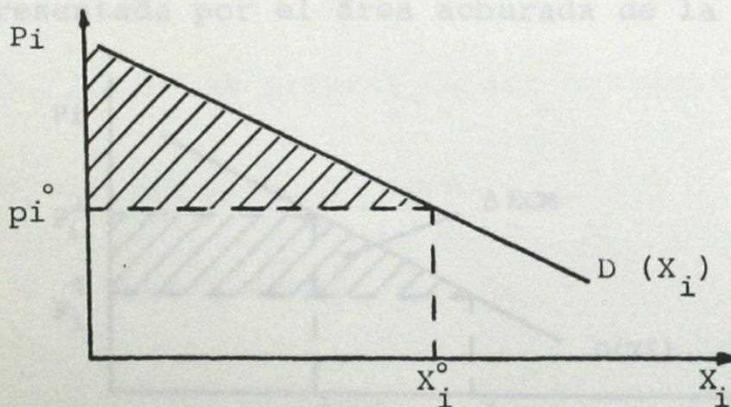


Fig.1.1 Función de demanda del bien X_i , disponibilidad a pagar y excedente del consumidor.

El área bajo la curva de demanda representa la disponibilidad total a pagar (A) por la cantidad X_i del bien, y se puede expresar por:

$$A = \int_0^{X_i} p_i \cdot dX_i$$

Sin embargo, la cantidad realmente pagada (B) por los consumidores es:

$$B = p_i^0 \cdot X_i^0$$

Se define el "Excedente del Consumidor Marshalliano" (ECM) como "el pago en exceso que un individuo habría estado preparado a hacer con respecto al pago real de ese bien", que está dado por la diferencia $A - B$, luego

$$ECM = \int_0^{X_i} p_i \cdot dX_i - p_i^0 \cdot X_i^0 \quad (1.1)$$

y está representada por el área achurada de la Fig. 1.1. Además, si el precio del bien i experimenta una disminución Δp_i , la variación del excedente del consumidor (ΔECM) es :

$$\Delta ECM = - \int_{p_i^0}^{p_i^1} X_i dp_i \quad (1.2)$$

y está representada por el área achurada de la Fig. 1.2.

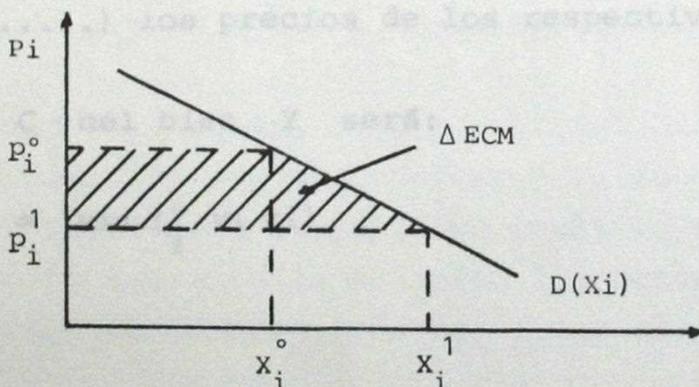


Fig.1.2.- Variación del Excedente del Consumidor Marshalliano.

Considerando el siguiente supuesto: la utilidad (U^h) que percibe un individuo por la adquisición de una canasta de bienes, dependerá solamente de qué bienes se trata y la cantidad (X_i) de ellos, es decir:

$$U^h = U^h (X_1^h, X_2^h, \dots) ; \quad (1.3)$$

en otras palabras, la utilidad de un individuo no depende del nivel de utilidad del resto de los individuos. Aceptar este supuesto es equivalente a aceptar que podemos medir el bienestar social de un proyecto por el beneficio agregado que reporta a los consumidores, sin importar quién recibe dicho beneficio, o bien, que el problema de distribución del beneficio es abordado por otras medidas económicas que exceden el ámbito del proyecto. En tal caso, el ECM constituye la mejor medida de los beneficios del proyecto.

1.2.2. Costos Sociales (CS).

Por definición, el costo de producción de un determinado bien Y, es el mínimo nivel de gasto en que debe incurrir una empresa para producirlo, dado un nivel de precios de insumos W.

Sean $X = (X_1, X_2, \dots)$ los insumos de producción y $W = (W_1, W_2, \dots)$ los precios de los respectivos insumos, entonces el costo C del bien Y será:

$$C = \text{Min} \left\{ \sum_i W_i X_i \right\}$$

o bien

$$C = \text{Min} W \cdot X^T$$

donde X es el vector de insumos.

Sin embargo, para realizar un estudio de costos sociales, el vector de precios W debe reflejar el costo que significa para la economía la utilización de los recursos X_i en la producción del bien Y, que se conoce como "precios sombra". Este vector de precios, en general, es diferente a los precios correspondientes del mercado.

1.2.3. Máximo Bienestar Social.

Hasta aquí, se cuenta con las herramientas necesarias para poder determinar el BS, que son: el beneficio social medido como el excedente del consumidor (ECM) y, el costo social de producción (CS). (Solo en el caso en el que $CM_{gs} = cte = p$)

El objetivo de máximo bienestar social se expresa como:

$$\text{Máx (Beneficio Social - Costo Social)}$$

o bien,

$$\text{Máx (ECM - CS)} \tag{1.4}$$

En general, el resultado de la ecuación 1.4 estará sujeta a un conjunto de restricciones.

1.2.4. Regla de Precio igual a Costo Marginal.

Según el teorema fundamental del bienestar, si las preferencias individuales son monótonicas y la función de tecnología es convexa, el equilibrio competitivo constituye un óptimo en sentido Pareto. En tal caso la ecuación 1.4 conduce a la regla: el precio de mercado de un bien debe ser igual al costo marginal de producción.

En efecto, la disponibilidad total a pagar está representada por el área bajo la curva de demanda y los costos de producción (C (x)) por el área bajo la curva de costos marginales. Luego, la expresión 1.4 puede escribirse como:

$$\text{Máx } \left\{ \int_0^{x_i} p_i dx_i - C(x_i) \right\} \tag{1.5}$$

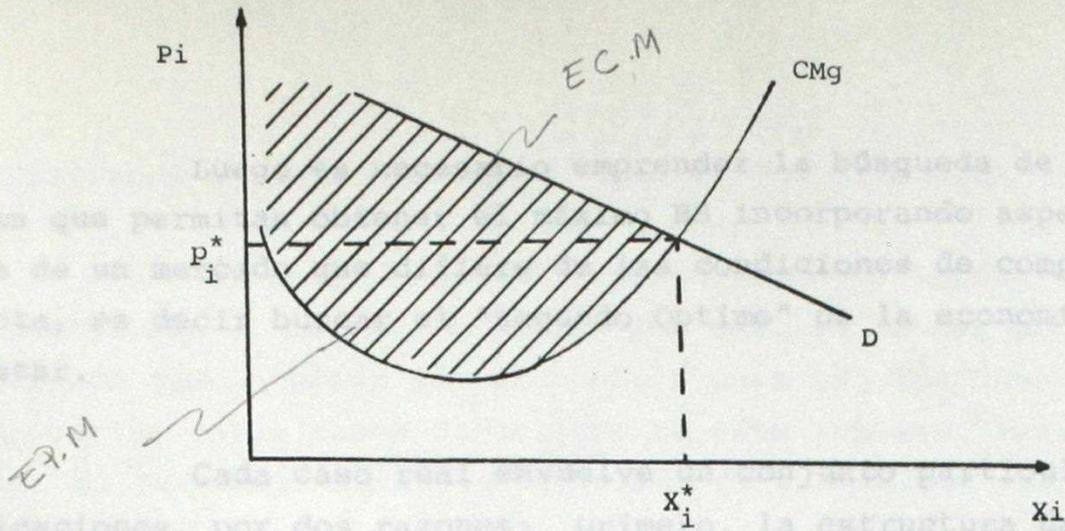


Fig. 1.3.- Optimo Social en condiciones de competencia perfecta.

o bien, (1.6)

$$\text{Máx} \left\{ \int_0^{x_i} p_i \cdot dx_i - \int_0^{x_i} \frac{\delta C(x_i)}{\delta x_i} dx_i \right\}$$

donde $\frac{\delta C(x_i)}{\delta x_i}$ es el costo marginal de producción.

En forma gráfica, se puede ver en la Fig.1.3 que la expresión 1.6 está representada por el área achurada y alcanza un máximo cuando el precio es igual al costo marginal (p_i^*)

1.3 Análisis de Segundo Optimo.

1.3.1. Introducción.

En un mercado real, difícilmente se logran las condiciones mencionadas en el punto 1.2.4 debido a la presencia de externalidades, bienes públicos, economías de escala, etc. En este caso, precios iguales a costo marginal puede no ser el resultado de equilibrio en algunos mercados.

Además, la existencia de bienes sustitutos y complementarios conduce a la necesidad de considerar los efectos en la demanda y la producción de todos los bienes relacionados. En otras palabras, cuando se afecta la demanda o la producción de un bien, el nuevo equilibrio afecta a los mercados de bienes relacionados.

Luego es necesario emprender la búsqueda de nuevas reglas que permitan obtener el máximo BS incorporando aspectos reales de un mercado que difiere de las condiciones de competencia perfecta, es decir buscar el "Segundo Optimo" de la economía del bienestar.

Cada caso real envuelve un conjunto particular de complicaciones, por dos razones: primero, la estructura de producción y marketing varía enormemente de un caso a otro, y segundo, muy a menudo ciertos parámetros importantes son desconocidos y pueden ser estimados solamente en forma aproximada. En estos casos es necesario establecer un elaborado modelo, el cual requiere que los parámetros sean conocidos con precisión. Es preferible pretender avanzar en la dirección correcta que pretender encontrar el óptimo que es imposible de conocer.

El siguiente paso de este análisis es establecer un conjunto de supuestos que estarán presentes en el desarrollo de la regla de Segundo Optimo.

- 1.- "La distribución real del ingreso no le concierne a la empresa pública, luego debe actuar como si la distribución fuese siempre ideal".
- 2.- "El cliente tiene siempre la razón".
- 3.- "No existen, salvo que se especifique, externalidades de producción ni de consumo".
- 4.- "Lo que no se conoce debe ignorarse"(Turvey, 1971).

Estos supuestos, en conjunto, implican que el beneficio social generado por una empresa pública, es medido por la disponibilidad a pagar de los consumidores y el costo monetario difiere de su Costo Social solamente por las externalidades específicas y la diferencia conocida entre el precio de los insumos y el valor de su productividad en otros usos.

El primer supuesto permite liberar a la regla de Segundo Optimo del problema de distribución del ingreso, el cual evidentemente

te trasciende al marco económico general que se modela.

Por otra parte, el segundo supuesto impone restricciones superiores al modelo, toda vez que existan bienes presentes en el mercado que, a pesar de ser nocivos para la vida humana, son de mandados; en tales casos la validez de este supuesto resulta discutible. El tercero, indica la necesidad de explicitar las externalidades.

Finalmente, el cuarto y último supuesto encausa los estudios de Segundo Optimo en una perspectiva más aplicada.

1.3.2. Regla de Tarificación de Segundo Optimo: El caso de Transporte.

La mayor parte de la discusión sobre precios óptimos en empresas públicas que se puede encontrar en la literatura, es concebida en términos de análisis de equilibrio general. A pesar de su elegancia intelectual, esta aproximación no se hará aquí; por el contrario interesa derivar reglas de comportamiento para empresas públicas que maximicen el BS, o bien que sus actividades disminuyan el CS, considerando el medio en el cual trabajan. Así, las reglas solamente pueden cubrir aspectos bajo su control.

El siguiente desarrollo tiene tres características:

"se refiere a segundo óptimo, es con equilibrio parcial más que general y es una aproximación "gruesa y rápida de aplicar"(Turvey, 1971). Se analiza el caso de una empresa pública que produce un solo producto i , en una cantidad X_i , a un costo marginal CM_{gi} , el cual se vende a los consumidores finales a un precio p_i . Varios productos j vendidos a consumidores finales por empresas privadas están muy relacionados en demanda. En la figura 1.4 se muestra un esquema de este proceso productivo.

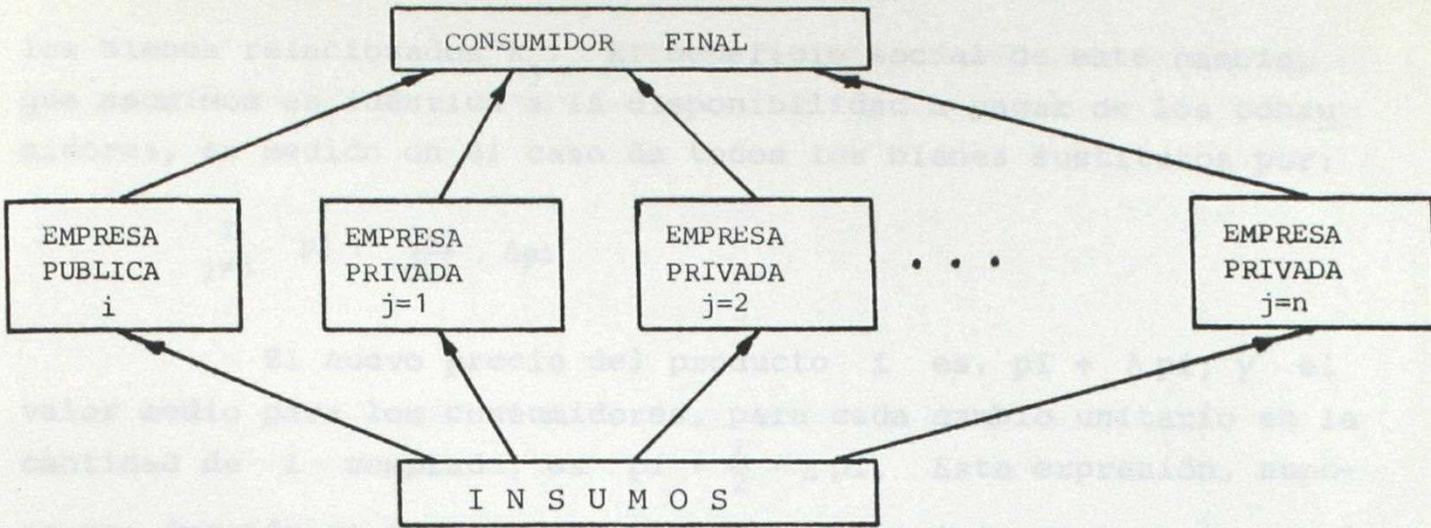


Fig. 1.4.- Esquema del caso de una empresa pública y varias empresas privadas relacionadas en demanda.

El caso descrito es usual en Transporte Urbano donde se dan las condiciones de presencia de empresas públicas, debido a la necesidad de grandes inversiones, por ejemplo el Metro de Santiago y, por otra parte, la existencia de empresas privadas que utilizan tecnologías de menor costo de inversión (buses, taxis, etc.).

En su libro "Economic Analysis and Public Enterprises" (1971), Ralph Turvey expone los supuestos anteriormente descritos y desarrolla una regla de Segundo Optimo para el caso de una empresa pública y varias empresas privadas relacionadas en demanda. A continuación se expone su desarrollo y consideraciones principales.

El problema se plantea de la siguiente forma; suponiendo conocidas las preferencias individuales de los consumidores, por ejemplo por su función de demanda, y las funciones de costo social de producción, se desea determinar el precio (p_i) cargado a los consumidores por la empresa pública, de tal forma de obtener el máximo BS.

En orden a derivar las condiciones marginales (de primer orden) para optimizar p_i , consideremos el efecto de pequeñas variaciones en este precio, Δp_i . Este afectará no solamente la cantidad vendida del producto i , X_i , sino también la cantidad vendida de

los bienes relacionados X_j . El beneficio social de este cambio, que asumimos es idéntica a la disponibilidad a pagar de los consumidores, es medido en el caso de todos los bienes sustitutos por:

$$\sum_{j \neq i} p_j \cdot \frac{\delta x_j}{\delta p_i} \cdot \Delta p_i$$

El nuevo precio del producto i es, $p_i + \Delta p_i$, y el valor medio para los consumidores, para cada cambio unitario en la cantidad de i comprada, es $p_i + \frac{1}{2} \cdot \Delta p_i$. Esta expresión, supone una función de demanda lineal en el rango $(p_i, p_i + \Delta p_i)$, y el grado de aproximación dependerá del valor de Δp_i y de la divisibilidad del producto i .

Sumando las variaciones del beneficio social de los consumidores de i y j se obtiene el beneficio social del cambio Δp_i , que se ha medido por la variación del excedente del consumidor ΔECM ; esto es,

$$\Delta ECM = \left\{ \left(p_i + \frac{1}{2} \Delta p_i \right) \frac{\delta x_i}{\delta p_i} + \sum_{j \neq i} p_j \cdot \frac{\delta x_j}{\delta p_i} \right\} \Delta p_i \quad (1.7)$$

La definición de excedente del consumidor, asume que el efecto ingreso de una variación del precio p_i sobre las compras del bien i y otros bienes, es nulo; luego, la ecuación 1.7 es una buena aproximación de la variación de BS mientras menor es la proporción del ingreso del consumidor invertida en el producto i . La magnitud de la aproximación es el valor absoluto de la elasticidad ingreso de la demanda por los productos i y j .

Por otra parte, el efecto sobre los costos sociales de los cambios sobre el bien producido es más simple. Si $C(X_i)$ es la función de costo social de producción del vector $x = \{x_j\}$, y CMg_j el costo marginal asociado, entonces la variación del costo social ΔCS está dada por:

$$\Delta CS = CMg_i \cdot \frac{\delta x_i}{\delta p_i} \cdot \Delta p_i + \sum_{j \neq i} CMg_j \cdot \frac{\delta x_j}{\delta p_i} \cdot \Delta p_i \quad (1.8)$$

Asi, la variación aproximada neta del bienestar social (W) se obtiene de la diferencia entre 1.7 y 1.8, esto es:

$$W = \left\{ (p_i + \frac{1}{2} \Delta p_i - CMg_i) \frac{\delta x_i}{\delta p_i} + \sum_{j \neq i} (P_j - CMg_j) \frac{\delta x_j}{\delta p_i} \right\} \Delta p_i \quad (1.9)$$

El bienestar social es máximo a un nivel p_i tal que se cumple $\frac{\delta W}{\delta p_i} = 0$, esto es, cuando la expresión en paréntesis de la ecuación 1.9 se hace nula. Aceptando que las variaciones en el precio del bien en cuestión, Δp_i , son pequeñas, se puede suponer que el término $\frac{1}{2} \Delta p_i$ es despreciable. En tal caso, resolviendo para p_i se obtiene:

$$p_i = CMg_i - \overbrace{\left(\frac{\delta x_i}{\delta p_i} \right)^{-1}}^{<0} \cdot \sum_{j \neq i} \overbrace{(P_j - CMg_j)}^{>0} \cdot \overbrace{\frac{\delta x_j}{\delta p_i}}^{>0} \quad (1.10)$$

que es la regla general de precio para el bien i . El precio calculado por esta regla lo llamaremos "tarifa óptima social".

Si el precio de cada uno de los productos restantes fue se idéntico a su costo marginal social, entonces la tarifa óptima social coincide con su costo marginal, cumpliéndose el teorema fundamental de la economía del bienestar, descrito en el punto 1.2.4. Por otra parte, dado que j son productos sustitutos de i , esperamos que $\delta x_j / \delta p_i > 0$ y que la elasticidad precio de la demanda ($\delta x_i / \delta p_i$) sea negativa, entonces p_i deberá exceder CMg_i si los precios de los bienes sustitutos P_j exceden su CMg_j , y viceversa. Además, distorsiones del precio con respecto al costo marginal en mercados complementarios tienen efecto contrario debido a que $\frac{\delta x_j}{\delta p_i} < 0$.

La ecuación 1.10 contiene el término p_i en la expresión de la mano derecha, luego la tarifa óptima social debe, en general, hallarse en forma iterativa.

La aplicación de la ecuación 1.10 requiere definir con precaución los plazos a considerar en el estudio de costo; en particular consiste en definir costos fijos y variables para un horizonte de tiempo. A pesar que este problema puede ser de larga discusión, al menos debe quedar explícita la necesidad de plazos consistentes en los estudios de costo de los productos i y j .

1.4.- Aplicación de la Regla de Tarificación Óptima Social.

En este estudio realizaremos una aplicación de la regla de Tarificación Óptima Social, para el caso de transporte urbano de pasajeros, donde es común encontrar la estructura de empresas públicas y privadas descritas en el punto 1.3.2.

En los países en desarrollo, y en particular en Chile, la práctica común en materia de tarificación es la de estudiar los costos relacionados exclusivamente con ese modo de transporte, sin considerar la interacción con el resto de los modos, entre los cuales existe una estrecha relación de demanda. En efecto, en la mayoría de las ciudades, los usuarios deben elegir entre un conjunto de alternativas (modos de transporte), tales como: Locomoción Colectiva de Superficie (LCS), taxis, metro, automóvil particular, etc., los cuales constituyen modos sustitutos. En esta ocasión, intentaremos levantar esta limitación incorporando los efectos de elasticidades cruzadas en una aplicación del modelo descrito en el párrafo anterior.

1.4.1.- Localización de la Aplicación.

Estimaremos tarifas óptimas sociales para L.C.S.⁽¹⁾ para un conjunto de zonas de Santiago y en un período particular. Consideraremos los viajes con origen en la zona Nor-Oriente de la ciudad (Comuna Las Condes y Providencia) y destino Centro de Santiago.

La presencia del Cerro San Cristóbal y el Río Mapocho,

(1) En la ciudad de Santiago, la L.C.S. la constituyen Buses y Taxibuses.

obligan la generación de ejes de tránsito en dirección Oriente-Poniente y la escasa presencia de viajes en dirección Norte-Sur, dando origen a lo que denominaremos el corredor "Las Condes - Centro" (Ver figura 1.5). Además, en esta aplicación se consideran solamente los viajes en el período "punta mañana", comprendido entre las 7:30 y 9:30 hrs. En este período, el sentido predominante del flujo vehicular es de Oriente a Poniente, principalmente debido a que las comunas de Las Condes y Providencia son residenciales y, por otra parte, el Centro constituye una gran aglomeración de actividades laborales, generándose una cantidad importante de viajes con motivo trabajo.

En una descripción del corredor, es interesante destacar que, en el orden de Oriente a Poniente, se compone de las Comunas Las Condes, Providencia y Centro. La primera, es una comuna muy residencial de amplias avenidas, jardines y construcción reciente, sus habitantes pertenecen a los estratos socioeconómicos "medio" y "alto" constituyendo una de las comunas de mayor ingreso medio del país; desde el punto de vista de transporte de pasajeros es un importante centro generador de viajes (en el período punta mañana). Providencia en cambio, comparte características residenciales y comerciales, tiene amplias avenidas y constituye un centro generador viajes al Centro (período punta mañana), pero también atrae viajes con motivo trabajo y compras; además, es una zona típica de paso para la comuna Las Condes. La zona Centro está limitada por la Avda. Alameda al Sur, Avda. Ochagavía (Panamericana) al Poniente y Río Mapocho al Norte formando el denominado "Triángulo Central". Su construcción es antigua y en su mayor parte edificios destinados a oficinas, su red vial, de forma reticular, se compone de calles angostas (2 ó 3 pistas) lo que provoca un problema de congestión, agravado por la presencia de flujos peatonales, estacionamiento sobre la calzada y gran afluencia de buses.

1.4.2.- Presentación del Problema.

Abordaremos el problema de tarificación de L.C.S., considerando los efectos sobre el resto de los modos de transporte de pasajeros, utilizando la ecuación 1.10 en una aplicación para el corredor Las Condes-Centro en el período punta mañana.

Hasta aquí, hemos definido parcialmente el producto de transporte; en efecto, su definición general es:

$$Y = \{ Y_{ij}^{kt} \} \quad (\text{ver apuntes S.Jara, 1982}) \quad (1.11)$$

donde i y j denotan el origen y destino del viaje respectivamente, es decir, i será alguna zona de Providencia o Las Condes y j la zona Centro. En orden a realizar un análisis tarifario que discrimine entre diferentes orígenes para un mismo destino; en la figura 1.6 se definen ocho zonas de origen⁽¹⁾ al interior de las Comunas Providencia y Las Condes. La variable k representa el bien transportado y, finalmente, t representa el período de análisis, que en nuestro caso será el período punta mañana. Es decir, para un análisis de tarifas óptimas en la ciudad de Santiago, la dimensión del vector producto de transporte puede ser enorme dependiendo de la zonificación de orígenes y destinos. La definición de orígenes y destinos y la elección del período punta mañana constituye, por lo tanto, una limitación en nuestro análisis.

En el capítulo siguiente se realiza un estudio de costos sociales para los modos de transporte de pasajeros más relevantes, incluyendo los costos derivados de externalidades de transporte. También se mostrarán los costos en que incurren otras tecnologías no disponibles aún para los usuarios. El Capítulo 3, aborda el problema de la demanda, utilizando un modelo desagregado de partición modal que cumple con las restricciones señaladas del producto de transporte en esta aplicación y se derivan expresiones para las elasticidades propias y cruzadas de la demanda que se utilizan en el

(1) La razón de esta definición proviene del modelo de demanda aplicado. Ver Capítulo 3.

modelo de tarificación. El cuarto capítulo contiene los resultados de la aplicación del modelo de tarifa óptima social y un análisis de los beneficios de tarificar en forma óptima. Por último, en el Capítulo 5 se realiza una discusión de los aspectos metodológicos y prácticos del modelo de tarificación óptima social.

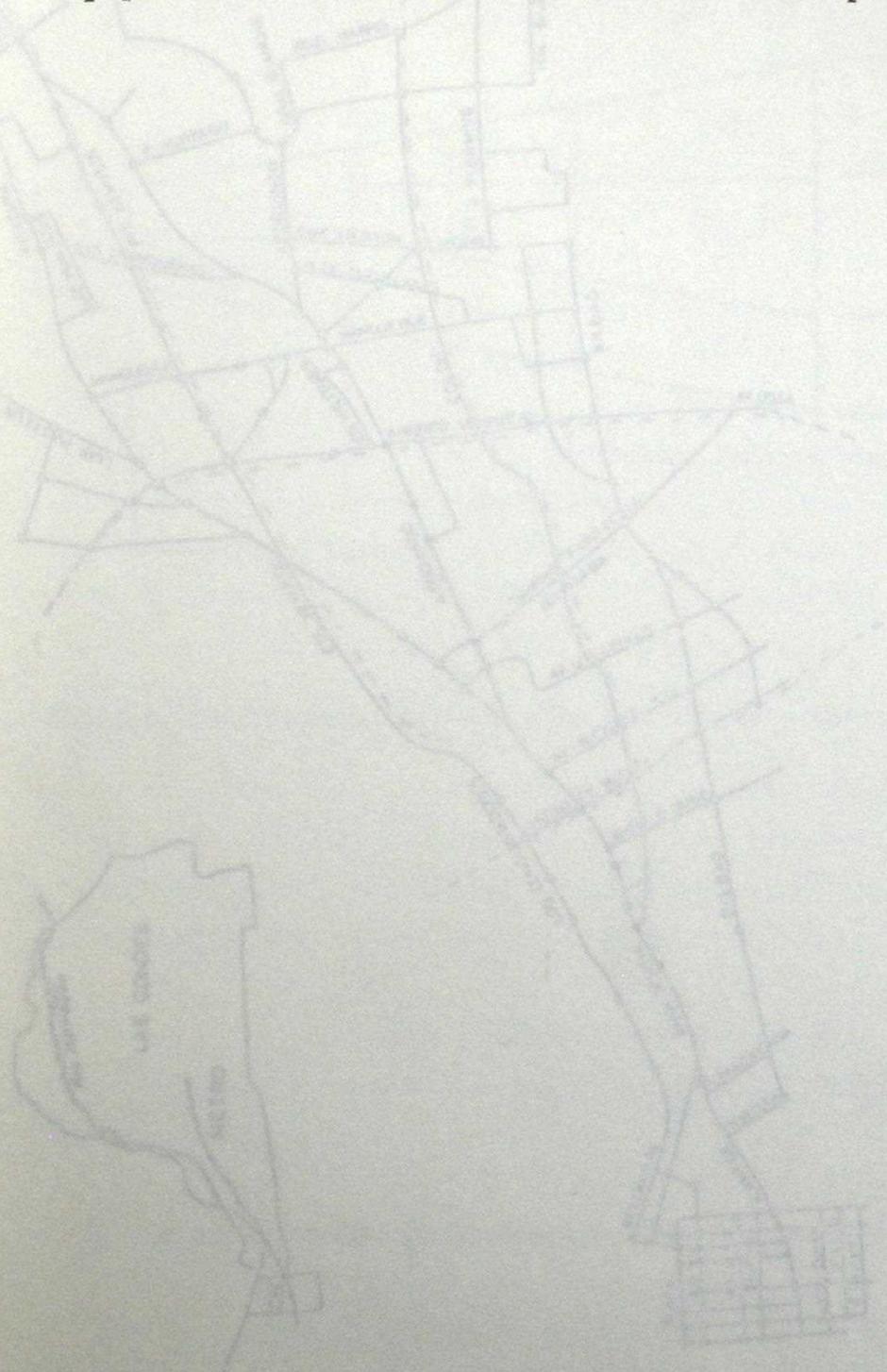


Fig. 1.5. - EL CORREDOR LAS CUJONES - CANTÓN
(1) La red del corredor (Fig. 1.6). Fue proporcionada por Partido Bol...

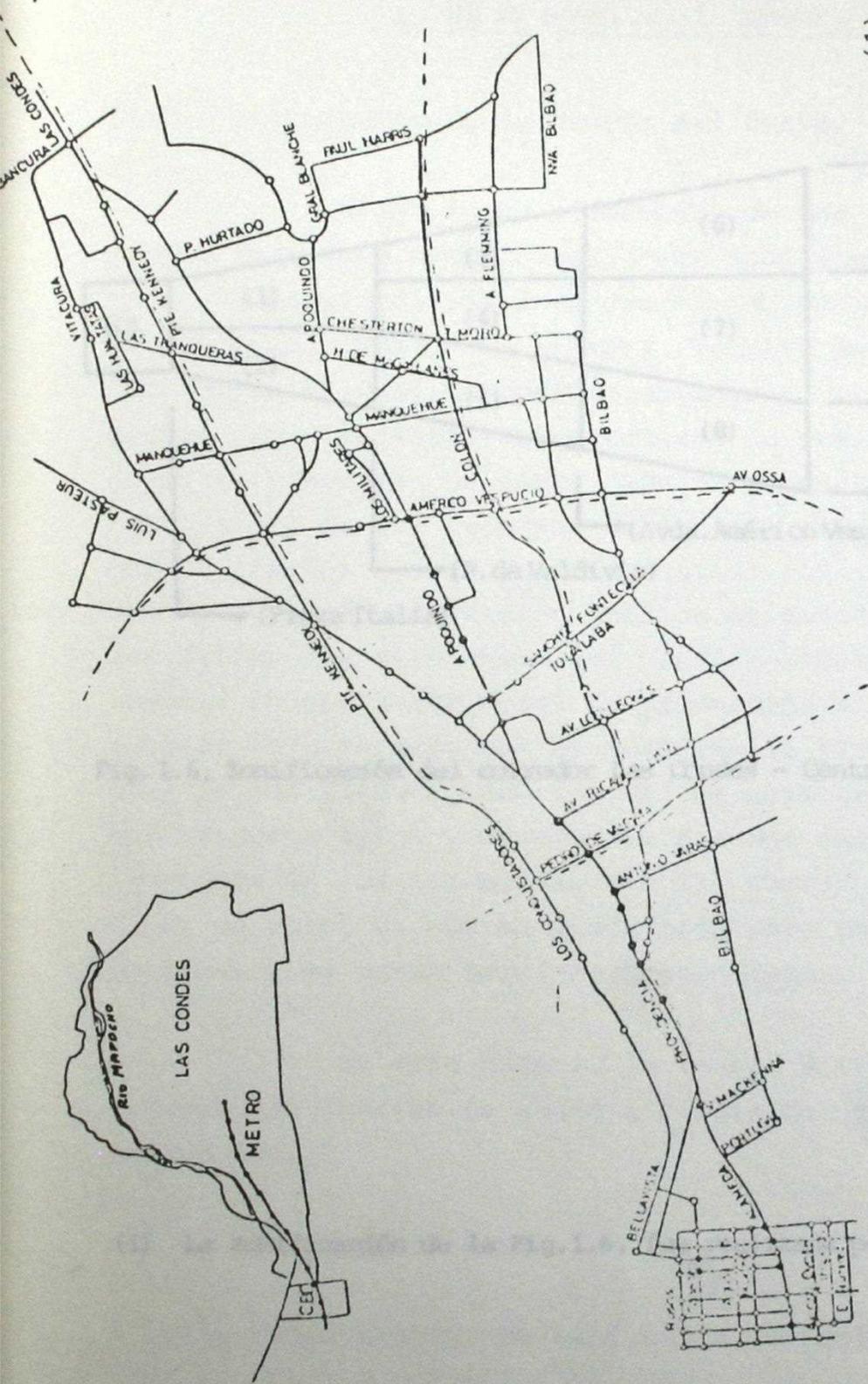


Fig. 1.5.- EL CORREDOR LAS CONDES - CENTRO (1)

(1) La red del Corredor (Fig.1.5) fue proporcionada por Patricio Donoso.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE TIPO DE LOS DIVERSOS MODELOS

1.1.1.- Introducción a la Teoría del Costo.

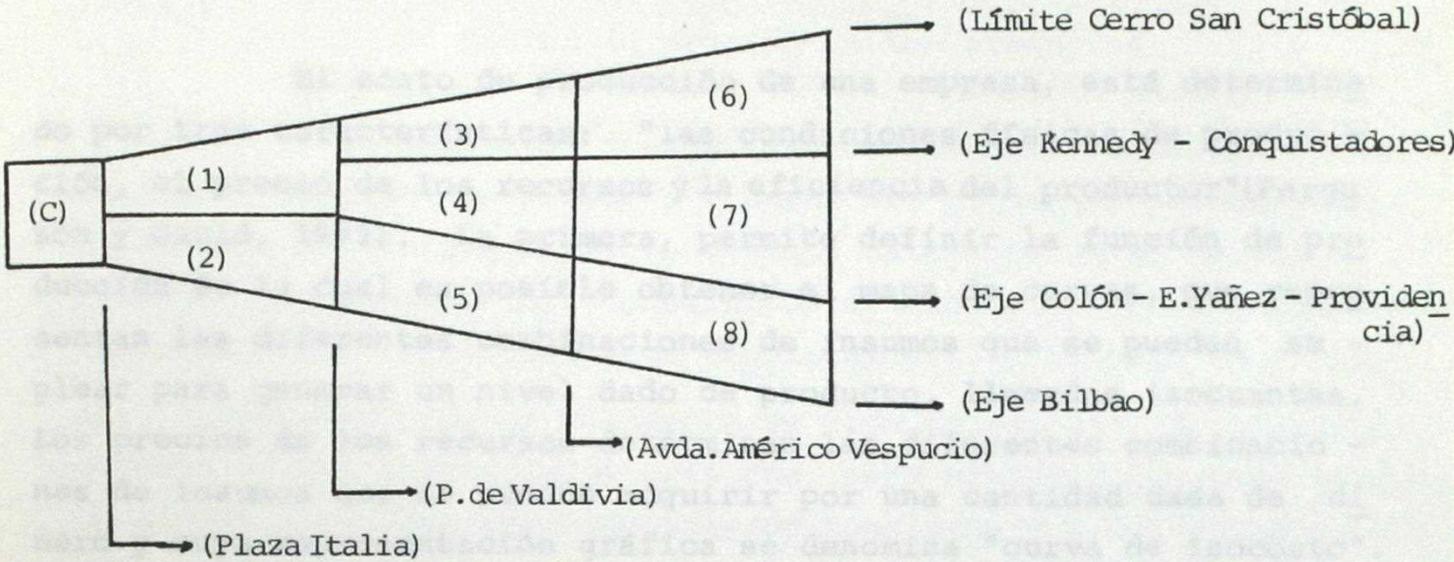


Fig. 1.6. Zonificación del corredor Las Condes - Centro, ⁽¹⁾

(1) La zonificación de la Fig. 1.6, fue realizada por Gloria Hutt.

1.1.1.- Continuación de la Teoría del Costo.

En el análisis que sigue, se define:

C A P I T U L O 2

ANALISIS DE COSTO DE LOS DIVERSOS MODOS

2.1.- Introducción a la Teoría del Costo.

El costo de producción de una empresa, está determinado por tres características: "las condiciones físicas de producción, el precio de los recursos y la eficiencia del productor" (Ferguson y Gould, 1975). La primera, permite definir la función de producción de la cual es posible obtener el mapa de curvas, que representan las diferentes combinaciones de insumos que se pueden emplear para generar un nivel dado de producto, llamadas isocuantas. Los precios de los recursos determinan las diferentes combinaciones de insumos que se pueden adquirir por una cantidad dada de dinero y cuya representación gráfica se denomina "curva de isocosto". Por último, la eficiencia del productor determina la combinación de insumos en cualquier nivel de producción, mediante el principio de igualar la tasa marginal de sustitución técnica a la razón de precios de los insumos, con lo cual se obtiene un máximo de producción con un costo total y precios de insumos dados. Así, cada punto de tangencia de las isocuantas con las curvas de isocosto deberá determinar un nivel de máxima producción para un conjunto de recursos disponibles y el costo total correspondiente.

De esta manera, la teoría microeconómica introduce el concepto de función de costo a partir del proceso tecnológico de producción.

2.2.- Funciones de Costo.

2.2.1.- Construcción de la Función de Costo.

En el análisis que sigue, se define :

$X = X_1, X_2, \dots, X_n$; el vector de insumos;
 Y , el nivel de producción (escalar);
 T , conjunto tecnológicamente factible;
 W , el vector de precios de los insumos, y
 p , el vector de precios de los productos.

La expresión "conjunto tecnológicamente factible" indica que, el nivel de producto Y puede ser producido por el vector de insumos X , utilizando la tecnología existente en el mercado. Pensemos por ejemplo en la producción de azúcar, y , para simplificar, supongamos que los insumos son remolacha (X_1) y trabajo (X_2); además, la empresa produce solamente un tipo de azúcar. El empresario dispone de una cierta maquinaria que, para producir 100 toneladas de azúcar, necesita 200 toneladas de remolacha y 1.000 horas-hombre. En este caso, $Y = 100$ ton. puede ser producido por un vector de insumos $X = \{X_1, X_2\}$, sí y sólo sí, $X_1 \geq 200$ ton. y $X_2 \geq 1.000$ horas-hombre, entonces se puede escribir:

$$(X, Y) \in T.$$

La función de producción $f(x)$ puede expresarse como:

$$f(x) = \{ \text{Máx } Y / (x, y) \in T \} \quad (\text{ver Jara Díaz, S. 1981})$$

y representa el uso tecnológico óptimo de los insumos. Esta función debe cumplir con dos condiciones:

a) $(x, y) \in T, x' > x, (x', y') \in T \rightarrow Y' \geq Y,$

que se lee: Se tiene un elemento tecnológicamente factible (x, y) , si al aumentar el vector de insumos (es decir, un aumento en uno o más de los elementos que componen el vector), se genera un conjunto factible (x', y') , entonces el nuevo nivel de producción Y' será mayor, o al menos igual, que el nivel de producto inicial Y . Es decir, la función de producción es estrictamente creciente.

b) $(0, Y) \in T \iff Y = 0$

es decir, si no existen recursos el único nivel de producción, factible con la tecnología, es nulo.

La figura 1.2 muestra una forma típica de la función $f(x)$.

La representación gráfica de la función de producción, para un nivel de producto y^0 , da origen a la curva llamada isocuanta, dibujada en la figura 2.2. El punto A, pertenece a la tecnología y es una combinación de insumos eficiente por cuanto no es posible disminuir ambos insumos a la vez, manteniendo el nivel de producción y^0 . Por otra parte, los puntos que pertenecen al área achurada constituyen combinaciones de insumos tecnológicamente factibles para producir y^0 , sin embargo son ineficientes. El punto B no es comparable con A; sólo se puede comparar con puntos de la isocuan

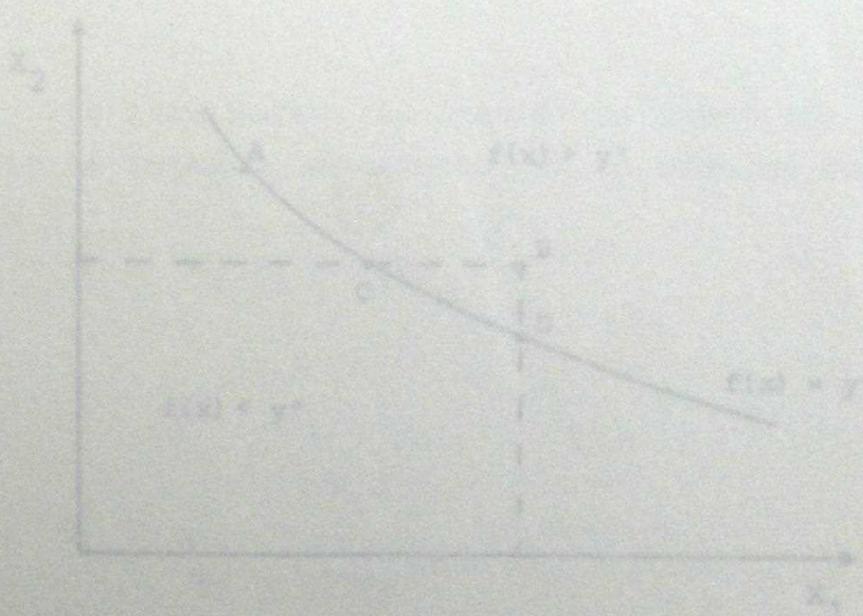


Figura 2.2 - Isocuan

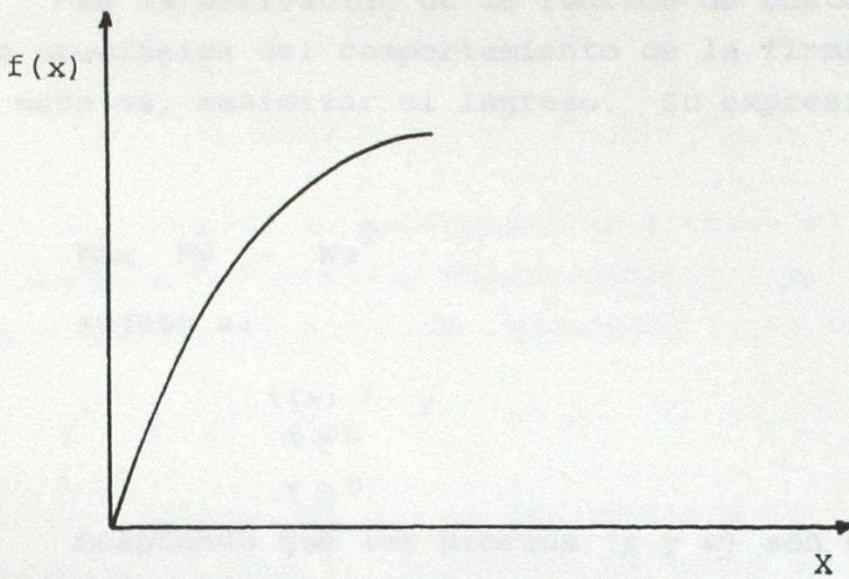


Figura 2.1.- Función de producción.

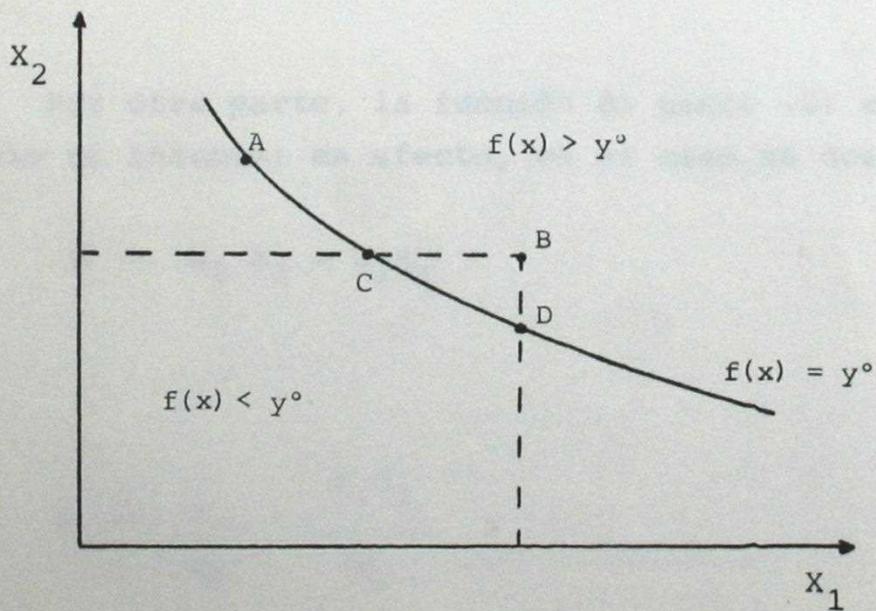


Figura 2.2.- Isocuanta típica.

En la derivación de la función de costo se utiliza la concepción neoclásica del comportamiento de la firma (Jara S., 1982. Apuntes); esto es, maximizar el ingreso. Su expresión matemática es:

$$\text{Máx } Py - Wx^T \quad (2.1)$$

sujeto a:

$$\begin{aligned} f(x) &\geq Y \\ x &\geq 0 \\ y &\geq 0 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Aceptando que los precios (p y w) son exógenos, es decir, están fijados por el mercado en competencia perfecta o bien en forma arbitraria, entonces, para un nivel también fijo de producción, el producto Py es constante y la función objetivo del problema 3.1 se reduce a minimizar el gasto (Wx^T). Esto es,

$$\text{Min } Wx^T \quad (1) \quad (2.2)$$

sujeto a:

$$f(x) \geq Y$$

Por otra parte, la función de gasto (G) es una recta en el espacio de insumos; en efecto, en el caso de dos insumos:

$$G = W_1 X_1 + W_2 X_2$$

o bien,

$$X_2 = \frac{G}{W_2} - \frac{W_1 X_1}{W_2} ;$$

luego habrá un nivel de gasto G_0 , tangente a la isocuanta, que minimiza Wx^T , cumpliéndose la igualdad $f(x)=Y$. Así, el problema 2.2 se puede reescribir:

(1) Para simplificar la escritura, en lo sucesivo no se harán explícitas las restricciones: $x \geq 0$ aún cuando están presentes.

$$\text{Min } Wx^T \tag{2.3}$$

sujeto a:

$$f(x) = Y$$

La solución de este problema entrega el vector de insumos (X^*) denominado "demandas condicionales" como una función del vector de precios W y el nivel de producción Y , es decir:

$$X^* = X^*(W, Y) \tag{2.4}$$

y, para el nivel óptimo del uso de los recursos G_0 es la función de costo de producir el bien Y ; la función de costo es entonces, "el mínimo nivel de gasto que debe incurrir la empresa para producir a un nivel Y , a precios de factores dados", y esta dada por:

$$C(W, Y) = WX^{*T} \tag{2.5}$$

La función de costos se conoce en la teoría microeconómica como "curva de costo total a largo plazo" y es simplemente el equivalente de la ruta de expansión en términos del costo y del volumen de producción.

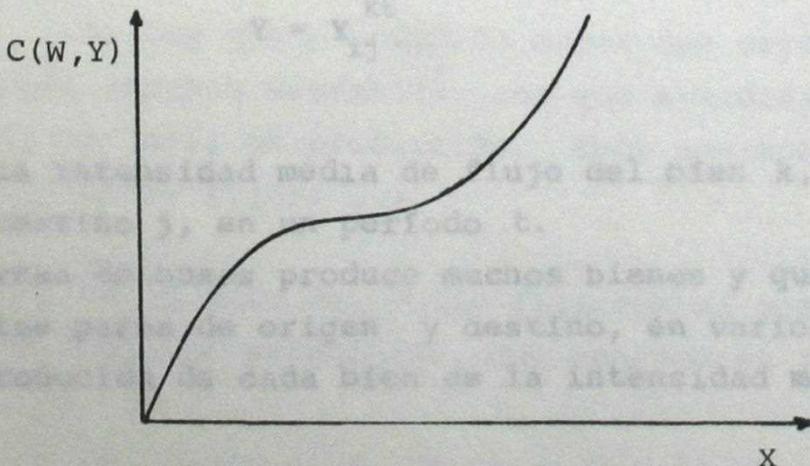


Figura 2.3.- Función de costo total a largo plazo.

En la figura 2.3, se muestra la forma típica de la función de costos. Las propiedades de esta función son:

a) es no decreciente en precios de insumos, es decir; si $W' > W$,
 $C(W', Y) \geq C(W, Y)$;

b) la función de costos es homogénea en grado cero en el vector de precios de insumos W , esto es:

$$C(KW) = C(W), \quad k \in R.$$

En efecto, la razón de precios

de factores (W_1/W_2) se mantiene constante si amplificamos W_1 y W_2 por una constante real cualquiera K ; y, por último,

c) la función de costos es concava en W .

2.2.2.- Análisis de Multiproducción. (1)

El proceso productivo de una empresa de transporte es un caso de multiproducción, es decir, una empresa que produce más de un bien con factores de producción comunes. En efecto, en el capítulo anterior se define el producto de transporte como:

$$Y = Y_{ij}^{kt}$$

que es la intensidad media de flujo del bien k , entre el origen i y el destino j , en un período t .

Una empresa de buses produce muchos bienes y que son viajes entre diferentes pares de origen y destino, en varios períodos y la cantidad producida de cada bien es la intensidad media de flujo Y .

La función de costo de multiproducto puede derivarse como en la sección 2.2, en que el producto Y es un vector de dimensión igual al número de productos que elabore la empresa. El resultado, es una función de costo cuya interpretación matemática es

(1) La teoría de multiproducción en transporte se puede ver en S.Jara Díaz, "Transportation Cost Function: a multiproduct approach", 1981.

un subespacio vectorial de $n+1$ dimensiones (con n dimensiones del vector de producto).

Así, el análisis correcto de funciones de costo de transporte debe utilizar teoría de multiproducción; sin embargo, en este trabajo se harán aproximaciones razonables, debido a que la información necesaria para un estudio de multiproducto no está disponible en las empresas de transporte, siendo el principal obstáculo la estadística de flujos.

2.2.3.- Función de Costo a Corto Plazo.

El análisis del costo total a corto plazo depende de dos proposiciones: a) las condiciones físicas de la producción y los precios unitarios de los insumos determinan el costo de producción correspondiente a cada nivel de producción posible, y b) el costo total se puede dividir en dos componentes: costo fijo y costo variable.

El costo fijo será aquél cuya magnitud permanece constante independientemente del nivel de producción y se representa por una línea horizontal CFT de la figura 2.4; donde se subraya el hecho de que el costo fijo es realmente constante.

Si hay una producción mayor que cero, se deberán emplear también insumos variables, los que a medida que aumentan, crece el costo variable de producción. Esto aparece representado por la curva CVT de la figura 2.4.

De la suma del costo fijo con el costo variable resulta el costo total de producción, que aparece en la curva CT.

Finalmente, "el costo medio total se define como el costo total dividido por el número de unidades producidas".

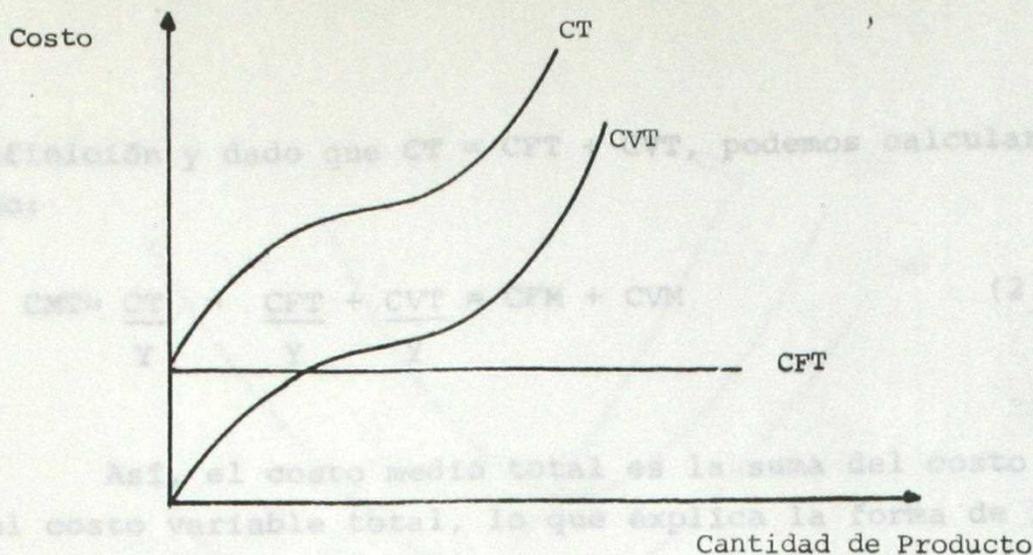


Figura 2.4.- Curvas de costo fijo, variable y total.

Las pendientes de las curvas CVT y CT son iguales en todos los puntos y la distancia vertical que las separa en cada punto es constante e igual al costo fijo.

2.2.4.- Costo Medio y Costo Marginal.

El costo fijo medio es el costo fijo total dividido por el número de unidades producidas.

En la figura 2.5, la curva CFM representa el costo fijo medio; es estrictamente decreciente porque a medida que aumenta la producción la razón entre costo fijo y número de unidades producidas disminuye. Matemáticamente la curva CFM es una hipérbola rectangular.

Análogamente, el costo variable medio se define como "el costo variable total dividido por el número de unidades producidas" (Ferguson y Gould, 1975). Este cálculo genera la curva CVM que, a diferencia de la anterior, no tiene pendiente negativa en toda su extensión. En la figura 2.5, CVM desciende al principio, llega a un mínimo, y luego empieza a ascender.

Finalmente, "el costo medio total es igual al costo total dividido por el número de unidades producidas". De acuerdo con

esta definición y dado que $CT = CFT + CVT$, podemos calcular el CMT como:

$$CMT = \frac{CT}{Y} = \frac{CFT}{Y} + \frac{CVT}{Y} = CFM + CVM \quad (2.6)$$

Así, el costo medio total es la suma del costo fijo total y el costo variable total, lo que explica la forma de la curva CMT.

Por otra parte, el costo marginal es la adición al costo total, imputable a una unidad adicional de producción y se puede expresar como:

$$CMg = \frac{\Delta(CT)}{\Delta Y} ;$$

dado que el costo fijo es constante para cualquier nivel de producción, entonces podemos escribir:

$$CMg = \frac{\Delta(CVT)}{\Delta Y} \quad (2.7)$$

Para un cambio infinitesimal del volumen de producción:

$$CMg = \frac{dC}{dY} \quad (2.8)$$

La forma de esta curva se explica en la teoría de la producción.

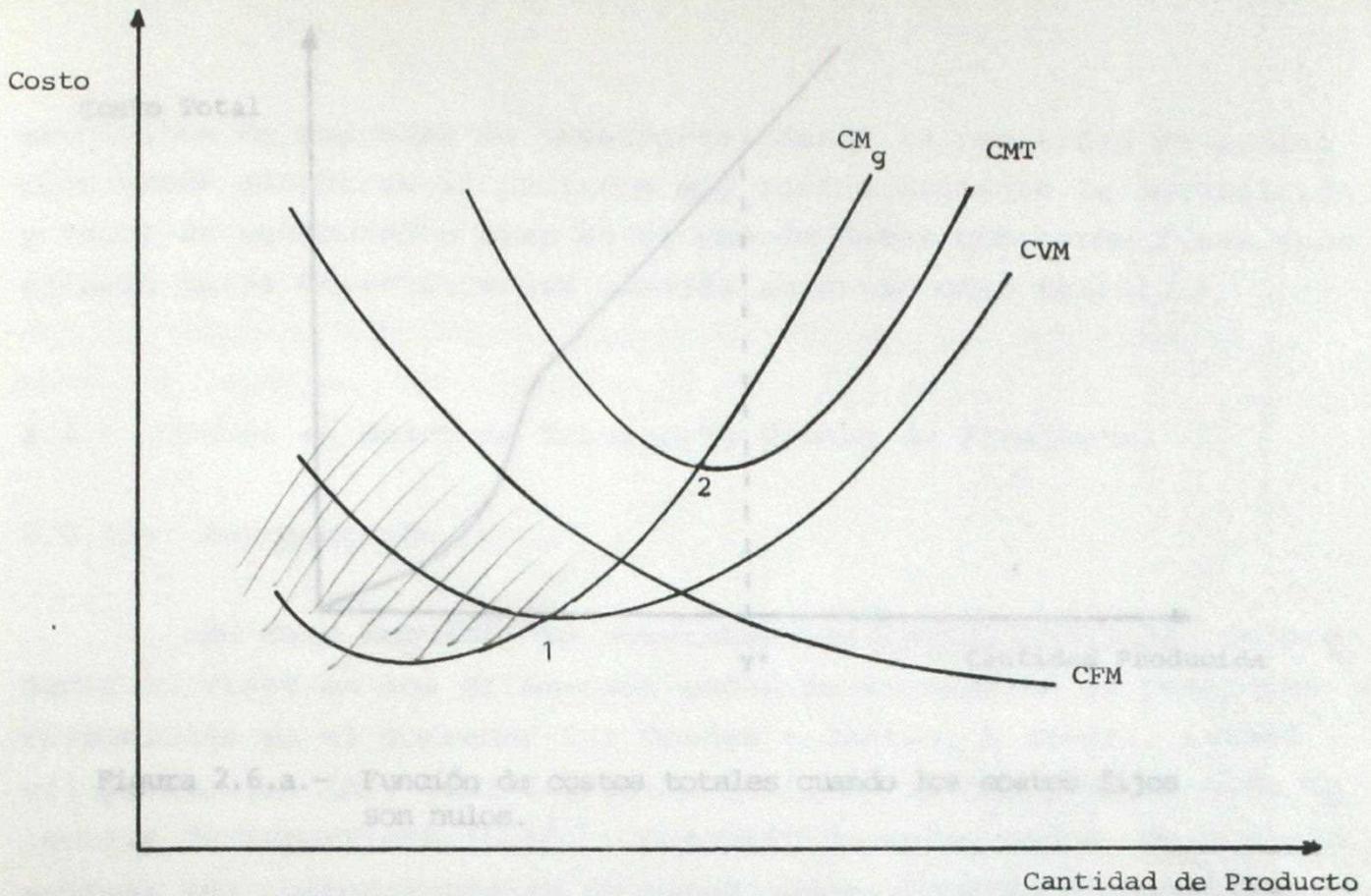


Figura 2.6.a.- Función de costos totales cuando los costos fijos son nulos.

Figura 2.5.- Curvas de costo medio y marginal.

Como se muestra en la figura 2.5, el CM_g es igual a CVM y CMT cuando estas curvas alcanzan su valor máximo (punto 1 y 2 respectivamente).

Bajo ciertas circunstancias, el CVM constituye una buena aproximación al CM_g de producción. En efecto, si los costos fijos pueden considerarse variables, por ejemplo, debido a que es posible adecuar estos gastos al nivel de producción en períodos cortos de tiempo (pensemos por ejemplo en una empresa de taxis colectivos que varía el número de vehículos mes a mes), entonces la forma típica de la función de costos totales tiende rápidamente a una recta y los costos medios son constantes e iguales a la pendiente de la recta anterior (Fig.2.6.a). Luego, la curva de costo marginal asociada tenderá a acercarse a la curva de CVM , como se muestra en la figura 2.6.b; esto, obviamente en un análisis de corto plazo.

Esta aproximación es muy útil en el estudio de costos

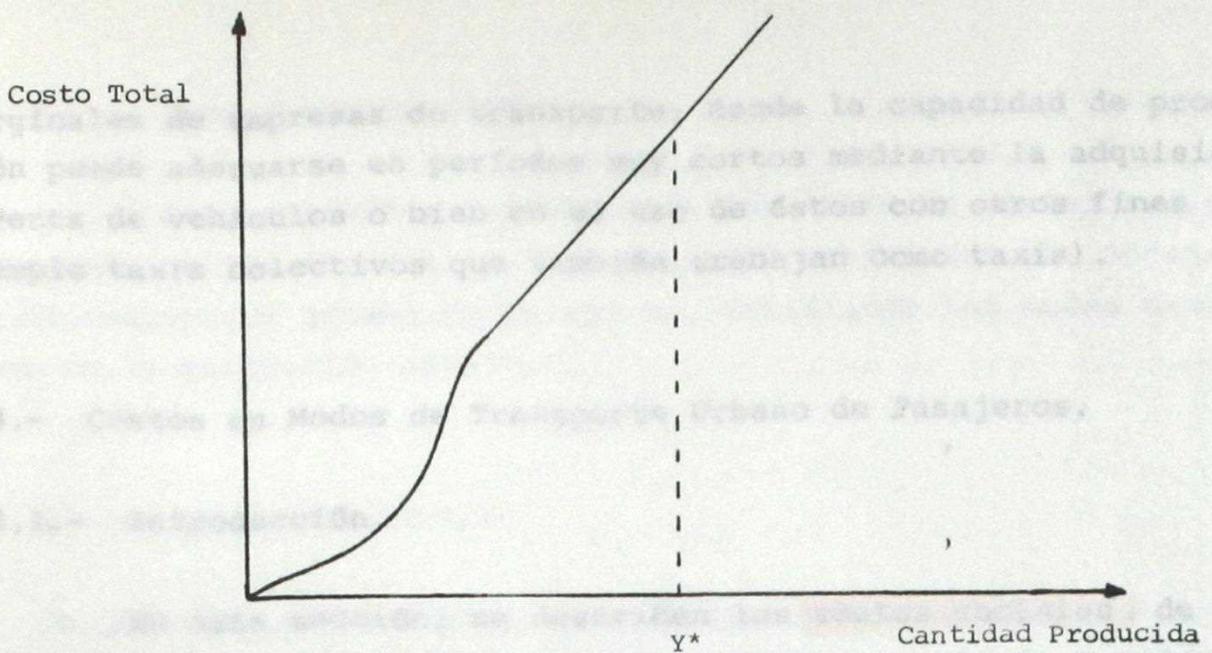


Figura 2.6.a.- Función de costos totales cuando los costos fijos son nulos.

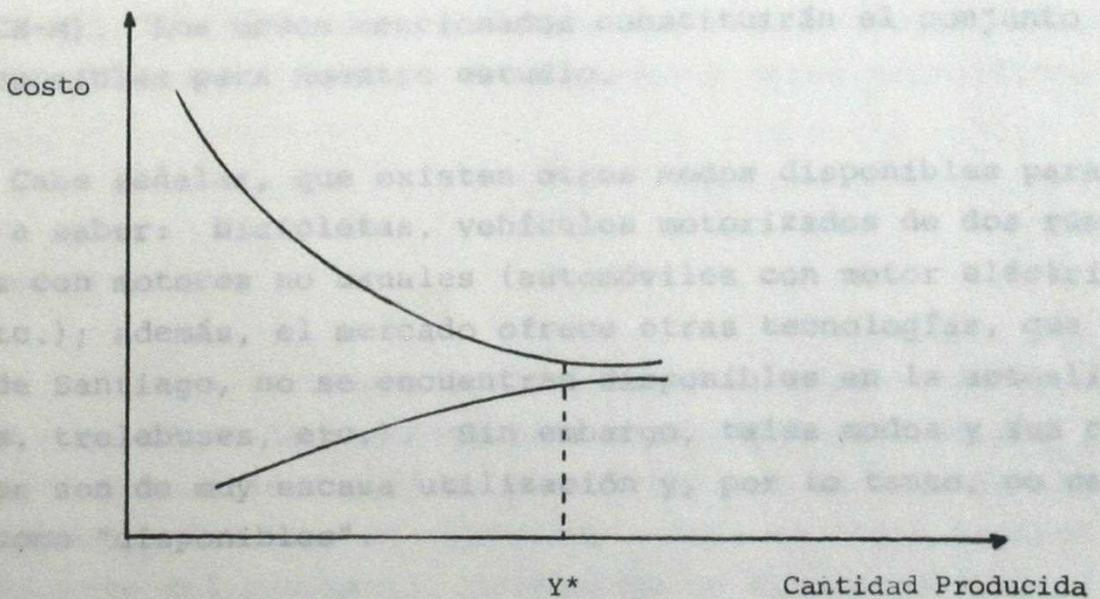


Figura 2.6.b.- Caso en que los costos marginales tienden a igualarse a los costos variables medios.

- (1) y^* representa el nivel de producción de adecuación de la empresa (por ejemplo, un número de pasajeros tal que provoque el aumento en un vehículo de la empresa de taxis).

marginales de empresas de transporte, donde la capacidad de producción puede adecuarse en períodos muy cortos mediante la adquisición y venta de vehículos o bien en el uso de éstos con otros fines (por ejemplo taxis colectivos que también trabajan como taxis).

2.3.- Costos en Modos de Transporte Urbano de Pasajeros.

2.3.1.- Introducción.

En esta sección, se describen los **costos sociales** de producir un viaje en los diferentes modos de transporte de pasajeros disponibles en el corredor Las Condes - Centro, a saber: automóvil particular (A), Taxi Colectivo (TC), Metro (M) y Locomoción Colectiva de Superficie (LC)¹. A partir de estos modos, es posible estimar los costos sociales de otros modos, también disponibles, llamados modos combinados, que son: Auto Particular-Metro (A-M), Taxi Colectivo - Metro (TC-M) y Locomoción Colectiva de Superficie-Metro (LCS-M). Los modos mencionados constituirán el conjunto de modos disponibles para nuestro estudio.

Cabe señalar, que existen otros modos disponibles para el usuario, a saber: bicicletas, vehículos motorizados de dos ruedas, vehículos con motores no usuales (automóviles con motor eléctrico y a gas, etc.); además, el mercado ofrece otras tecnologías, que en el caso de Santiago, no se encuentran disponibles en la actualidad (tranvías, trolebuses, etc.). Sin embargo, tales modos y sus combinaciones son de muy escasa utilización y, por lo tanto, no se consideran como "disponibles".

(1) En el Capítulo 3, se explican las razones de no considerar disponible el modo Taxi.

2.3.2.- Estructura de Costos.

Se describen a continuación los ítems de costos sociales relevantes en que incurre la sociedad para satisfacer las necesidades de transporte urbano de pasajeros, utilizando los modos mencionados en la subsección anterior.

a) Costos de Operación (CO).

Incluye todos los costos en que incurre la sociedad por la operación de una empresa de transporte, es decir, el costo de operación de realizar un viaje.

Evidentemente, ésta definición requiere explicitar el plazo de análisis con el propósito de establecer costos fijos y variables de proceso productivo en cada modo.

Los ítems más relevantes en éste costo son: energía, mantenimiento, reparación, mano de obra, lubricantes y otros específicos de cada modo.

b) Costos de Vías.

Todos los modos de transporte urbano considerados, utilizan las calles como medio de sustentación, a excepción del Metro. Tales vías son de propiedad pública y el deterioro es función del número de pasadas y del tipo de vehículos. Así, un viaje produce un cierto deterioro del pavimento, provocando un futuro consumo de recursos en conservación y reposición.

En Santiago, la conservación es realizada por las Municipalidades y su labor se limita, casi exclusivamente a solucionar problemas del pavimento que revisten peligro para los usuarios; y no existe información para establecer una relación funcional entre un viaje y tal

sistema de conservación. Por otra parte, el Servicio de Vivienda y Urbanismo de la Región Metropolitana (SERVIU), encargado de la reposición de las calles en Santiago, no cuenta con estudios que permitan establecer el deterioro producido por un viaje en cada tipo de calzada (tipo de pavimento y ancho), sin embargo se cuenta con aproximaciones razonables que permitirán obtener una estimación en este ítem de costo.

c) Costos de Congestión.

El viaje de un vehículo, consume recursos por concepto de tiempo de viaje.

En el caso de vehículos que comparten la vía, el incremento de un vehículo en el flujo vehicular incrementa el tiempo de viaje de todos los demás vehículos en la vía por la cual circula, debido a la restricción de espacio que presenta el sistema vial. Este fenómeno se conoce por congestión y constituye una externalidad del proceso productivo.

Luego, es necesario conocer el aumento del tiempo de viaje de todos los usuarios de la vía, para determinar el consumo total del recurso tiempo provocado por un nuevo viaje. El costo social del recurso, se obtiene multiplicando dicho tiempo por su valor social, llamado valor del tiempo (VT).

En otras palabras, es necesario encontrar la variación del tiempo total de viaje (T_{tot}) provocado por un cambio en el nivel del flujo vehicular. Para pequeñas variaciones del flujo, está dado por tiempo marginal (T_{Mg}), que se puede expresar como:

$$T_{Mg} = \frac{d (T_{tot})}{d Y} \quad (2.9)$$

donde Y es el nivel de flujo vehicular.

El costo social provocado por la congestión reviste particular importancia en nuestra metodología, dado que no es percibido ni "pa

gado" por el usuario. Así, constituye una externalidad al proceso productivo que genera, en la realidad, un precio pagado por el usuario distinto al costo marginal social del viaje, y justifica un estudio de segundo óptimo.

d) Otros Costos:

Otros items de costos sociales de transporte, que por la escasa información del impacto que generan no serán evaluados, son los siguientes: contaminación ambiental (polución, acústica y estética) y accidentes. Estos costos sociales han sido recientemente incorporados en la evaluación social de proyectos, sin embargo la metodología para calcular los impactos y la información necesaria no está totalmente desarrollada.

No considerar estos costos, introduce un sesgo en la aplicación del modelo de tarificación dado que ellos afectan en forma muy diferente al modo Metro respecto del resto de los modos. En particular, resulta más importante considerarlos al aplicar el modelo de tarificación para determinar la tarifa óptima social del Metro de Santiago.

Al aplicar el modelo para obtener el precio óptimo de L.C.S., no es posible saber a priori la dirección del sesgo. En efecto, se sabe que al considerar "otros costos", el costo marginal de cada modo aumenta (o al menos, no disminuye), sin embargo, la dirección del sesgo dependerá de la magnitud relativa del aumento del costo marginal del modo L.C.S., frente a la disminución del término

$$\left(\frac{d X_i}{d P_i}\right)^{-1} \cdot \sum_{j \neq i} (P_j - CMg_j) \frac{d X_j}{d P_i}$$

debido al aumento de CMg_j .

(1) El índice superior señala el tipo de costo social y el índice inferior el modo de transporte.

a) La diferencia $(P - CMg)^t$ se puede expresar como:

2.4.- Automóvil Particular.

2.4.1.- Introducción.

Es necesario recordar que el estudio de costos está pre visto para ser utilizado en el modelo de tarificación antes pro puesto, luego es interesante calcular directamente el término "precio percibido por el usuario menos el costo marginal so - cial" $(P_j - CMg_j)$.

b) En efecto, el precio percibido por el usuario de automób - vil (P_a) se descompone en :

$$P_a = p^t + p^o + p^v$$

donde p^t es el valor económico del tiempo de viaje, p^o el costo percibido de operación del vehículo y p^v el precio pagado por el usuario por circular por la vía pública (que sólo es distinto de cero en aquellas ciudades donde existe tarificación vial).

Por otra parte, el costo marginal (CMg_a) se descompone en:

$$CMg_a = CMg^t + CMg^o + CMg^v$$

donde t, o y v representan los items de costos, en que de acuerdo a los supuestos anteriormente señalados, incurre la sociedad por un aumento marginal de los viajes entre un par O-D.

Luego (1),

$$(P - CMg)_a = (P - CMg)^t + (P - CMg)^o + (P - CMg)^v \quad (2.10)$$

A continuación analizaremos cada término de la ecuación 2.10.-

(1) El índice superior señala el item de costo social y el índice inferior el modo de transporte.

a) La diferencia $(P - CMg)^t$ se puede expresar como:

$$(P - CMg)^t = \overbrace{(t_{me} - TMg)}^{\Delta t} \cdot VT$$

donde, t_{me} es el tiempo medido de viaje, TMg el tiempo adicional en que incurren todos los usuarios del modo automóvil particular al ingresar un nuevo vehículo en la vía y VT el valor social del tiempo. **Notar que en presencia del fenómeno de congestión, el término $(P - CMg)^t$ es menor que cero.**

b) $(P^o - CMg)$ refleja la diferencia entre el costo de operación percibido por el usuario (P^o) y la variación del costo social total de operación, debido al ingreso de un nuevo vehículo en la vía. **Esta diferencia será distinta de cero si el aumento marginal del flujo vehicular genera condiciones de operación que modifican el costo por este concepto.** Luego el problema consiste en cuantificar el aumento de consumo de recursos de todos los vehículos de la vía causado por el aumento marginal del flujo.

El nuevo vehículo en la red puede afectar al resto de dos formas que tienden a modificar el costo de operación.

La primera se refiere a la perturbación que sufre el equilibrio del sistema vial, éste experimenta un transiente y alcanza un nuevo equilibrio. En este proceso se generan reasignaciones de vehículos a las vías con las consecuentes variaciones en las distancias recorridas y la eventual incorporación de nuevas rutas alternativas que antes estaban inutilizadas (al menos para viajes en los pares O-D estudiados) y que en el nuevo equilibrio resultan interesantes de utilizar.

El segundo elemento causante de variaciones en el costo de operación, está asociado con las demoras. En efecto, un nuevo vehículo incrementa los tiempos de viajes en arcos y demoras en intersecciones, afectando comprobadamente el consumo de recursos, en particular el gasto de combustible. La tasa de consumo de combustible depende de si el vehículo está en movimiento o detenido, luego para cuantificar el efecto de un vehículo más en la ruta es necesario conocer separadamente la magnitud del aumento de las demoras.

De lo anterior se concluye que para medir el costo marginal social de operación es necesario simular la red con modelos que permitan identificar tanto asignaciones como problemas de congestión en arcos e intersecciones, por ejemplo el modelo de asignación SATURN.

En este estudio supondremos que el costo marginal social de operación es aproximadamente igual al precio pagado por el usuario, o bien la diferencia $P^0 - CMg$ es despreciable. Esto, debido principalmente al hecho de que la información extra que proporcionaría una modelación tendiente a precisar el monto real de $P^0 - CMg$, no justifica el esfuerzo requerido en el marco de nuestro estudio; sin embargo, es un aspecto que quedará pendiente de dilucidar en futuros avances en esta área de investigación.

c) Por último, dado que en Chile no se han implementado políticas de tarificación vial, el precio de uso de vía P^V es nulo y sólo interviene el costo marginal social de uso de vías públicas CMg^V .

Luego, la ecuación 2.10 se puede reescribir como:

$$(P - CMg)_a = (t_{me} - TMg)VT - CMg \tag{2.11}$$

que establece claramente la existencia de al menos dos costos sociales inherentes al proceso productivo y que no son pagados por el usuario de este modo; se genera por lo tanto una diferencia que impedirá la tarificación a costo marginal en otros modos si esperamos maximizar el Bienestar Social.

(1) Para mayor información del modelo TRANSYT ver Gibson, Savard y Sporens, 1982.

2.4.2.- Relaciones entre Tiempo de Viaje y Flujo Vehicular.

Analicemos primero el problema de la congestión vehicular, donde es necesario estudiar la relación que existe entre el flujo vehicular y el tiempo de viaje de los vehículos.

En el caso urbano, tales relaciones involucran problemas de particular dificultad. En efecto, la presencia de dispositivos que controlan el derecho a vía (semáforos, señales de prioridad, etc.) generan comportamientos de conducción regulado, cuyo efecto sobre la velocidad resulta ser un factor determinante. Tal efecto, disminuye con la coordinación de semáforos y la presencia de "ondas verdes" (donde el conductor viajando a ciertas velocidades pre establecidas, puede evitar detenciones en semáforos). Otros factores que influyen sobre la velocidad son: el nivel de flujo vehicular que cruza o se incorpora al flujo medido en intersecciones y, los establecimientos en mitad de cuadra provocando demoras y detenciones. Otro elemento a considerar es que las demoras, por efecto de intersecciones y flujos vehiculares que cruzan o se incorporan a un arco, son de tal magnitud que el aumento del tiempo de viaje por efecto de incrementos en el nivel de flujo resulta despreciable en el cómputo de tiempos de viaje entre diferentes pares O-D.

Para establecer relaciones entre el flujo vehicular y el tiempo de viaje se dispone de varios métodos, entre otros:

- a) Utilización de modelos de simulación de tránsito urbano, para tal efecto, se cuenta con el modelo computacional TRANSYT⁽¹⁾. Presenta la ventaja de simular el comportamiento de todos los flujos de red y las intersecciones semaforizadas, sin embargo necesita de gran cantidad de información y es aplicable en redes con coordinación de semáforos, el cual no es el caso de nuestra red.

(1) Para mayor información del modelo transyt ver Gibson, Saavedra y Spoerer, 1982.

b) Mediciones de velocidad de los vehículos en tramos incluyendo intersecciones. Para medir velocidades se puede utilizar varios métodos: vehículo flotante, método de las patentes, descripción por radio y grabaciones con video cassette.

El más adecuado y utilizado en Santiago es método de vehículo flotante, sin embargo requiere mayor infraestructura y gasto. En este estudio se utilizará el método de descripción de vehículos mediante equipo de radio, la razón principal es la disponibilidad de equipo y mano de obra apta para tales mediciones.

Por otra parte, la medición de velocidades por tramos incorpora el efecto de las intersecciones y flujos que cruzan o se incorporan; además, se intentará incluir la mayor cantidad de variables explicativas del fenómeno de congestión en tramos que contienen intersecciones semaforizadas, esto pretende evitar, por ejemplo, que los efectos de coordinación de semáforos sean imputables al aumento de flujo.

c) Una tercera alternativa es la de medir velocidades en arcos, utilizando algunos de los métodos de medición de velocidades anteriormente descritas.

En este caso, el número de arcos a medir en la red excede la capacidad disponible en este estudio y por otra parte, no considera el efecto de intersecciones.

d) Finalmente, en la actualidad se cuenta con el modelo de asignación y simulación SATURN⁽¹⁾ que en futuros estudios puede ser utilizado en redes coordinadas de gran extensión y cuyos semáforos estén coordinados.

Una de las conclusiones de este estudio será la validez de las relaciones de flujo-tiempo de viaje, obtenidas a partir de mediciones por tramos incluyendo intersecciones (semaforizadas y

(1) Para mayor información: ver el Manual de uso del modelo.

2.- Fórmula de Davidson, desarrollada en Australia.

de prioridad) y la utilización del método de mediciones de velocidad mediante la descripción de vehículos por radio.

donde S es el flujo de saturación de la vía y J una constante de la vía que recoge sus características de visibilidad, ancho de pista, etc.

2.4.3.- Análisis de Congestión en Redes.

El aumento del tiempo de viaje causado por la interacción de vehículos en la vía da origen al fenómeno de congestión. Sin embargo, dada la complejidad del fenómeno, estas funciones en general están

En general, podemos expresar el tiempo medio de viaje como función del nivel de flujo vehicular, esto es:

$$t_{me} = f(v) \tag{2.12}$$

donde f es una función del nivel de flujo vehicular v.

En la literatura se encuentran formas funcionales propuestas para ajustar curvas a la relación tiempo de viaje y flujo vehicular. Entre las más utilizadas se cuentan:

1. Fórmula desarrollada por el Bureau of Public Road (BRP) descrita en Branston (1976),

$$t_{me} = t_0 (1 + \alpha(v/c)^\beta) \tag{2.13}$$

donde t_{me} es el tiempo medio de viaje en el tramo, t₀ es el tiempo de flujo libre (o tiempo de viaje sin vehículos en la vía), V es el volumen vehicular (en vehículos por unidad de tiempo), C es la capacidad de la vía y tanto α como B son parámetros de calibración. Esta fórmula fue propuesta para autopistas en EE.UU.

$$t_{me} = \int t_{me}(v) \tag{2.15}$$

2.- Fórmula de Davison, desarrollada en Australia.

$$t_{me} = t_o (1 + J \cdot V / (S - V)) \tag{2.14}$$

donde S es el flujo de saturación de la vía y J una constante de la vía que recoge sus características de visibilidad, ancho de pista, etc.

Existen además múltiples estudios tendientes a determinar nuevas funciones incorporando diferentes variables explicativas, sin embargo, dada la complejidad del fenómeno, estas funciones en general están aún en proceso de desarrollo.

Supondremos, por ahora que contamos con una función que describe adecuadamente el fenómeno de congestión para nuestra zona de estudio.

Según la ecuación (2.11) debemos determinar la diferencia entre el tiempo medio y marginal de viaje en cada par O-D. El problema que analizaremos es el siguiente: obtenidas las funciones explícitas de congestión en todos los tramos congestionados de la red, es necesario, en segundo término, agregar los tramos pertenecientes a una misma ruta y obtener así las funciones de congestión de cada ruta, este cálculo lo llamaremos agregación en serie. Finalmente, es necesario obtener la función de congestión que represente el fenómeno considerando todas las rutas alternativas entre O y D, es decir la función de oferta entre O y D. Esto lo llamaremos agregación en paralelo.

Congestión en una Ruta.

Un vehículo que viaja en un determinado par O-D por una ruta r, experimenta un tiempo de viaje que es igual a la suma de los m tiempos de viaje de los tramos que constituyen dicha ruta, esto es:

$$t_{me}^r = \sum_{i=1}^m t_{me}_i(V_i) \tag{2.15}$$

donde, tme_i es el tiempo medio de viaje en el tramo i de la ruta r y V_i es el volumen vehicular en ese tramo;

El tiempo marginal en esa ruta será:

$$TMg^r = \frac{\delta t^r \text{ TOTAL}}{\delta V} \quad (2.16)$$

donde t^r Total es el tiempo de viaje en que incurren todos los vehículos que ocupan la ruta y V es el volumen vehicular de la ruta. El flujo vehicular en una ruta se compone de flujos que viajan entre diversos pares O-D. Para nuestros efectos, supondremos que V es fijo para todos los pares O-D excepto para el par estudiado. Por definición:

$$t^r \text{ TOTAL} = \sum_{i=1}^m tme_i \cdot V_i,$$

luego el tiempo marginal de la ruta (TMg^r) se puede expresar como:

$$TMg^r = \frac{\delta}{\delta V} \left\{ \sum_{i=1}^m tme_i (V_i) \cdot V_i \right\},$$

o bien,

$$TMg^r = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\delta}{\delta V_i} \{ tme_i (V_i) \cdot V_i \} \right) \frac{\delta V_i}{\delta V}$$

luego,

$$TMg^r = \sum_{i=1}^m TMg_i \cdot \frac{\delta V_i}{\delta V}$$

El término $\delta V_i / \delta V$ representa la variación del flujo en el tramo i debido a variaciones del flujo de la ruta, luego:

$$\delta V_i / \delta V = 1$$

Así, la fórmula de "agregación en serie" de los tiempos marginales de viaje en una ruta es :

$$TMg^r = \sum_{i=1}^m TMg_i \quad (2.16)$$

es decir, el tiempo marginal de una ruta es igual a la suma de los tiempos marginales de viaje de cada tramo que la compone. Luego la diferencia entre tiempo medio y tiempo marginal en una ruta es:

$$(tme - TMg)^r = \sum_{i=1}^m tme_i - \sum_{i=1}^m TMg_i$$

o bien,

$$(tme - TMg)^r = \sum_{i=1}^m (tme_i - TMg_i) \quad (2.17)$$

Permite agregar en serie, curvas de congestión de los tramos q' constituyen /ruta.

• Para obtener una función de congestión representativa de la red, considerando todas las rutas que sirven un determinado par O-D, es necesario agregar las curvas de congestión de rutas alternativas o paralelas. En la red de la figura 2.7, las rutas alternativas para viajar de A a B son: 1-2-4, 3-4 y 5; con la fórmula de agregación en serie es posible obtener fácilmente las funciones flujo-velocidad en tales rutas.

La figura 2.8 presenta un conjunto posible de curvas de congestión de las tres rutas de nuestro ejemplo. Si aceptamos el Primer Principio de Wardrop según el cual los tiempos medios de viaje entre O y D serán iguales para todas las rutas paralelas que sean utilizadas, entonces para cada tiempo medio de viaje (t_{me}^*) el volumen (V^*) que circula por la red corresponde a la suma de los volúmenes en todas las rutas ($V_1 + V_2 + V_3$), resultado de las correspondientes curvas de congestión para el tiempo medio de viaje. Así, se construye la curva de congestión de todas las rutas alternativas del par O-D (t_{me} O-D).



Figura 2.8.- Construcción gráfica de la curva de congestión agregada para la red que sirve un par O-D.

Supongamos que $f_i(V_i)$ es la función de congestión de la ruta i , esto es:

$$t_{me_i} = f_i(V_i) \quad (2.18)$$

cuya función inversa es:

$$V_i = f_i^{-1}(t_{me_i}) \quad (2.19)$$

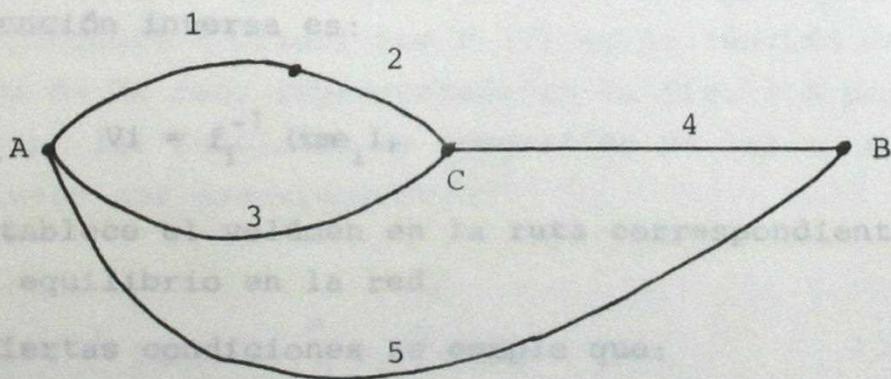


Figura 2.7.- Red Simplificada. Ejemplo.

$$\frac{df_i(V_i)}{dV_i} = \frac{df_i^{-1}(t_{me_i})}{dt_{me_i}} \quad (2.20)$$

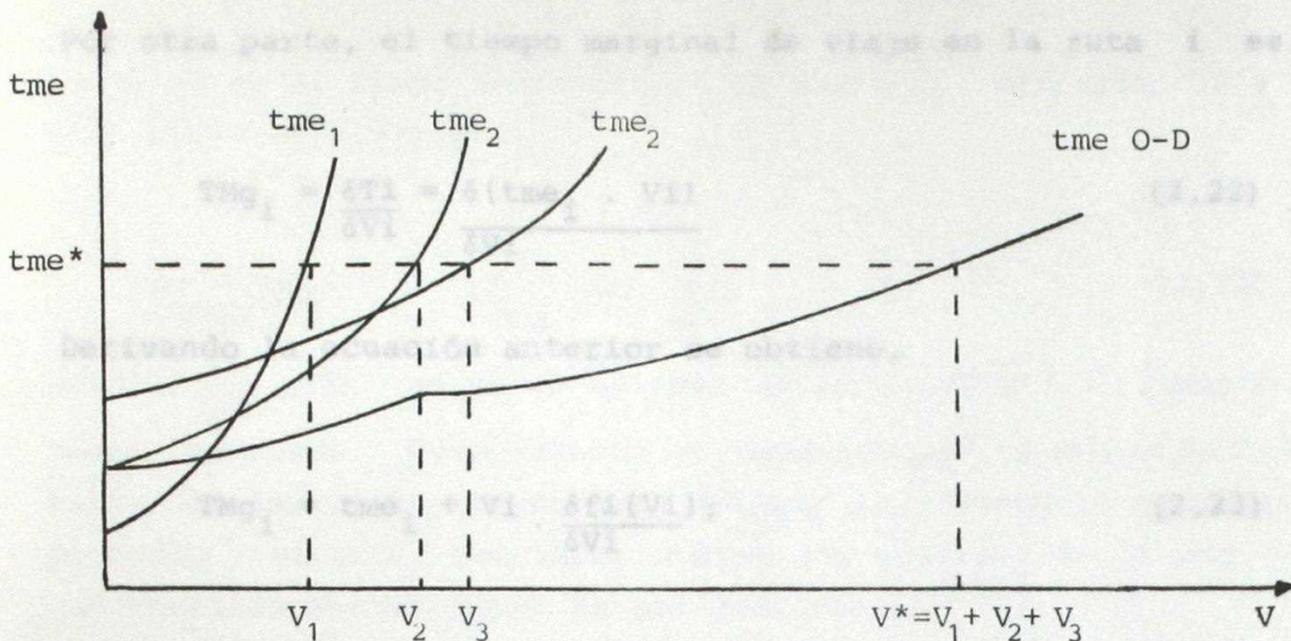


Figura 2.8.- Construcción gráfica de la curva de congestión agregada para la red que sirve un par O-D.

Supongamos que $f_i(V_i)$ es la función de congestión de la ruta i , esto es :

$$tme_i = f_i(V_i) , \tag{2.18}$$

Para desarrollar la fórmula que permite agregar rutas en paralelo cuya función inversa es: $V_i = f_i^{-1}(tme_i)$, supongamos a priori que $F(V)$ es la función de congestión agregada de la red, representada en la fig. 2.8 por la curva tme O-D, y $f_i(V_i)$ congestión de las n rutas paralelas, luego por construcción:

que establece el volumen en la ruta correspondiente al tiempo medio de equilibrio en la red.

Bajo ciertas condiciones se cumple que:

$$\frac{dy}{dx} = \left(\frac{dx}{dy} \right)^{-1} \tag{2.20}$$

luego, aplicando esta ecuación en 2.18 se tiene:

$$\frac{\delta f_i^{-1}(V_i)}{\delta V_i} = \left\{ \frac{\delta f_i^{-1}(tme)}{\delta tme} \right\}^{-1} \tag{2.21}$$

Por otra parte, el tiempo marginal de viaje en la ruta i es:

$$TMg_i = \frac{\delta T_i}{\delta V_i} = \frac{\delta (tme_i \cdot V_i)}{\delta V_i} \quad (2.22)$$

Derivando la ecuación anterior se obtiene,

$$TMg_i = tme_i + V_i \cdot \frac{\delta f_i(V_i)}{\delta V_i}; \quad (2.23)$$

reemplazando la ecuación 2.21 en 2.23, se tiene la expresión de la diferencia entre tiempo medio y marginal para cada ruta, esto es:

$$(TMg - tme)_i = V_i \cdot \left\{ \frac{\delta f_i^{-1}(tme)}{\delta tme} \right\}^{-1} \quad (2.24)$$

Para desarrollar la fórmula que permite agregar rutas en paralelo, supongamos a priori que $F(V)$ es la función de congestión agregada de la red, representada en la fig. 2.8 por la curva tme_{O-D} , y $f_i(V_i)$ las funciones de congestión de las n rutas alternativas, luego por construcción:

$$F^{-1}(tme) = \sum_{i=1}^n f_i^{-1}(tme) \quad (2.25)$$

es decir, el volúmen vehicular en la red es la suma de los volúmenes en cada ruta, correspondientes a cada curva de congestión para un tme de viaje único. Por analogía con la deducción de la ecuación 2.24, se puede escribir que:

$$(TMg - tme)_{O-D} = V \left\{ \frac{\delta F^{-1}(tme)}{\delta tme} \right\}^{-1}, \quad (2.26)$$

donde V es el flujo vehicular en el par O-D. Derivando la ecuación 2.25, se tiene que:

$$\frac{\delta F^{-1}(t_{me})}{\delta t_{me}} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta f_i^{-1}(t_{me})}{\delta t_{me}} ; \quad (2.27)$$

además, $\frac{\delta f_i^{-1}(t_{me})}{\delta t_{me}}$ se puede obtener de la ecuación 2.24 sumando para todas las rutas. Reemplazando el resultado en la ecuación 2.26 resulta una expresión que permite estimar la diferencia entre el tiempo medio y marginal que experimentan los usuarios de la red vial que realizan viajes entre un par O-D, esto es ⁽¹⁾:

$$(TMg - t_{me})_{O-D} = V \left\{ \sum_{i=1}^m \frac{V_i}{(TMg - t_{me})_i} \right\}^{-1} \quad (2.28)$$

La ecuación 2.17 permite la agregación en serie de curvas de congestión para los tramos que constituyen cada ruta, y la agregación de rutas en paralelo queda establecida por la ecuación 2.28. Ambas ecuaciones conducen a solucionar el problema de establecer la diferencia entre el tiempos medios y marginales de los vehículos de superficie para cualquier configuración de la red.

Ahora bien, el algoritmo general para el análisis de redes, consiste en calcular $TMg - t_{me}$ para todas las rutas posibles entre un par O-D y luego agregar las rutas en forma paralela; esta regla permite solucionar redes complicadas. En aquellos casos que la red lo permite (debido a su forma), se puede simplificar el cálculo; para ello conviene tener presente la equivalencia en las siguientes formas de agregación, para la red de la figura 2.9, con viajes entre A y B :

i) $\{(1)/(2)\} + \{(3)/(4)\}$

ii) $\{(1)+(3)\} // \{(1)+(4)\} // \{(2)+(3)\} // \{(2)+(4)\}$

(1) La diferencia $TMg - t_{me}$ está en unidades tiempo por unidad de distancia,

donde "+" y "//" denotan agregación en serie y paralela respectivamente, de tramos de la red.

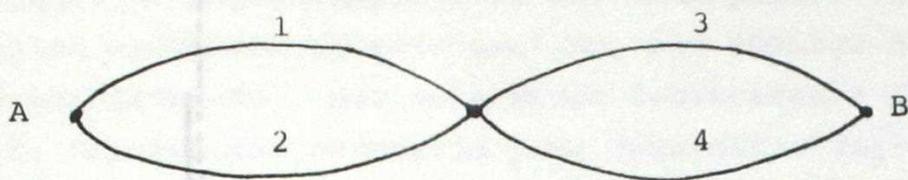


Fig. 2.9.- Ejemplo de Red Vial.

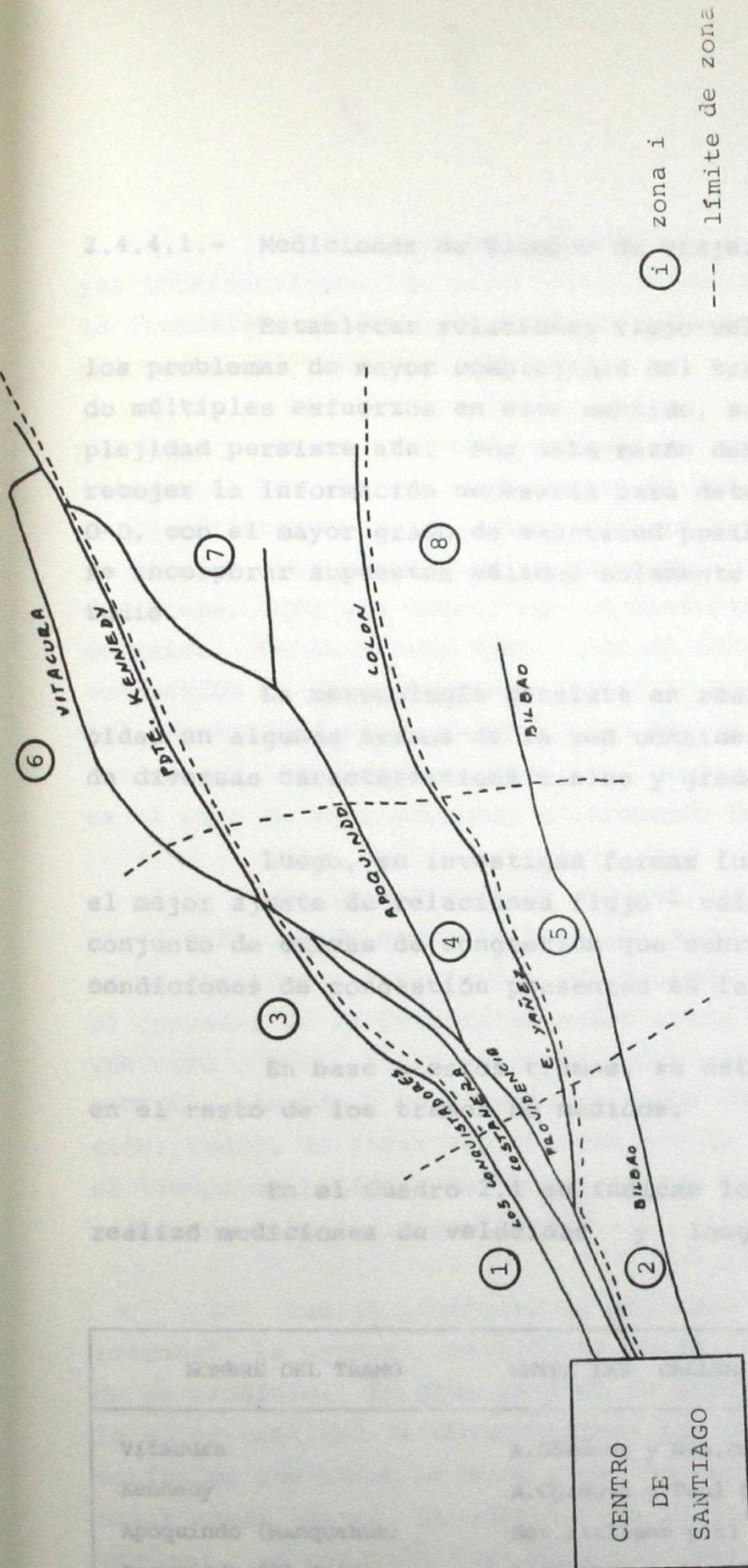
2.4.4.- Aplicación.

En esta sección, se analizan las componentes de costo del automóvil particular, en un viaje entre los diferentes orígenes del corredor Las Condes y el Centro.

En el estudio de costos derivados del fenómeno de congestión, se utiliza una red simplificada del corredor, que incluye los principales ejes que sirven los diferentes pares O-D (Ver fig.2.10), y que presentan características de congestión en el período punta de la mañana.

En primer lugar, se midieron velocidades y se establecieron relaciones flujo velocidad; luego se calcularon valores de $tme-TMg$ para cada par O-D mediante agregaciones de rutas en serie y paralelo.

Finalmente, se muestran estimaciones del costo marginal del uso de la vialidad urbana.



i zona i
 --- límite de zona

Figura 2.10.- Red simplificada. Corredor Las Condes - Centro.

Nombre del punto	Coordenadas	Distancia (m)
Vitacura	33° 27' S, 70° 45' W	652
Kennedy	33° 27' S, 70° 45' W	714
Apocando (Marquesas)	33° 27' S, 70° 45' W	620
Apocando (El Golf)	33° 27' S, 70° 45' W	532
Providencia	33° 27' S, 70° 45' W	499
Bilbao	33° 27' S, 70° 45' W	335
Conquistadores	33° 27' S, 70° 45' W	1280
Costanera	33° 27' S, 70° 45' W	650

Cuadro 2.1.- Definición de tramos en que se estimarán curvas de congestión.

2.4.4.1.- Mediciones de Tiempos de Viaje.

Establecer relaciones flujo-velocidad constituye uno de los problemas de mayor complejidad del transporte. Se han realizado múltiples esfuerzos en este sentido, sin embargo el grado de complejidad persiste aún. Por esta razón destinaremos gran trabajo a recojer la información necesaria para determinar T_{mg} - t_{me} en el par O-D, con el mayor grado de exactitud posible. Este objetivo requiere incorporar supuestos válidos solamente en el contexto de este estudio.

La metodología consiste en realizar mediciones de velocidad en algunos tramos de la red considerada, incluyendo tramos de diversas características viales y grado de congestión.

Luego, se investigan formas funcionales que entreguen el mejor ajuste de relaciones flujo - velocidad. Así se tendrá un conjunto de curvas de congestión que cubren los tipos de vías y condiciones de congestión presentes en la red.

En base a estos tramos, se estiman valores de T_{mg} - t_{me} en el resto de los tramos no medidos.

En el Cuadro 2.1 se indican los tramos en los cuales se realizó mediciones de velocidad y longitud del tramo.

NOMBRE DEL TRAMO	ENTRE LAS CALLES :	LONGITUD (m)
Vitacura	A.Córdova y Nva.Costanera	662
Kennedy	A.Córdova y Paul Claudel	734
Apoquindo (Manquehue)	Est.Italiano y El Faro	620
Apoquindo (El Golf)	Alcántara y Cine El Golf	532
Providencia	Los Leones y Lyon	499
Bilbao	Jumbo y Tobalaba	326
Conquistadores	El Cerro y H. Sheraton	1280
Costanera	Bucarest y F. Noguera	650

Cuadro 2.1.- Definición de tramos en que se estimarán curvas de congestión.

Es interesante destacar que los tramos medidos incluyen intersecciones, de prioridad y/o semaforizadas; en general, en la literatura se encuentran curvas de congestión en arcos libres del efecto de intersecciones.

La longitud de los tramos observados (ver cuadro 2.1), están muy En el caso de un modelo de tarificación, es necesario estimar el aumento real del tiempo de viaje con el flujo vehicular en las diferentes rutas. Esto incluye intersecciones y arcos; en particular debe considerar la coordinación actual de los semáforos del tramo, dado que constituye un elemento importante, y a veces decisivo, de la oferta vial. Por el contrario, el análisis de congestión en arcos aislados conduce a sobreestimar la influencia del aumento del flujo en el tiempo de viaje, en todas aquellas rutas en que las intersecciones condicionan los tiempos de viaje, que es el caso de vías urbanas, a excepción de autopistas.

En la medición de tiempos, se utilizaron equipos de radio. Este método consiste instalar dos estaciones, una en cada extremo del tramo, comunicadas con equipos de radio.

El operador de la primera estación anota la hora de pasada de un vehículo y envía, a la estación aguas abajo, la descripción del vehículo elegido. El segundo operador recibe y anota la descripción; luego, al pasar el vehículo por la segunda estación se anota el tiempo de pasada. Es necesario que ambas mediciones sean realizadas con relojes sincronizados.

Con el propósito de analizar velocidades medias de "pelotones", la primera estación se ubica inmediatamente aguas abajo de un semáforo. En cada período de verde del semáforo se realiza la mayor cantidad de observaciones posibles, evitando considerar los vehículos que salen primero y que no encuentran interferencia vehicular aguas abajo. La experiencia realizada indica que es posible obtener, en general, tres observaciones de cada pelotón, de los cuales, luego de validar los datos, se obtienen dos observaciones.

Instantáneamente, se mide el flujo vehicular durante el período verde del semáforo. En este estudio se distinguieron dos tipos de vehículos: autos y buses.

La longitud de los tramos observados (ver cuadro 2.1), están muy condicionados por las características de la vía, por ejemplo: visibilidad, facilidades para instalar la estación, semáforos y recepción de la señal de radio.

Finalmente, es necesario medir los tiempos de ciclo, desfases y repartos de los semáforos en el tramo y del semáforo anterior al extremo aguas arriba del tramo y que controla el acceso de los vehículos al segmento vial medido.

Con esta metodología, es posible establecer un análisis de diversas variables que afectan el tiempo de viaje. En efecto, se cuenta con información del volumen de automóviles (VA) y de buses (VB), además del instante de entrada del vehículo al tramo (IE). Esta última variable resulta relevante en tramos con varias intersecciones semaforizadas, dado que contiene información de la probabilidad de alcanzar el siguiente semáforo con señal "verde" y dependiendo de la coordinación de semáforos existente, refleja la causa de tiempos de viaje muy diferentes en vehículos de un mismo pelotón pero diferente instante de entrada al tramo. Evidentemente la capacidad explicativa de esta variable dependerá, en primer lugar de la existencia de un ciclo común para todos los semáforos del tramo y luego, de los desfases existentes entre cada par de semáforos.

2.4.4.2.- Estimación de Funciones Flujo - Velocidad.

En la búsqueda de una función que permita describir la relación existente entre el flujo y tiempo de viaje se probaron varias formas funcionales, agrupaciones de datos y conjuntos de variables explicativas.

La primera forma funcional, fue desarrollada por el Bureau of Public Road (BPR), para autopistas en EE.UU. (Branston.D., 1976).

$$t_{me} = t_0 (1 + \alpha (V/C)^\beta) \tag{2.29}$$

donde t_0 es el tiempo de flujo libre, V el nivel de flujo vehicular y C la capacidad de la vía. α y β son parámetros a estimar. También se utilizó una forma modificada de la fórmula anterior y donde se especifica:

$$V = V_A + \delta V_B,$$

donde δ es un coeficiente a estimar que representa un tipo de factor de equivalencia entre ambos modos. Ambas funciones se regresaron utilizando métodos de regresión no lineal.

La tercera forma funcional, corresponde a una función logarítmica que se asemeja a la fórmula del BPR pero permite una regresión lineal; esto es:

$$\log (t_{me}-t_0) = \log \alpha + \beta \log (V) \tag{2.30}$$

Finalmente, se probó una forma funcional flexible, llamada "cuadrática", utilizando diversas variables explicativas. La expresión más general de una cuadrática es:

$$t_{me} = C + \sum_{i=1}^3 \alpha_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i^2 + \frac{1}{2} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^3 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^3 \gamma_{ij} X_i X_j, \tag{2.31}$$

donde α_i, β_i y γ_{ij} son parámetros a estimar con $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$, X_i son las variables explicativas desviadas respecto del valor medio de

la variable, es decir:

$$X_1 = (VA - \bar{VA}), X_2 = (VB - \bar{VB}) \text{ y}$$

$$X_3 = (IE - \bar{IE}).$$

Por otra parte, cada forma funcional fue probada con dos archivos de datos para cada tramo. El primero (ARCH 1) contiene los datos de cada vehículo observado y el flujo correspondiente al período de verde en que ingresó al tramo. Para analizar el comportamiento de pelotón, se creó un segundo archivo (ARCH 2) con los tiempos de viajes promediados entre todos los vehículos observados en un período de verde, obteniendo un dato por cada período de verde durante el período de medición.

En el Cuadro 2.2 se presentan los resultados más importantes de las regresiones obtenidas con el paquete estadístico TSP⁽¹⁾. Estas se obtienen de combinar las agrupaciones de los datos, ARCH1 y ARCH2, con las formas funcionales y las variables explicativas que se incorporan a la función a regresar; estos tres elementos constituyen la especificación de la función.

Conviene destacar del cuadro de resultados (2.2), la presencia del instante de entrada del vehículo al tramo, llamado IE (o variable X3), el cual aparece como muy explicativo en todas las regresiones en que puede incluirse (es decir excepto en aquellas que se modela un pelotón). Esto evidencia que la complejidad del fenómeno de congestión urbana requiere la inclusión de otras variables explicativas además del volumen vehicular.

(1) En el anexo 1 se muestran los resultados de regresiones y gráficos del tiempo de viaje en función de las variables explicativas.

NOMBRE DEL TRAMO	REGRESION CUADRATICA		ESTADISTICA			LONGITUD DEL TRAMO OBSERVADO M	tme-TMg del TRAMO Seg/KM
	VARIABLES EXPLICATIVAS.	ARCHIVO DE DATOS	Nº OBS	R ²	test t (α ₁)		
VITACURA	X ₁ , X ₂ ⁽¹⁾	ARCH 2	19 ⁽²⁾	0,7	5,4	662,0	-22,9
KENNEDY	X ₁	ARCH 2	38 ⁽²⁾	0,14	1,7	773,6	-12,47
APOQUINDO-MANQUEHUE	X ₁ , X ₂ , X ₃	ARCH 1	75	0,4	1,9	617,5	-20,41
APOQUINDO-EL GOLF	X ₁ , X ₂ , X ₃	ARCH 1	71	0,6	2,5	632,0	-12,95
PROVIDENCIA-LYON	X ₁ , X ₂ , X ₃	ARCH 1	77	0,3	2,1	498,2	-29,44
BILBAO-JUMBO	X ₁ , X ₂ , X ₃	ARCH 1	147	0,3	4,2	326,2	-22,45
CONQUISTADORES.	X ₁ , X ₃	ARCH 1	46	0,5	1,9	1280,0	-32,74
COSTANERA	-	ARCH 1	-	-	-	-	0,0

CUADRO 2.2.- Relaciones flujo-velocidad. Resultado de Regresiones.

(1) La forma explícita de cada regresión se muestra en el anexo 1.

(2) Notar que el número de observaciones en este caso, es un promedio de dos o tres observaciones de terreno.

El resultado más inesperado, corresponde al tramo Costanera, donde no es posible obtener relaciones entre el flujo y la velocidad, de razonable significación estadística; sin embargo es consecuente con la densidad de semáforos y la falta de coordinación de los mismos (los semáforos en el tramo, durante la medición presentaban diferentes ciclos); es decir, el flujo vehicular no constituye una variable explicativa significativa dadas las restricciones impuestas por los semáforos a la conducción.

En todos los casos, la función cuadrática entregó el mejor ajuste a la nube de puntos observados. Este es un resultado esperado, dado que los tramos observados incluyen varias intersecciones y por lo tanto, el tiempo de viaje debe ser explicado por otras variables además del flujo. La variable IE resultó muy significativa, más aún que VB, y su signo toma valores negativos y positivos dependiendo de la estructura de señales verdes en el tramo aguas abajo.

Para funciones cuadráticas, la diferencia $TMg - tme$ evaluada en la media de las variables está dada por:

$$tme - TMg = \frac{-\alpha_1 \bar{VA}}{L} \quad (2.32)$$

donde \bar{VA} es el flujo vehicular medio en el período de análisis y L es la longitud del tramo observado. En el cuadro 2.2, se entrega el valor del estadígrafo t del parámetro α_1 . Los resultados de $TMg - tme$ muestran valores relativos que concuerdan con la realidad observada en cada tramo.

Por otra parte, el efecto de congestión en los accesos de la zona céntrica (al poniente de Plaza Italia), fue estimado a partir de funciones de oferta obtenidas con métodos de simulación, por la Universidad Católica de Chile (Echeverría, 1983), considerando un flujo en hora punta igual al 80% de la capacidad efectiva de la vía. Sin embargo, al utilizar el mismo grado de saturación y tiem-

2.4.4.3.- Efecto de Congestión para cada par O-D.
 po de flujo libre para todos los accesos al centro, el $TM_g - tme$ por unidad de distancia es idéntico.

En dicho estudio, se simuló una red típica mediante el programa computacional 'TRANSYT', obteniendo tiempos de viaje para diferentes niveles de flujo vehicular. Luego se estimaron curvas de congestión utilizando la forma funcional de la ecuación 2.29, es decir,

$$tme = t_0(1 + \alpha (v/c)^\beta) ,$$

obteniéndose los siguientes resultados:

		$tme - TM_g$ (seg/Km)
1 Vitarte	$t_0 = 164 \text{ seg/km, aprox. } 22 \text{ Km/h,}$	-22,3
1 Kennedy	$C = 2.100 \text{ veh/h,}$	-12,5
1 Apopandó	$\alpha = 0,575371,$	-20,4
1 Apopandó	$\beta = 6.273320.$	-12,9
1 Colón		-13,0
1 Bilbao (Zambo)		-22,5
1 Yañez		-12,5
1 Providencia (Lyon)		-29,4
1 Providencia (Salvador)		-23,0
1 Contahera (Salvador)		0,0
1 Contahera (Salvador)		-13,0
1 Bellavista		-30,0
1 Acceso Bilbao		-146
1 Acceso Bellavista		-146
1 Acceso Bellavista		-146

El valor de $TM_g - tme$ se obtiene derivando la ecuación 2.29, es decir,

$$\frac{d}{dv} (TM_g - tme) = \alpha \beta t_0 (v/c)^{\beta-1} ; \quad (2.33)$$

reemplazando los valores estimados en el centro, se obtiene que

$$TM_g - tme = 146 \text{ seg/Km. ,}$$

para todos los accesos al centro.

Cuadro 2.3.- $tme - TM_g$ para cada tramo de la red.

(1) $tme - TM_g$ para cada tramo de la red.

2.4.4.3.- Efecto de Congestión para cada par O-D.

Utilizando las estimaciones de tme-TMg calculadas en la sección anterior, se cuenta con un conjunto de tramos analizados a partir de los cuales, se estiman tales diferencias para los tramos restantes que constituyen la red principal del corredor.

En el Cuadro 2.3 se muestran tales estimaciones y los límites aproximados de cada tramo.

NOMBRE DEL TRAMO	ENTRE LAS CALLES	tme-TMg
		(seg/Km)
1 Vitacura	Manquehue y H.Militar	-22,9
1 Kennedy	Manquehue y Pte.Lo Saldes	-12,5
1 Apoquindo (Manquehue)	Est.Italiano y R.O'Higgins	-20,4
1 Apoquindo (El Golf)	R.O'Higgins y Los Leones	-12,9
Colón	Tomás Moro y Tobalaba	-13,0
1 Bilbao (Jumbo)	Tomás Moro y Suecia	-22,5
Bilbao (Salvador)	Suecia y V.Mackenna	-23,0
E. Yañez	Tobalaba y Providencia	-12,5
Providencia (Lyon)	Los Leones y M. Claro	-29,4
Providencia (Salvador)	M. Claro y Pza. Italia	-23,0
1 Costanera (Lyon)	R.P.Zujovic y M. Montt	0,0
Costanera (Salvador)	M. Montt y Pte. Loreto	-13,0
1 Conquistadores	Pte. Lo Saldes y H.Sheraton	-32,7
Bellavista	H.Sheraton y Loreto	-30,0
Acceso Bilbao	V.Mackenna y Pza.de Armas	-146
Acceso Pza. Italia	Pte.Loreto y Pza. de Armas	-146
Acceso Bellavista	Pte.Loreto y Pza. de Armas	-146

Cuadro 2.3.- tme-TMg para cada tramo de la red.

(1) tme-TMg para cada tramo de la red.

En el Cuadro 2.4 se indica la distancia entre el centroide de cada zona y el destino y constituye la distancia media de los viajes realizados entre cada par O-D.

Se estima la diferencia tme-TMg para los viajes realizados entre las ocho zonas de origen (definidas en la sección 1.4.2) y con destino en el Centro de Santiago, considerando las distancias. Los cálculos se adjuntan en el anexo 1 y los resultados se presentan en el Cuadro 2.5.

C	3,1	(1)	6,6	(3)	-9,0	(6)
	3,0	(2)	5,5	(4)	9,0	(7)
C	-132,8	(1)	-179,3	(3)	-215,3	(6)
	-152,5	(2)	-161,5	(4)	-188,3	(7)
C	3,0	(2)	5,6	(5)	9,1	(8)

Cuadro 2.5.- Valores de tme-TMg (en minutos/veh) para los viajes entre cada zona y el centro (1).

Cuadro 2.4.- Distancia entre los centroides de cada zona y el centro (en kilómetros).

Se ha considerado que todos los viajes se originan en un punto llamado centroide de cada zona, el cual se ubica en el centro geográfico de la zona habitada. Los flujos vehiculares se obtuvieron de las estaciones de conteo de vehículos en los alrededores de la Estación de Transporte Urbano de la Comuna de Santiago, considerando la hora punta de la mañana. El flujo vehicular no es constante a lo largo del trayecto debido a la existencia de intersecciones donde se producen ingresos y egresos de vehículos; sin embargo, dada la forma de la ecuación 2.18 donde interviene esta variable, la condición que debe cumplirse es que los flujos representativos de cada tramo sean medidos en puntos comparables entre sí, en este caso, las mediciones de flujo vehicular se realizaron a distancias similares del centro.

(1) El número de la zona aparece entre paréntesis.

Utilizando las ecuaciones de agregación en serie y paralelo desarrolladas en la sección 2.4.2 (ecuaciones 2.17 y 2.28 respectivamente) es posible estimar la diferencia $t_{me}-TM_g$ para los viajes realizados entre las ocho zonas de origen (definidas en la sección 1.4.2) y con destino en el Centro de Santiago, considerando las distancias. Los cálculos se adjuntan en el anexo 1 y los resultados se presentan en el Cuadro 2.5.

C	-132,8	(1)	-179,3	(3)	-215,3	(6)
	-152,5	(2)	-161,5	(4)	-188,3	(7)
			-183,0	(5)		
					-244,9	(8)

Cuadro 2.5.- Valores de $t_{me}-TM_g$ (en seg/veh) para los viajes entre cada zona y el centro⁽¹⁾.

Se ha considerado que todos los viajes se originan en un punto llamado centroide de cada zona, el cual se ubica en el centro geográfico del área habitada. Los flujos vehiculares se obtuvieron de las estaciones de conteo automático de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano (SECTU), considerando la hora punta de la mañana. El flujo vehicular no es constante a lo largo del tramo debido a la existencia de intersecciones donde se producen ingresos y egresos de vehículos; sin embargo, dada la forma de la ecuación 2.28 donde interviene esta variable, la condición que debe cumplirse es, que los flujos representativos de cada tramo sean medidos en puntos comparables de las rutas paralelas; en este caso, las mediciones de flujo vehicular se realizaron a distancias similares del centro.

(1) El número de la zona aparece entre paréntesis.

Hasta aquí, hemos utilizado en el cálculo de tiempos de viaje, el volumen V de automóviles, usando la simplificación de asociar el efecto de un bus a un cierto número de automóviles. Esto conduce al concepto de vehículo equivalente que permite trabajar con un flujo homogéneo. Sin embargo, para el cálculo del costo social por tiempo de viaje (o congestión) provocado por un pasajero, es necesario distinguir el modo en el cual se realiza el viaje; como se demuestra a continuación, hay importantes diferencias entre modos.

El volumen equivalente V es una combinación lineal de flujos de varios tipos de vehículos y la expresión general del tiempo de viaje es,

$$t_{me} = f(V_1, \dots, V_m) \text{ con } m \text{ tipos de vehículos;} \quad (2.34)$$

Además, cada tipo de vehículos i tiene una tasa de ocupación media (en un período determinado) α_i , luego el flujo total N , expresados en pasajeros por unidad de tiempo es,

$$N = \sum_{i=1}^m N_i = \alpha V \quad (2.35)$$

con $N_i = \alpha_i V_i \quad (2.36)$

y α la tasa media de ocupación del flujo equivalente V ; obviamente,

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_i V_i}{V}$$

Luego, el tiempo total utilizado por los individuos que viajan es,

$$T_{TOTAL} = N \cdot f(V_1, \dots, V_m)$$

y, reemplazando las ecuaciones 2.35 y 2.36,

$$T_{TOTAL} = f\left(\frac{N_1}{\alpha_1}, \dots, \frac{N_m}{\alpha_m}\right) \cdot \sum_{i=1}^m N_i$$

Calculemos ahora tiempo marginal, para una variación pequeña del flujo de pasajeros del modo j (N_j), derivando la expresión del tiempo total,

$$TMg_j = \frac{\delta T_{TOTAL}}{\delta N_j} = f\left(\frac{N_1}{\alpha_1}, \dots, \frac{N_m}{\alpha_m}\right) + N \cdot \frac{\delta f\left(\frac{N_1}{\alpha_1}, \dots, \frac{N_m}{\alpha_m}\right)}{\delta N_j} \quad (2.37)$$

El precio pagado por el viaje es el valor económico del tiempo medio de viaje,

$$P = tme \cdot VT$$

con VT, el valor social del tiempo utilizado en la evaluación de proyectos y definido por la Oficina de Planificación Nacional (ODEPLAN) con un valor de 47,26 \$/hora en el mes de Diciembre de 1983) (1).

El costo marginal social por efecto de congestión es,

$$CMg = TMg \cdot VT$$

(1) El valor del tiempo se obtuvo actualizando los valores oficiales utilizados en estudios anteriores en el sector transporte.

Por lo tanto,

$$P - CMg = VT (t_{me} - TMg_j)$$

y reemplazando las ecuaciones 2.34 y 2.37 se obtiene,

$$P - CMg = -VT \cdot N \cdot \frac{\delta f \left(\frac{N_1}{\alpha_1}, \dots, \frac{N_m}{\alpha_m} \right)}{\delta N_j}$$

Aplicando la identidad $\frac{\delta f}{\delta N_j} = \frac{\delta f}{\delta V_j} \cdot \frac{\delta V_j}{\delta N_j}$

y $\frac{\delta V_j}{\delta N_j} = \frac{1}{\alpha_j}$, en la ecuación anterior, se obtiene:

$$P - CMg = - \left(VT \cdot \overset{N}{\alpha} \cdot V \cdot \frac{\delta f}{\delta V_j} \right) \cdot \frac{1}{\alpha_j} \tag{2.38}$$

• La ecuación 2.38 permite calcular la diferencia entre el precio pagado y costo marginal de un viaje en los diferentes modos de transporte urbano, y muestra que tal diferencia es mayor cuando el número de pasajeros por vehículo es menor. Finalmente,

$$\frac{\delta f}{\delta V_j} = \gamma_j \frac{\delta f}{\delta V}$$

con γ_j el factor de equivalencia del vehículo j ; luego la ecuación 2.38 se puede reescribir como,

$$P - CMg = - \left(\alpha \cdot V \cdot \frac{\delta f}{\delta V} \right) \cdot \frac{\gamma_j}{\alpha_j} \cdot VT \tag{2.39}$$

Las tasas de ocupación promedio en el período punta, en varios puntos de control del corredor⁽¹⁾ son,

- Automóvil particular = 1,72 (pax/veh)
- Buses y Taxibuses = 24,70 (pax/veh) ;

(1) Los valores de tasas de ocupación fueron proporcionados por la empresa Transin.

y la tasa de ocupación media considerando los modos automóvil particular y locomoción colectiva⁽¹⁾ es $\alpha = 3,8$ (pax/vehículo).

El factor de equivalencia de automóvil particular, taxi y taxi colectivo es igual a la unidad.

Por definición, el término $V \frac{\delta f}{\delta V}$ es idéntico a la diferencia (tme-TMg) del cuadro 2.5. Luego, multiplicando tales valores, por la razón de tasas de ocupación,

$$\frac{\alpha}{\alpha \text{ AUTO}} = 2,21$$

y por el valor del tiempo VT, se obtiene la diferencia P-CMg de los viajes realizados entre cada par O-D por efecto de congestión (cuadro 2.6).

C	-3,82	(1)	-5,15	(3)	-6,19	(6)
	-4,38	(2)	-4,64	(4)	-5,14	(7)
			-5,26	(5)		
					-7,04	(8)

Cuadro 2.6.- (P-CMg) del modo automóvil particular, por efecto de congestión (\$/pasajeros).

(1) No se consideró el modo taxi y taxi colectivo debido a que en el muestreo de tasas de ocupación no son incluidos.

2.4.5.- Costo Marginal por el Uso de Vías.

El costo social de utilización de vías se estimará como el costo de reposición del pavimento por término de su vida útil. No se incluirá el costo de conservación dado que no existe una política definida para estos efectos en la red vial de Santiago; por el contrario, sólo se realizan reparaciones en casos de evidente deterioro localizado, de los que no existe ningún estudio de los costos involucrados.

Según estimaciones de expertos⁽¹⁾, el costo de reposición de un pavimento de hormigón (incluyendo carpeta, base y sub-base) es aproximadamente de \$2.500 pesos por metro cuadrado (Dic.1983).

Por otra parte, los pavimentos de las principales vías de Santiago tienen una vida útil real de aproximadamente 20 años. El ancho de pista en este caso, es de 3,5 mt. y que corresponde a la sección de vía utilizada por un vehículo. Luego, el costo anual de reposición por pista de vía es de:

$$CV = \frac{2.500 \times 3,5}{20} = 437,5 \text{ (\$/año x mt)}$$

o bien, $CV = \frac{437,5 \times 1000}{365} = 1198,6 \text{ (\$/día x Km)}$

Esta estimación supone desgaste constante del pavimento durante la vida útil, lo cual es una aproximación razonable para este estudio.

(1) Los datos fueron proporcionados por el Sr. Jaime Téllez, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Las vías de red del corredor LC - Centro, sirven un flujo medio aproximado de 7000 automóviles por pista al día⁽¹⁾, luego el costo imputable al paso de un vehículo, por kilómetro recorrido, es:

$$CV_a = \frac{1.198,6}{7000} = 0,17 \text{ (\$/Km - veh)}$$

Este valor supone que el deterioro de las vías se produce exclusivamente por el paso vehicular, sin considerar el resto de agentes causantes; sin embargo, el pavimento se provee con el único objeto de permitir el paso vehicular y por tanto los costos totales sociales deben ser asociados a la función transporte.⁽²⁾

El costo (CV_a) representa el costo medio de uso de vía de un automóvil. Aceptando que el deterioro que provoca un vehículo en el pavimento, es independiente del nivel de flujo vehicular que circula, entonces el costo medio es igual al costo marginal. Este supuesto no concuerda absolutamente con la realidad, dado que la magnitud y el tipo de las solicitudes al pavimento dependen de la densidad de vehículos entre otras variables, sin embargo dada la precisión de la estimación requerida en este estudio la aproximación es aceptable.

El costo marginal por uso de vía (CMg_a^v) se calcula multiplicando el costo medio CV_a por la distancia entre cada par O-D y dividiendo por la tasa de ocupación de automóviles. El resultado se muestra en el Cuadro 2.7.

El costo marginal social por uso de vías calculado aquí, resulta variable solamente con la distancia del viaje realizado.

(1) Este valor resulta de un análisis de las estaciones de conteo permanente en el corredor LC-Centro. Datos proporcionados por la SECTU.

(2) Este aspecto es profundizado en el análisis para el modo Locomoción Colectiva (Ver Sección 2.5).

C	0,31	(1)	0,65	(3)	0,89	(6)
	9,30	(2)	0,54	(4)	0,89	(7)
			0,55	(5)	0,90	(8)

Cuadro 2.7.- Costo Marginal Social por el uso de vías entre cada par O-D (\$/pasajeros).

C	0,31	(1)	0,65	(3)	0,89	(6)
	9,30	(2)	0,54	(4)	0,89	(7)
			0,55	(5)	0,90	(8)

2.4.6.- Discusión.

En esta subsección, se ha analizado la influencia del efecto de congestión y reparación de vías en la tarificación de modos alternativos al automóvil particular en modelos de Segundo Optimo.

Se demuestra en primer lugar, la existencia de una diferencia importante entre el tiempo medio percibido por el automovilista y el aumento del tiempo de viaje en que incurren el resto de los usuarios de las vías, en otras palabras cuando no hay tarificación vial, el automovilista paga sólo una parte de los costos en que incurre la sociedad por el viaje que realiza. Así la diferencia del precio percibido por el usuario y costo marginal social resulta de sumar $(P-CMg)^t$ y el valor negativo del costo marginal de uso de vías $(-CMg^V)$, es decir los valores correspondientes de los cuadros 2.6 y 2.7; el resultado se presenta en el cuadro 2.8.

C	- 4,13	(1)	- 5,80	(3)	- 7,08	(6)
	- 4,68	(2)	- 5,18	(4)	- 6,30	(7)
			- 5,81	(5)		
					- 7,94	(8)

Cuadro 2.8.- Diferencia entre precio pagado por el usuario y el costo marginal de un viaje entre cada par O-D, en el modo automóvil particular (\$/pasajeros).

La diferencia $(P-CMg)^t$ varía dependiendo de la zona origen del viaje por dos motivos. Primero, la distancia del viaje; en este caso, el destino es único, luego la distancia queda definida por la zona origen. Dado que la distancia es la única variable considerada en el cálculo de costo por deterioro de vías, ésta resulta doblemente importante en la tarificación.

Por otra parte, zonas de igual distancia al destino presentan diferencias significativas, esto se debe al distinto grupo de rutas con que cuentan los usuarios de cada zona. En efecto, viajes que pueden elegir una ruta que pasa por el eje Costanera generan una diferencia $(P-CMg)^t$ nula en este tramo, debido a la escasa influencia del nivel de flujo en el tiempo de viaje; además un mayor número de alternativas permite atenuar la influencia de rutas con un grado de congestión muy alto.

Así, este resultado demuestra que la diferencia entre el precio pagado por el usuario y el costo marginal social del viaje, depende como variable más significativa de la distancia viajada y por lo tanto constituye un argumento para sistemas de tarificación diferenciando por distancia.

Con respecto a la metodología usada en el estudio de congestión, existen diversos métodos para medición de velocidades, entre los más adecuados está el método del vehículo flotante que se ha utilizado en muchos estudios en Chile. Sin embargo, el uso de sistemas de video cassette constituye el método más preciso para estas mediciones, pero el procesamiento de la información aún no se encuentra suficientemente desarrollado.

Nuevos estudios (Gibson, Jara y Díaz, 1984) han demostrado la conveniencia de utilizar mediciones de flujo desagregando por pelotones de vehículos y considerando el ciclo del semáforo como período de medición.

Las mediciones en tramos que incorporan semáforos, demostraron la existencia de otras variables causales además del flujo

(por ejemplo, el instante de entrada al tramo medido, IE), y la conveniencia del uso de funciones cuadráticas. En este estudio, la precisión obtenida en las funciones flujo-velocidad puede ser mejorada; sin embargo, los tramos que incorporan semáforos recojen los efectos reales del flujo sobre el tiempo de viaje requeridos por el modelo de tarificación.

Por otra parte, las fórmulas de agregación tienen una lógica simple que permite un proceso computacional de la información y un análisis de menor costo; además son susceptibles de implementarse en modelos de tarificación de mayor sofisticación y redes más complejas.

El análisis de la influencia de la congestión en la tarificación óptima de viajes en el corredor, permite tener una aproximación empírica de la magnitud de los valores involucrados así como de la información necesaria.

También es posible estimar los ingresos que percibiría la comunidad con una política de tarificación vial a costo marginal; tales ingresos teóricamente, deben ser invertidos para evitar el costo social que generó el viaje. En este estudio, no ha sido considerado el problema de la contaminación ambiental el cual tiende a aumentar la diferencia P-CMg y que, obviamente reviste interés en una ciudad de altos índices de deterioro ambiental como Santiago.

2.5.- Locomoción Colectiva de Superficie.

2.5.1.- Introducción.

En esta sección se estudiará el costo marginal social de transportar un pasajero, en la hora punta de la mañana, desde las diferentes zonas del corredor en el modo Locomoción Colectiva.

El proceso productivo de la empresa de locomoción colectiva, corresponde a un caso de multiproducción. En efecto, en la sección 1.4.2. se definió el producto de transporte, como:

$$Y = \{ Y_{ij}^{kt} \};$$

es decir, la empresa de buses produce un vector de bienes constituido por viajes entre cada par O-D, en un período del día.

En investigaciones realizadas con empresarios de líneas de buses que operan en Santiago y en el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, se determinó que no existe la información necesaria para un análisis de multiproducción; en particular, los flujos de pasajeros transportados entre cada par O-D del recorrido de la línea. Por otra parte, el registro de gastos realizados en repuestos y mantención sólo permite obtener costos medios de operación.

En este estudio se supondrá que los costos medios variables de operación, constituyen una aproximación razonable de los costos marginales. Este supuesto es válido dada las condiciones actuales de gestión de las empresas de buses y el ámbito de este estudio, sin embargo sólo constituye una estimación de los costos marginales, postergando para futuras investigaciones el desarrollo de funciones de costo de mayor precisión que den solución a las actuales incógnitas del problema de la oferta de Locomoción Colectiva.

2.5.2.- Estimación de Costos Marginales.

Por las razones descritas en el párrafo anterior, se supondrá que los costos medios variables (CMV) son una buena aproximación

del costo marginal social de un viaje.

En el proceso productivo de un viaje en bus, consideraremos los siguientes items de costo para la sociedad:

- i) costos variables de operación (CO)
- ii) costos variables por el uso de vías (CV), y
- iii) costos marginales de congestión

En esta sección se analiza en detalle los costos de operación de buses. Los items ii) y iii) son incorporados a partir del estudio realizado para el caso de automóviles en el punto 2.4.

i) Costos Variables de Operación.

Un resumen de los costos medios variables en que incurre el vehículo de Locomoción Colectiva, aparece en el cuadro 2.9; los valores y cálculos en detalle se describen en el anexo 2.

Los costos por depreciación a considerar, teóricamente incluyen aquellos relacionados con el uso de la máquina. Estos se han estimado en \$400.000 al año, utilizando información del valor de mercado de Buses para diversos años de uso.

Item 1	2 Valor de Mercado (\$)	3 Factor Social (FS)	4 Precio Social (\$)	5 Costo por Km (\$/Km)	6 Costo por pasajero (\$/pasajero)
1. Mantenición a los 5.000 Km					
1.1 Repuestos	980	1,046	1.025	0,21	
1.2 Lubricantes	2.900	0,983	2.852	0,57	
1.3 Mano de Obra	2.700	1,000	2.700	0,54	
2. Mantenición a los 25.000 Km					
2.1 Repuestos	6.000	1,046	6.275	0,25	
2.2 Lubricantes	3.780	0,983	3.717	0,15	
2.3 Mano de Obra	10.500	1,000	10.500	0,42	
3. Mantenición a los 100.000 Km					
3.1 Repuestos	50.000	1,046	52.290	0,52	
3.2 Mano de Obra	48.200	1,000	48.200	0,48	
4. Neumáticos(3 unidades cada 40.000 Km)	54.000	0,9458	51.073	1,28	
5. Combustible. Rendimiento de 3,5 Km/lt.(1lt)			25,01	7,17	
6. Remuneraciones variables (por pasajero)	2,18	0,7			1,53
7. Boleto (por pasajero)	0,25				0,25
8. Depreciación				4,72	
Totales:				16,31	1,78

Cuadro 2.9.- Costos Medios Sociales Variables de Operación de Vehículos de Locomoción Colectiva (pesos de Marzo 1983).

Los datos utilizados en el estudio de costos de operación de buses fueron investigados en una empresa de buses de Santiago⁽¹⁾. La columna 2 indica el factor por el cual se multiplican los valores de mercado de los recursos (col 1) para obtener el valor social de éstos (col 3). Las columnas 5 y 6 muestran los costos variables con los kilómetros viajados y el número de pasajeros respectivamente.

El consumo de combustible representa el 62%⁽²⁾ de los costos variables por kilómetro recorrido, mientras estudios anteriores (Philippi, et al.1977) han obtenido valores que van desde 63% (para motores bencineros) hasta 50% (en motores diesel). Por otra parte, los costos variables con los pasajeros transportados representan un 17% de la tarifa, en tanto que anteriores estudios consignan un valor de 17,5% de la tarifa vigente.

El costo marginal social de operación de viajar entre un par O-D a una distancia D, está dado por la fórmula:

$$CMg^{\circ} = 18,53 \cdot \frac{D}{\alpha_{BUS}} + 2,10 \quad (\$ \text{ Dic.1983})^{(3)}$$

donde α_{BUS} es la tasa de ocupación de bus. Análogamente al caso de automóviles (Ver 2.4.4.3), se calculó una tasa de ocupación media de buses en el corredor de 24,7 pas/bus.

En el cálculo de costos marginales de operación para cada par O-D, se utiliza la distancia media de viaje (Cuadro 2.5), el resultado se muestra en el Cuadro 2.10.

(1) Los valores de consumo de recursos en la operación de buses, fueron investigados por Ximena Alegría, del Depto. de Ingeniería Civil, U.Chile.

(2) Corresponde a un vehículo con motor diesel.

(3) Los valores se obtienen deflactando aquellos que aparecen en el cuadro 2.9.

C	4,70 (1)	7,63 (3)	9,64 (6)
	6,61 (2)	6,71 (4)	9,64 (7)
		6,79 (5)	
			9,73 (8)

Cuadro 2.10.- Costos marginales sociales de operación de un bus entre cada par O-D (\$/pasajeros a Dic.1983).

ii) Costos Variables por el Uso de Vías.

Se usará aquí la estimación de costos de deterioro de pavimento realizada para el modo automóvil (Ver sección 2.4.5.), es decir:

$$CVa = 0,17 \text{ (\$/veh-Km)}.$$

El deterioro generado por un bus es aproximadamente N veces superior al de un automóvil, donde N representa el factor de equivalencia de buses en términos de deterioro. En orden a calcular este factor, consideremos los siguientes supuestos simplificados: un bus, cualquiera sea su ocupación, tiene un peso no mayor de 8 toneladas; el paso de buses no afecta en mayor grado la sub-base respecto del automóvil, y el análisis de deterioro para pavimento asfáltico arroja resultados de magnitud razonable para aplicarlo también a un pavimento de hormigón.

Por otra parte, el factor N debe representar el número de automóviles que generan igual deterioro que un bus en la vida útil y que responde al concepto de ejes equivalentes utilizado por el Manual de Carreteras⁽¹⁾.

(1) Ver referencias.

En la vida útil de un pavimento, el deterioro se genera tanto por causas climáticas, deterioro sin presencia de flujo, como por el paso de ejes vehiculares.

Para estimar el factor de equivalencia N , consideraremos que el número estructural (SN) de diseño de pavimentos, recoge toda la información de los costos de pavimentación; segundo, un pavimento queda fuera de servicio cuando su índice de serviciabilidad (p) alcanza el valor 2,5; y, por último, a pesar que el deterioro es exponencial con el número de pasadas de ejes, es razonable pensar que el costo de pavimentación será tarifado como costo medio sin considerar el hecho que un vehículo produce mayor deterioro mientras más próximo se encuentra el término de la vida útil de la calzada.

Ahora bien, los números estructurales para el caso de Santiago, estimados según el método propuesto por el Manual de Carreteras y una vida útil de 20 años, son aproximadamente:

$$SN_1 = 4,00 \quad \text{sólo automóviles,}$$

$$SN_2 = 11,00 \quad \text{sólo buses y}$$

$$SN_3 = 2,20 \quad \text{sin flujo vehicular.}$$

Luego, el factor de equivalencia de buses respecto del automóvil es:

$$N = \frac{SN_2 - SN_3}{SN_1 - SN_3} = \frac{8,8}{1,8} = 4,9$$

y el factor de deterioro causado por el paso de automóviles, respecto del total, es:

$$R = \frac{SN_1 - SN_3}{SN_1} = 0,45$$

El costo medio por el uso de vías de un bus (CV_b), puede estimarse mediante la fórmula:

$$CV_b = N \times CV_a \times R + (1 - R) \times CV_a$$

donde CV_a es el costo medio de uso de vía en el caso de automóviles.

Luego,

$$CV_b = (4,9 \times 0,17 \times 0,45) + ((1-0,45) \times 0,17) = 0,47 \text{ (\$/Km-bus)}$$

que representa el costo medio por deterioro de vías generado por un bus; por lo tanto, el costo asociado a un pasajero de Locomoción Colectiva se obtiene dividiendo CV_b por la tasa de ocupación media de buses, esto es:

$$CV_b = \frac{0,47}{24,7} = 0,02 \text{ (\$/Km x pax)}.$$

Por otra parte, el costo social medio por deterioro de vías de un pasajero de automóvil es:

$$CV_a = \frac{0,17}{1,7} = 0,1 \text{ (\$/Km x pax)};$$

luego, si no existe una tarificación vial a costo medio por uso de infraestructura, la diferencia $CV_a - CV_b = 0,08$ (\\$/pax-Km), representa el subsidio extra que reciben los usuarios de automóvil por parte de la sociedad⁽¹⁾.

(1) El valor de este subsidio representa un orden de magnitud bajo los supuestos establecidos.

El costo social por uso de vías de un viaje en Locomoción Colectiva entre cada zona origen del Corredor y el centro, se obtiene multiplicando CV_b por las correspondientes distancias de viaje⁽¹⁾ (Cuadro 2.11).

C	0,31	(1)	0,66	(3)	0,90	(6)
			0,55	(4)	0,90	(7)
	0,30	(2)				
			0,56	(5)	0,91	(8)

Cuadro 2.11.- Costo medio social por uso de vías generado por viajes en bus, entre cada par O-D (\$/pax a Dic.1983)

iii) Costos Marginales de Congestión.

En la sección 2.3.3 se estimó la diferencia entre tme y TMg de los viajes realizados entre cada par O-D y los valores obtenidos aparecen en el Cuadro 2.5. Tales valores resultan de la construcción de relaciones flujo-velocidad con funciones cuadráticas (ecuación 2.31) y la expresión de $tme - TMg$ está dada por la ecuación 2.32, esto es:

$$tme - TMg = \frac{-\alpha_i \overline{VA}}{L}$$

Se encontró también la fórmula general para calcular la diferencia P-CMg por congestión, para cada modo de transporte; en efecto, para el modo j , según la ecuación 2.39,

$$P - CMg = - \left(\alpha \cdot V \cdot \frac{\delta f}{\delta v} \right) \cdot \frac{\gamma_j}{\alpha_j} \cdot VT$$

(1) Las distancias entre cada zona origen y el Centro aparecen en el Cuadro 2.5.

en que α es la tasa media de ocupación considerando todos los modos (igual a 3.8 pasajeros/veh), γ_j el factor de equivalencia, α_j la tasa de ocupación del modo en que se realiza el viaje y VT el valor del tiempo (47,26 \$/hr). Además,

$$t_{me} - T_{Mg} = - V \frac{\delta f}{\delta V} .$$

El factor de equivalencia de buses es el número de automóviles que provocan igual interferencia (congestión) que un bus en la vía. Las relaciones flujo-velocidad, cuya forma funcional es una "cuadrática", utiliza como una de sus variables explicativas, el flujo de buses VB. La razón entre los coeficientes de la función flujo-velocidad que acompañan al flujo de automóvil (α_1) y buses (α_2), α_2/α_1 , constituye por construcción el factor de equivalencia de buses.

Sin embargo, en nuestras estimaciones, el coeficiente α_2 resultó sistemáticamente carente de significación estadística, por ello los valores que se obtienen para el factor son de escasa confiabilidad. La causa de esto, radica en el reducido número de buses que pasan en un ciclo de semáforo, existiendo varios ciclos sin presencia de buses; así, el número de observaciones que determinan el valor del coeficiente α_2 , es insuficiente para obtener una buena estimación de la equivalencia de un bus en el tramo respecto del automóvil.

En estudios de gestión tránsito realizados en la ciudad de Santiago, se han encontrado factores de equivalencia de buses⁽¹⁾ en relación al flujo de saturación en líneas de parada. Los valores obtenidos varían entre 1.75 y 2.33, los cuales presentan variabilidad que aún no se ha estudiado completamente; así, en este estudio utilizaremos el factor $\gamma = 1,8$ que representa un valor con

(1) Para una recopilación de los valores obtenidos en estudios anteriores de flujos de saturación ver T. Gálvez y F. Martínez, 1984.

servador en el sentido que, con la evidencia empírica actual, se puede esperar que un valor más exacto de γ será, en todo caso, menor en zonas no céntricas; luego, ésta estimación del factor de equivalencia no tiende a privilegiar al modo Locomoción Colectiva en el sentido de subestimar sus externalidades.

El valor de la diferencia $(P - CMg)^t$ debido a la congestión provocada por cada pasajero que viaja en bus, entre cada par O-D es :

$$(P - CMg)_{O-D}^t = (t_{me} - TMg) \cdot \gamma \cdot VT \cdot \frac{\alpha}{\alpha_{BUS}}$$

La tasa de ocupación de buses es:

$$\alpha_{BUS} = 24,7 \text{ (pasajeros/bus);}$$

los resultados se presentan en el cuadro 2.13.

En este caso $(P - CMg)_b$ representa la diferencia entre el valor del tiempo invertido por el pasajero al realizar un viaje y el valor del aumento de tiempo de viaje provocado sobre todo el flujo de la red.

C	-239,0	-322,7	-387,5
		-290,7	-338,9
	-274,5	-324,4	
			-440,8

Cuadro 2.12.- Valores de $(t_{me} - TMg)$ de un viaje entre cada par O-D (en seg/bus).

C	-0,49	-0,65	-0,78
	-0,55	-0,58	-0,68
		-0,66	
			-0,88

Cuadro 2.13.- Valores de $(P-CMg)^t$ para viajes entre cada par O-D, en bus, por efecto de congestión (\$/pas a Dic. de 1983).

La relación que existe entre las externalidades por congestión provocadas por un pasajero en bus y automóvil, es:

$$\frac{\alpha_{bus}}{\alpha_{auto}} \cdot \frac{\gamma_{auto}}{\gamma_{bus}} = 8,0$$

es decir, el problema de congestión vial conduce a un costo social de viajes realizados en automóvil, aproximadamente ocho veces superior al costo de un viaje entre igual par O-D realizado en bus.

2.5.3.- Estimación del costo marginal de buses.

En la sección anterior se estimaron CMg de los items relevantes de costos sociales en que incurre el pasajero de bus al realizar un viaje en el corredor.

La tarifa vigente (t) en el mes base estudiado (Dic.1983) depende de cada variante de locomoción colectiva sin existir relación de ésta con la distancia del par O-D; un valor medio de esta tarifa es $t = 20 \text{ \$/pas.}$

El costo marginal de locomoción colectiva (CMg_{lc}) incluye los items de operación, uso de vías y congestión,

$$CMg_b = CMg^o + CMg^v + CMg^t ; \quad (2.40)$$

además, el precio pagado por el usuario corresponde a valor del tiempo de viaje empleado (P^t) y la tarifa t_{lc}

En el modelo de tarificación óptima se tiene que,

$$P_{lc} = CMg_{lc} + \sum_j + \left(\frac{\delta X_i}{\delta P_i}\right)^{-1} \cdot \sum_j (P-CMg)_j, \frac{\delta X_j}{\delta P_i} .$$

en que llamaremos ϕ a la sumatoria. Luego,

$$t_{lc} + P^t = CMg^o + CMg^v + CMg^t + \phi$$

y reordenando se obtiene:

$$t_{lc} = CMg^o + CMg^v - (P-CMg)^t + \phi$$

En lo sucesivo y para simplificar la notación se usará:

$$CMg^*_{lc} = CMg^o + CMg^v - (P-CMg)^t \quad y$$

$$P^*_{lc} = t_{lc}$$

El cuadro 2.14 resume la información de CMg* para cada par O-D.

Zona Origen	$Cm_g^o + Cm_g^v$ (\$/pas)	$(P-Cm_g)^t$ (\$/pas)	Cm_g^{*lc} (\$/pas)
	(1)	(2)	(3)
1	5,01	-0,49	5,50
2	4,91	-0,55	5,46
3	8,29	-0,65	8,94
4	7,26	-0,58	7,84
5	7,35	-0,66	8,01
6	10,54	-0,78	11,32
7	10,54	-0,68	11,22
8	10,64	-0,88	11,52

Cuadro 2.14.- Resumen de la diferencia P-CMg para viajes en locomoción colectiva, entre cada par O-D (en \$/pas a Dic. 1983).

La columna 1 se obtiene de sumar para cada par O-D, los valores indicados en los Cuadros 2.10 y 2.11 donde el Cm_g^o se ha estimado igual al costo medio. La columna 2 muestra el efecto de congestión.

La columna 3 resulta de sumar la columna 1 y 2 (ésta última con signo cambiado), y entrega el valor de un pseudo costo marginal que se utilizará en el modelo de tarificación según se definió anteriormente.

2.6.- Taxi Colectivo.

2.6.1.- Introducción.

Este modo de transporte es de larga trayectoria en la ciudad de Santiago, sin embargo durante los últimos años se ha constatado un aumento significativo de su participación en el transporte urbano constituyéndose en un modo que sirve parte importante de la demanda.

Una razón plausible de ello, es que el taxi colectivo ha demostrado gran flexibilidad de operación y tarifa, adecuando ambos aspectos a las condiciones variables de la demanda y el mercado en general; así ha logrado crear nuevas líneas en combinación con el Metro con un nivel de servicio muy atrayente (en términos de tarifa y frecuencia). Ultimamente, incluso se puede encontrar líneas con tarificación diferenciada por distancia del viaje en algunos tramos.

En relación a la diferencia $P-CMg$ que nos interesa, este modo de transporte puede pensarse como un automóvil particular en los items de deterioro de vías y congestión, según fueron analizados en la sección 2.4; sin embargo en este caso, el costo medio de operación (que suponemos igual al costo marginal) es diferente a la tarifa pagada por el pasajero, luego a diferencia del automóvil particular, $(P-CMg) \neq 0$. Por lo tanto, en esta sección estudiaremos los costos marginales de operación y su diferencia con la tarifa; el resto de los items de costos se obtendrán del estudio realizado para automóviles.

2.6.2.- Costo Marginal de Operación.

El sistema de Taxis Colectivo de Santiago está constituido por conjuntos de dueños de vehículos que forman las denominadas "líneas" y sirven determinadas rutas. Tal asociación no incorpora características empresariales de operación dado que su principal objetivo es el de mantener un cierto grado de monopolio, en cada ruta a través de la frecuencia, tarifa y control de taxis colectivos no asociados llamados "piratas". En este sentido existe gran similitud con la estructura de asociaciones de locomoción colectiva (buses y taxibuses).

Al igual que en el análisis de costos marginales de locomoción colectiva, en este caso se supondrá que los costos variables de operación son una buena aproximación del costo marginal asociado al transporte de un pasajero. Tal aproximación es más exacta en este caso debido a que la unidad mínima de aumento de capacidad productiva (un automóvil) es de menor magnitud que el caso anterior (un bus), en otras palabras el plazo de modificación de la capacidad productiva es menor.

Características de la línea estudiada.⁽¹⁾

Se estudió una línea de taxis colectivos que ha operado entre Las Condes y el Centro durante varios años. Se analiza el período punta de mañana en que la frecuencia promedio de salidas de vehículos es de 3 minutos y el vehículo típico corresponde a un Chevrolet Opala de cuatro cilindros con una flota de 25 vehículos.

(1) Los datos de consumo de recursos en la operación de taxis colectivos fueron investigados en terreno por Julio Molina, Departamento Ingeniería Civil, U. Chile.

Otras características son:

- Longitud del recorrido (ida más regreso) : 34 Km.
- Tiempo de ciclo en hora peak : 1 hora 10 minutos.
- Volumen de pasajeros en hora peak : 110 pas/hr.
- Rendimiento de combustible : 7,5 Km/lt.

Los costos de operación pueden dividirse en dos grupos, a saber: costos variables por kilómetros recorridos y aquellos que varían con el número pasajeros transportados.

Costos variables por kilómetro.

Costo por consumo de combustible, es el de mayor importancia de los costos de operación.

El precio de venta al público, 33 \$/lt (en Abril de 1983) de gasolina de 93 octanos, se compone como sigue:

1.- Producción (ENAP)	60,1%	19,83	
2.- Distribución	12,2%	4,03	
3.- Impuestos	27,7%	9,14	
		<hr/>	
Total		33,0 \$/lt	(1)

Además el valor de producción tiene la siguiente composición:

Crudo Importado	63%
Depreciación	11%
Materiales	11%

Luego el porcentaje de productos importados o sustitutos es el 85% de la componente de producción. El resto corresponde

a :

Remuneraciones	6%
Impuestos	1%
Servicios contratados	8%

(1) Fuente: Comisión Nacional de Energía, Agosto de 1982.

Considerando un factor de valor social de divisas de 1,3 y de producto nacional y mano de obra calificada de 1,0 se obtiene el valor social de combustible (sin considerar los items de impuestos), esto es :

Precio Social de Combustibles = 29,45 \$/lt (Abril 1983), considerando un rendimiento medio de 7,5 km/lt, el costo social de consumo de combustible es de 3,93 \$/km.

Lubricantes.

El precio de venta al público de un galón de aceite lubricante es de \$1.050 (Abril de 1983), que se compone de :

1.- Comercialización	33,3%	349,65
2.- Componente Importado	50,0%	525,00
3.- Impuestos	16,7%	175,35
		<hr/>
Total		1.050,00 \$/galón;

luego, aplicando los factores para cálculo del precio social, se obtiene :

Precio Social Lubricante = 1032,15 \$/galón

El cambio de aceite se realiza cada 5.000 kilómetros de recorrido, luego el costo social de lubricantes es de 0,21 \$/km.

Mantenimiento

El cuadro 2.15 resume los costos de mantenimiento de un automóvil Opala considerado en este estudio.

Item	Duración (km)	Costos (\$)		Costos (\$/km)	
		M.de.O	Repuestos Imp.	M.de.O	Rep. Imp
Cambio Filtro aceite	10.000	-	250	-	0,025
Cambio Filtro Aire	10.000	-	280	-	0,028
Lavado Motor	10.000	220	-	0,022	-
Lavado Carrocería	10.000	280	-	0,028	-
Lavado Chasis	10.000	280	-	0,028	-
Afinamiento	20.000	800	-	0,040	-
- Cambio Bujías	-	-	480	-	0,024
- Cambio Platinos	-	-	250	-	0,0125
- Limpiar Carburador	-	-	-	-	-
- Cambio Condensador	-	-	180	-	0,009
Total costos de mantenimiento:				0,118	0,0985

Cuadro 2.15.- Costos de mantenimiento asociados a la operación de un vehículo (pesos de Abril de 1983).

Luego, el Costo Social es :

$$CS = 0,118 \times 1,0 + 0,0985 \times 1,3 = 0,246 \text{ \$/km.}$$

Neumáticos.

Se considera un cambio de cuatro neumáticos cada 40.000 km. recorridos y un precio de venta a público de \$3.800 (Abril de 1983) que se descompone en los siguientes items:

Mano de Obra	20%	\$ 760,0
Componente Nacional	25,8%	\$ 980,4
Componente Importado	37,5%	\$ 1.425,0
Impuestos	16,7%	\$ 634,6
		<hr/>
		\$ 3.800,0

Luego, el precio social por unidad es :

$$PS = 1,3 \times 1.425,0 + 1,0 (980,4 + 760,0) = \$ 3.592,9$$

y el costo social:

$$CS = (4 \times 3.592,9) / 40.000 = 0,359 \quad (\$/Km)$$

Reparaciones.

En el Cuadro 2.16 se resumen los costos de reparación de un automóvil, de donde se obtiene que :

$$CS = 0,129 \times 1,0 + 0,438 \times 1,3 = 0,698 \quad (\$/Km)$$

Descripción	Km x1.000	Costos (\$)		Costos (\$/km)	
		M.de.O	Rep.Imp.	M.de.O	Rep.Imp.
Regular Frenos	10,0	400	-	0,040	-
Cambio de Pastillas	25,0	300	2.600	0,012	0,104
Cambio de Balatas	20,0	300	1.500	0,015	0,075
Cambio de Filtro Bencina	30,0	100	150	0,003	0,005
Cambio Correa Alt.	40,0	100	280	0,002	0,007
Cambio Bomba Agua	40,0	400	1.800	0,010	0,045
Cambio Cruceta Cordán	60,0	400	1.000	0,007	0,017
Cambio de Amortig.	60,0	700	3.600	0,012	0,060
Cambio Bomba Bencina	60,0	300	1.895	0,005	0,032
Cambio Alternador	60,0	600	230	0,010	0,038
Cambio Disco Embrague	60,0	800	1.400	0,013	0,023
Cambio Bateria	80,0	-	5.300	-	0,066
Total Costos de Reparación				0,129	0,438

Cuadro 2.16.- Costos de reparación del automóvil tipo Opala de cuatro cilindros (\$ de Abril de 1983).

El total de costos sociales variables con la distancia recorrida (considerando combustible, lubricantes, neumáticos, mantención y reparación) es :

$$CS = 5,443 \text{ (\$/Km)},$$

Costo variable con el tiempo de operación del vehículo.

El tiempo de operación del vehículo incide en el costo de operación por concepto de remuneración variable del chofer y depreciación del vehículo.

El ingreso del chofer depende del tiempo que trabaja en un período de tiempo de acuerdo con un contrato con el dueño del vehículo. Sin embargo, el costo social del trabajo es aquel que reporta a la sociedad el empleo de la mano de obra en tal actividad y usualmente es estimado por el valor alternativo del trabajo en alguna otra actividad. El nivel de cesantía en Santiago podría motivar un valor alternativo nulo de la mano de obra del chofer, sin embargo, el que labora en esta actividad ha demostrado poseer ciertas características que le permiten, a pesar de la cesantía generalizada, realizar una actividad productiva independiente. Por esto, consideraremos un sueldo mínimo en esta actividad de \$15.000 al mes (o bien 85\$/hr)⁽¹⁾. Luego, dado que el tiempo de ciclo de recorrido en hora punta mañana es de 1.08 hr, el costo social por chofer es:

$$\times CS = 78,5 \text{ \$/ciclo,}$$

y considerando una tasa ocupación de 5,5 pas/ciclo se tiene que:

$$CS = 14,3 \text{ \$/pas.}$$

Por otra parte, el costo social asociado a la depreciación del vehículo se puede estimar en base a los valores de mercado del vehículo Opala para diversos años de uso. Tal análisis permite concluir que el valor medio de la depreciación es aproximadamente el 11% anual respecto del valor de mercado del vehículo. Considerando el modelo tipo fabricado en 1978 con un valor de \$270.000 y el valor social de la divisa, se obtiene un monto por depreciación de aproximadamente:

$$CS = 4,4 \text{ \$/hr,}$$

o bien 0,74 \\$/pas.

(1) Se consideró 22 días laborales y 8 horas diarias de trabajo.

Costo variable con el número de pasajeros.

El costo por este concepto se debe al valor social del boleto que se compone de los siguientes items:

Valor nominal de un rollo (100 boletos)	\$	24,75
Seguro I.S.E. (1% de la tarifa)	\$	500,00
Comisión Bco. Estado (1,5 de la tarifa)	\$	0,04
Fondo de Mejoras de la Locomoción Colectiva	\$	24,40
Costo Social de 1.000 boletos	\$	<u>549,19</u>

Luego, el costo social de operación que no depende de los kilómetros viajados es :

$$CS = 14,30 + 0,74 + 0,55 = 15,60 \text{ \$/pas.}$$

Resumiendo, el costo social de operación de un taxi colectivo por pasajero transportado es :

$$CS = 5,443 \cdot \frac{D}{T} + 15,60 \text{ (\$/pas)}$$

donde D y T son la distancia recorrida y el número de pasajeros transportados respectivamente, en un ciclo de operación. En la línea de Taxis Colectivos estudiada, D = 34 Km. y T = 5,5 pas/veh en la hora punta de la mañana, luego :

$$CS = 49,75 \text{ (\$/pas a Dic 1983)}$$

A diferencia del modo Locomoción Colectiva, en este caso dos costos medios sociales de operación consideran el costo de un ciclo; es decir el valor calculado $CS = 49,75 \text{ \$/pas}$ supone que los pasajeros que realizan un viaje al centro (sólo de ida) generan los costos sociales de regreso vacío (o casi vacío) del vehículo. Esto es un supuesto razonable si se piensa en las características de operación de un Taxi-Colectivo (a la fecha del estudio), donde el chofer opera en la línea en aquellos períodos en que puede mantener una tasa de ocupación cercana a la capacidad del vehículo, en caso contrario trabaja como Taxi. Por otra parte, la operación de Locomoción Colectiva tiene una estructura de recorrido fijo y no tiene uso alternativo de las máquinas luego es un sistema regular, además existe una amplia variedad de orígenes y destinos en ambos sentidos del recorrido.

Resumiendo, el costo marginal de operación se estima igual al costo variable medio en un ciclo de operación y la diferencia con la tarifa pagada por el usuario es:

$$(P-CMg)^{\circ} = 50 - 49,75 = 0,25 \text{ (\$/pas)}.$$

2.6.3.- Costo Marginal Total.

Los items de costo marginal por tiempo de viaje y uso de vías se calcularon en el modo automóvil particular (cuadro 28) y, para estimar dichos costos para el modo Taxi Colectivo basta multiplicar por la razón entre las tasas de ocupación de ambos modos (es decir $1,72/5,0 = 0,344$); el resultado se muestra en el cuadro 2.17. Finalmente el cuadro 2.18 contiene el valor de P-CMg total entre cada par O-D que se obtiene sumando el término constante de operación $(P-CMg)^{\circ}$ a los valores de cada par O-D del cuadro 2.17.

C	-1,42	-2,00	-2,44
		-1,78	-2,17
	-1,61	-2,00	-2,73

Cuadro 2.17.- Diferencia (P-CMg) por concepto de congestión y uso de vías (\$/pas. Dic.1984)

C	-1,17	-1,75	-2,19
		-1,53	-1,92
	-1,36	-1,75	-2,48

Cuadro 2.18.- Resumen de la diferencia P-CMg de un viaje en Taxi Colectivo entre cada par O-D (\$/pas. Dic.1983)

Es notable el grado de aproximación que existe entre la tarifa y el costo marginal social de operación, lo que refleja la estrecha competencia prevaleciente en el mercado de los taxis.

2.7.- Metro.

2.7.1.- Introducción.

El estudio de costos del Metro presenta características diferentes al resto de los modos estudiados. En efecto, este modo de transporte circula por una vía independiente que no interactúa con el resto de los vehículos, luego no participa en el problema de congestión de la red vial; por otra parte, el costo asociado al uso de vías queda incorporado en los costos de operación, que en este caso se refieren a mantención de la red de vías del Metro.

Además, la tecnología usada por este modo de transporte, utiliza energía eléctrica sin provocar contaminación atmosférica y el hecho de transitar por vías subterráneas evita la contaminación acústica; luego, en este caso no se realiza aproximación alguna en cuanto a no evaluar los costos sociales por contaminación atmosférica.

La infraestructura actual del Metro de Santiago supera las necesidades para operar el sistema; en efecto, se cuenta con los equipos para operar una red mayor de la instalada y actualmente operando. Este hecho es consecuencia de haber construido sólo parte de la red inicialmente propuesta y, por ejemplo en la Línea 2, contar con una demanda que constituye sólo una fracción pequeña de la capacidad de transporte disponible. En consecuencia, una parte importante de los costos de operación son fijos e inherentes a la situación actual de oferta y demanda.

Lo expuesto en el párrafo anterior, permite concluir que los costos marginales (sociales) de la Red de Metro pueden ser estimados iguales a los costos variables (sociales) de operación.

2.7.2.- Estimación de Costos Variables.

Los costos mensuales de operación de la Red de Metro se dividen en cuatro grupos, atendiendo a la estructura de consumos y control de recursos, a saber: líneas, estaciones, material rodante y gastos generales. Además, en cada grupo los costos se distribuyen en: remuneraciones, mantenimiento y reparaciones, energía y gastos generales.

Todos los datos de oferta y demanda en detalle fueron proporcionados por la Dirección General de Metro, sin embargo aquí sólo interesa totalizar aquellos items que son variables en la operación mensual⁽¹⁾ de la parte de la Línea 1 que sirve al corredor Las Condes-Centro (tramo estación Escuela Militar-La Moneda), en la hora punta de la mañana.

a) Antecedentes Generales.

Número de estaciones.

- En la red de Metro	: 35	(100%)
- Línea 1	: 24	(68,57% de la red)
- Tramo (EM-LM)	: 13	(37,14% de la red y 54,17% de la L1)

Demanda de Pasajeros.

- En la red	: 374.842	pas/día	(100%)
- Línea 1	: 305.686	pas/día	(81,55% de la red)
- Tramo EM-LM	: 212.011	pas/día	(56,56% de la red y 70,0% de la L1)

(1) Los costos variables para este estudio no corresponden exactamente a la distribución en costos fijos y variables que mantiene la Dirección General del Metro.

Kilometraje recorrido al mes.

- En la red : 325.267 Km/mes (100%)
- Línea 1 : 226.942 Km/mes (69,77% de la red)
- Tramo EM-LM : 113.486 Km/mes (34,03% de la red y 48,7% de L 1).

Longitud de vías.

- Línea 1 : 16,4 Km
- Tramo EM-LM : 8,0 Km (48,78% de L 1)

Tarifas.

- Boleto individual: 14 \$/pas. con el 55,6% del total
- Carnet de 10 unidades: 13 \$/pas. con el 44,4% del total

$$\text{Tarifa media} = 14 \cdot 0,556 + 13 \cdot 0,444 = 13,56 \text{ \$/pas.}$$

b) Estructura de costos variables.

A continuación se detallan los costos variables de operación para la Red de Metro y en particular para tramo EM-LM.

Los valores corresponden a pesos chilenos de Julio de 1983.

- Costos variables con los kilómetros de vía (C1).

	REMUNER.	MANT y REP.	ENERGIA	GAST.GEN.	TOTAL
LINEA	8.721.422	5.068.841	-	-	13.790.263
ESTACION	-	-	-	-	-
M.ROD.	-	-	-	-	-
G.GENER.	-	-	-	-	-
<hr/>					
Total Red.	8.721.422	5.068.841	-	-	13.790.263
EM-LM (34,03%)	2.967.900	1.724.927	-	-	4.692.827

-Costos variables con el número de estaciones (C2).

	REMUNER.	MANT. y REP.	ENERGIA	GAST.GEN.	TOTAL
LINEA	-	-	-	-	-
ESTACION	11.113.861	4.024.423	4.758.579	-	19.896.863
M.ROD.	-	-	-	-	-
G.GENER.	-	-	-	-	-
<hr/>					
Total					
Red.	11.113.861	4.024.423	4.758.579	-	19.896.863
EM-LM					
(37,14%)	4.127.688	1.494.671	1.767.336	-	7.389.695

- Costos variables con los trenes-kilómetros recorridos (C3).

	REMUNERAC.	MANT. y REP.	ENERGIA	GAST.GEN.	TOTAL
LINEA	3.118.138	-	20.025.688	-	23.143.826
ESTACION	379.486	638	-	-	380.124
M. ROD.	2.383.047	6.764.044	-	-	9.047.091
G. GEN.	-	-	-	-	-
<hr/>					
Total					
Red.	5.880.671	6.764.682	20.025.688	-	32.671.041
EM-LM					
(34,03)	2.001.192	2.302.021	6.814.742	-	11.117.955

c) Análisis del período punta mañana.

Debido a las características de mayor oferta y demanda en este período (respecto del resto) y que se cuenta con información desagregada suficiente, se analizan los costos variables y la demanda de este período en particular.

i) Oferta en hora punta.

Interesa analizar qué porcentaje del total diario corresponde a salidas de trenes en la hora punta.

Según la curva de oferta de transporte de la Línea 1 del Metro, los intervalos de salida de trenes son:

<u>Período</u> (hr)	<u>Intervalo Medio</u> (de salidas) (min)		<u>N° Salidas</u>
6:15 - 7:15	6,0	Inicio	10
7:15 - 9:20	2,5	Punto Mañana (PM)	50
9:20 - 12:05	3,58	Fuera Punta	46
12:05 - 14:30	3,33	Punta Medio Día	44
14:30 - 16:40	3,58	Fuera Punta	36
16:40 - 19:15	2,5	Punta Tarde	62
19:15 - 22:30	5,68	Término	<u>55</u>
		TOTAL	303

El número de salidas de trenes se calcula como la razón entre el período y el intervalo medio de salida.

El porcentaje del total diario que corresponde al período punto mañana es:

$$\%PM = \frac{50}{303} \cdot 100 = 16,5\% \text{ de las salidas diarias,}$$

que ocurren en aproximadamente el 12,31% del tiempo de operación diaria.

Dado que la curva de salidas diarias sólo varía (salvo excepciones) en los meses de Enero y Febrero, este valor es representativo de la oferta en la hora punta de cualquier día de semana.

ii) Demanda en el período punta mañana.

Analizaremos la demanda en el tramo EM-LM.

<u>Día Semana</u>	<u>Afluencia diaria en la Línea 1 (pas/día)</u>	<u>Afluencia en PM (pas)</u>	<u>% PM</u>
Lu	333.849	25.310	7,58
Mi	323.692	25.231	7,79
Vi	342.001	24.323	<u>7,11</u>
			Promedio 7,50

Luego, la afluencia en la hora punta de la mañana es, en promedio semanal, es 7,5% de los viajes diarios realizados en la línea 1. Los datos corresponden a la semana del 17 al 21 de Octubre de 1983.

iii) Oferta en Día Laboral.

La curva de oferta de fin de semana es muy diferente a la de un día laboral, obviamente debido a la estructura y magnitud de la demanda. Luego calcularemos qué porcentaje de la oferta mensual es realizada en días laborales.

<u>Tipo de Día</u>	<u>N°de Vueltas</u>	<u>N° Dias al Mes</u>	<u>Total de vueltas al mes</u>	<u>% Mensual</u>
Días Laborales	289	21	6069	83,97
Sabados	151	4	604	8,36
Domingos y fest.	111	5	555	7,67
Total			<u>7228</u>	<u>100,0</u>

Luego, las vueltas realizadas en el período punta de los días laborales de un mes son (en porcentaje) :

$$\text{N}^\circ \text{ vueltas PM} = 0,165 \cdot 83,97 = 13,86\% \text{ de las vueltas del mes.}$$

iv) Costos de operación del período punta mañana.

En la estructura de costos (punto b. anterior), se detallan los items de costos y los valores para el tramo EM-LM. Para obtener los valores de costos que corresponden al período punta mañana, se multiplican los items C1 y C2 por el factor 0,1231 (porcentaje de las horas de operación que corresponden al período PM). El item de costo C3 se multiplica por el factor 0,1386 (porcentaje de vueltas mensuales realizadas en el período PM de un día laboral).

En el cuadro 2.19 se resumen los costos variables de operación del Metro en el tramo EM-LM (columna 1). En la columna 2 se indica el factor por el cual se multiplican los de la columna 1 para obtener valores de costos sociales (columna 3); estos factores son :

- Remuneración, se considera un 80% de mano de obra calificada y un valor de mano de obra no calificada subsidiado en un 30%, esto es: $CS = 0,8c + (0,2 \cdot 0,7 \cdot c) = 0,94 c$

- Mantenimiento y reparaciones; este item supone 100% de consumo de divisas cuyo precio sombra es 1.3 veces el valor de mercado, o bien $CS = 1.3 c$

- Energía, se consideró valor de mercado descontando IVA debido a que es producto nacional.

La columna 4 indica el porcentaje del ítem que corresponde al costo de operación durante el período punta y cuyo valor absoluto aparece en la columna 5.

Item	Costo Mercado (\$/mes) (1)	Factor (2)	Costo Social (\$/mes) (3)	% PM (4)	Costo Social Punto Mañana (\$/mes)
Remuneración					
C1	2.967.900	0,94	2.789.826	12,31	343.428
C2	4.127.688	0,94	3.880.027	12,31	477.631
C3	2.001.192	0,94	1.881.120	13,86	260.723
Mant. y Rep.					
C1	1.724.927	1,3	2.242.405	12,31	276.040
C2	1.494.671	1,3	1.943.072	12,31	239.192
C3	2.302.021	1,3	2.992.627	13,86	414.778
Energía					
C1	-	-	-	-	-
C2	1.767.336	0,83	1.466.889	12,31	180.574
C3	6.814.742	0,83	5.656.236	13,86	783.954
Total					2.976.320

Cuadro 2.19.- Costos variables sociales de operación del Metro en el tramo EM-LM (pesos de junio de 1983).

El valor deflactado, a Diciembre de 1983, del costo (social) variable de operación en el tramo EM-LM y en el período punta de la mañana es :

$$CS = 3.328.897 \text{ (\$/mes) ;}$$

o bien considerando 21 días laborales al mes,

$$CS = 158.519 \text{ (\$/día)}$$

2.7.3.- Costo marginal de un viaje en Metro.

Los costos de transportar un pasajero más en Metro pueden suponerse iguales a los costos variables de operación del sistema en el tramo, como se concluyó en la introducción de esta sección.

Por otra parte, debido a que la demanda en el tramo EM-LM es mayor que en el resto de la Línea 1, es razonable suponer que la frecuencia se adapta a la afluencia de pasajeros en ese tramo según políticas de nivel de servicio generales definidas para la oferta del Metro.

De lo anterior se puede concluir que el costo medio variable de operación del Metro en tramo EM-LM constituye una buena aproximación del costo marginal de un viaje, y que éste es constante cualquiera sea el punto de acceso al Metro del pasajero. Esto último, debido a que la frecuencia de operación es única en el tramo y no se puede modificar para cada estación, sino solamente, para la totalidad de la demanda entre las estaciones EM y LM.

El promedio, en un año, de los viajes realizados en un día laboral, es de 212.011 pas/día en la línea 1; de estos, el 7,5% se efectúan en la hora punta de la mañana en el tramo EM-LM, es decir :

$$\text{Afluencia en el período PM} = 212.011 \cdot 0,075 = 15.901 \text{ pas.}$$

Luego, para calcular el costo marginal estimado se divide el costo social y la afluencia en la hora punta de la mañana en el tramo EM-LM, esto es :

$$\text{CMg} = \frac{158.519}{15,901} = 9,97 \text{ (\$/pas)}, \text{ y}$$

finalmente la diferencia entre la tarifa pagada por el usuario (P) y el costo marginal del viaje (CMg) es :

$$P - \text{CMg} = 3,59 \text{ (\$/pas)},$$

igual para todas las zonas del corredor Las Condes-Centro debido a los supuestos sobre la operación antes expuestos. Este valor incluye el costo de vías en el ítem de mantención.

CAPITULO 3

Análisis de Demanda

3.1.- Introducción.

El modelo de tarificación de Segundo Optimo considera, además de los costos de producción, las características de la demanda en cada modo de transporte de pasajeros presente en el mercado. En efecto, en la derivación de la regla de tarificación descrita en el capítulo I, se han incorporado las variaciones en la demanda que experimentan los modos competitivos de transporte a través de los términos $\delta x_i / \delta p_i$ y $\delta x_j / \delta p_i$; donde x y P representan la demanda y el precio pagado por el usuario respectivamente.

La demanda por diferentes modos de transporte ha sido tradicionalmente estimada por modelos denominados de "Partición Modal". Las teorías generales que subyacen a cada modelo conducen a una división en dos grupos, a saber: Modelos Agregados, basados en características promedio de un conjunto de la población, y Modelos Desagregados cuya teoría se apoya en el análisis de las características del comportamiento individual del usuario. Este último tipo de modelos, ha demostrado ser más preciso que los anteriores, razón por la cual actualmente son preferidos y desarrollados en el área de transporte.

Entre los modelos desagregados más utilizados destaca el modelo LOGIT, debido a que presenta evidentes ventajas desde el punto de vista de la aplicación. La simplicidad de este modelo, radica en la hipótesis de "independencia e identidad de las funciones de utilidad de las diferentes alternativas que el individuo tiene disponible" (Ortúzar, et al; 1983).

En este estudio se utilizará un modelo Logit multinomial (es decir, para varios modos), desarrollado para el transporte de pasajeros en el corredor Las Condes-Centro de Santiago, en el año

1983, por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Chile.

Este capítulo, presenta las características más generales del modelo utilizado a fin de facilitar la comprensión al lector, dado que la fundamentación teórica puede encontrarse ampliamente discutida en las referencias que se entregan. Además, a partir del modelo escogido, se desarrollan aquí las fórmulas y posterior estimación de las expresiones relacionadas con la demanda que intervienen en el modelo de tarificación de este estudio.

3.2.- Teoría de la utilidad aleatoria.

Esta teoría de comportamiento individual se basa en el supuesto de que el individuo elige entre las alternativas disponibles para viajar, aquella que le reporta mayor utilidad.

La posibilidad de que individuos de iguales características socioeconómicas elijan diferentes modos de transporte, es recogida incorporando un elemento aleatorio en la función de utilidad. Sin embargo, esto no es causado por el individuo sino por la limitación del modelo de explicar todos los aspectos causales de la elección (Donoso, P. 1982).

La función de utilidad (U) depende de variables de nivel de servicio de transporte (x) y características socioeconómicas del individuo (z); esto es :

$$U = U(x, z)$$

Además, la función de utilidad se representa por una función determinada (V), que considera las características observables, y un elemento aleatorio (ξ) que recoge aquellos atributos no observables. Luego,

$$U = V + \xi$$

La probabilidad de elegir una determinada alternativa de transporte (S_i) de un conjunto disponible está, dada en el modelo MNL por :

$$S_i = \frac{\exp(\bar{V}_i)}{\sum_k \exp(\bar{V}_k)} \quad (3.3)$$

con \bar{V}_i , la parte determinística de la alternativa i .

La expresión 3.3 se obtiene a partir del desarrollo teórico de la ecuación 3.1, el supuesto de independencia entre alternativas (ec 3.2) y de la hipótesis que el término aleatorio de la función de utilidad sigue una distribución Weibull (ver Aldea, A. 1982).

Finalmente, la parte observable de la función de utilidad es, por lo general, lineal en los parámetros, esto es :

$$\bar{V}_i = \sum_{j=1}^{k-1} \theta_j X_{ij} + \sum_{j=k}^l \theta_j Z_{ij} \quad (3.4)$$

con θ_j parámetros a estimar. X_{ij} y Z_{ij} son variables del sistema de transporte y socio-económicas respectivamente.

Este modelo analítico, puede ser formalmente similar a aquellos que provienen de otras teorías de comportamiento, pero sus parámetros (θ_j) tienen una interpretación distinta (Ortúzar, 1984).

El valor de la utilidad estimada \bar{V}_i es ordinal, es decir, establece una relación entre los modos disponibles de transporte utilizando como base uno de ellos.

3.4.- Fórmulas de aplicación del modelo MNL a la regla de tarificación.

Como se muestra en el Capítulo I, la tarifa calculada por el modelo de Segundo Optimo depende de la demanda por el modo a tarifar (en nuestro estudio es Locomoción Colectiva) como de la demanda del resto de los modos presentes en el mercado. Esto queda representado por los términos : $\delta X_i / \delta P_i$ y $\delta X_j / \delta P_i$

La demanda x_i de un modo i puede ser estudiada utilizando un modelo MNL que incorpore la variable valor del viaje pagado por el usuario (P_i). En efecto,

$$X_i = N S_i \quad (3.5)$$

donde S_i es la probabilidad de elección del modo i según la ecuación (3.3) y N es el total de viajes realizados en el par O-D estudiado por el modelo Logit.

Derivando la expresión (3.5), se obtiene:

$$\frac{\delta X_i}{\delta P_i} = N \frac{\delta S_i}{\delta P_i} \quad (3.6)$$

donde N permanece constante para pequeñas variaciones del precio P_i . Desarrollaremos ahora el término $\delta S_i / \delta P_i$, con S_i dada por la expresión 3.3 utilizando la igualdad :

$$\frac{\delta S_i}{\delta P_i} = \frac{\delta S_i}{\delta \bar{V}_i} \cdot \frac{\delta \bar{V}_i}{\delta P_i} ;$$

esto es,

$$\frac{\delta S_i}{\delta P_i} = \frac{\exp(\bar{V}_i) \cdot \sum_k^n \exp(\bar{V}_k) - \{\exp(\bar{V}_i)\}^2 \cdot \theta_p}{\{\sum_k^n \exp(\bar{V}_k)\}^2}$$

en que θ_p es el coeficiente de la función de utilidad que acompaña a la variable P_i . Reordenando los términos y reemplazando la ecuación 3.3 se obtiene:

$$\frac{\delta S_i}{\delta P_i} = S_i(1 - S_i) \cdot \theta_p \tag{3.7}$$

Análogamente, para el resto de los modos de transporte se tiene que:

$$\frac{\delta S_j}{\delta P_i} = \frac{-\exp(\bar{V}_i) \cdot \exp(\bar{V}_j) \cdot \theta_p}{\{\sum_k^n \exp(\bar{V}_k)\}^2} ;$$

o bien,

$$\frac{\delta S_j}{\delta P_i} = -S_i \cdot S_j \cdot \theta_p \tag{3.8}$$

Si multiplicamos las ecuaciones 3.7 y 3.8 por las razones P_i/X_i y P_i/X_j respectivamente, se obtienen las elasticidades precio de la demanda, tanto propia (E_{ii}) como cruzada (E_{ij}).

El parámetro θ_p que acompaña al valor pagado por transporte, tiene signo negativo, esto es, un aumento de la tarifa de transporte disminuye la utilidad percibida por el usuario de ese modo, en relación a los restantes. Luego,

$$\frac{\delta S_i}{\delta P_i} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{\delta S_j}{\delta P_i} > 0 ;$$

como X_i , X_j y P_i son valores positivos, se obtiene que la elasticidad propia de la demanda es:

$$E_{ii} = N \cdot \frac{\delta S_i}{\delta P_i} \cdot \frac{P_i}{X_i} < 0$$

y la elasticidad cruzada es :

$$E_{ij} = N \cdot \frac{\delta S_j}{\delta P_i} \cdot \frac{P_j}{X_i} > 0$$

Los signos de las elasticidades de la demanda concuerdan con lo esperado, es decir aumentos del precio de un bien generan una disminución de la demanda de éste y, por otra parte, un aumento de la demanda por bienes sustitutos.

En el modelo de tarificación, interesa estimar la razón:

$$\frac{\delta X_j / \delta P_i}{\delta X_i / \delta P_i} = \frac{\delta S_j / \delta P_i}{\delta S_i / \delta P_i} \quad (3.9)$$

donde se anula el número de pasajeros transportados (N).

Reemplazando las ecuaciones 3.7 y 3.8, se obtiene:

$$\frac{\delta X_j / \delta P_i}{\delta X_i / \delta P_i} = - \frac{S_j}{(1-S_i)} ; \quad (3.10)$$

reemplazando las probabilidades S_i y S_j por las expresiones correspondientes (ec. 3.3) y desarrollando la expresión resultante, se obtiene finalmente que:

$$\frac{\delta X_j / \delta P_i}{\delta X_i / \delta P_i} = - \left\{ \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n \exp(\bar{V}_k) \right\}^{-1} \cdot \exp(\bar{V}_j) \quad (3.11)$$

La expresión 3.11 permite una aplicación simple del modelo MNL, en la tarificación de Segundo Optimo de transporte urbano de pasajeros en el área de la demanda multimodal. No obstante, requiere calibrar un modelo logit, lo cual a pesar de existir varias experiencias, significa un gran esfuerzo.

Una característica importante de la expresión 3.11 es que el término de la mano derecha dependerá del precio P_i cuando el conjunto de alternativas de transporte incluye modos combinados con el modo i , es decir un modo j es una combinación con el modo i . En tales casos el modelo de tarificación es iterativo.

3.5.- Modelo de demanda del Corredor Las Condes - Centro.

Estimar un modelo demanda multimodal requiere de un esfuerzo muy importante. Afortunadamente el avance de la investigación de transporte en Chile, permite contar en la actualidad con modelos de demanda ya desarrollados y suficientemente probados.

En Santiago hay varias experiencias de calibración de modelos logit multinomial, entre otros: A. Aldea en 1982 y P. Donoso en 1982; ambos podrían ser utilizados en nuestro estudio. Sin embargo, el asunto de elegir un modelo de demanda, es materia que debe ser analizada en el planteamiento del estudio de tarificación debido a que, de usarse un modelo previamente estimado, todo el resto del estudio quedará supeditado por las características generales del viaje estudiado. En el Capítulo I se describen tales características y son coherentes con el modelo de demanda desarrollado por la Universidad Católica de Chile y descrito en Donoso, P. (1982) y Ortúzar, et al (1983); además, un extenso análisis de las variables socioeconómicas de la población y de las características del nivel de servicio del sistema de transporte de pasajeros en el corredor Las Condes-Centro, es desarrollado en Hutt, G. (1983).

En esta sección se describe el proceso de calibración del citado modelo, mostrando los valores estimados de los parámetros.

3.5.1.- Modos de Transporte.

Los modos de transporte que se consideró estaban disponibles en el corredor, son los siguientes:

- 1.- Auto Chofer: el individuo conduce el automóvil de su casa al trabajo.
- 2.- Auto Acompañante: lo llevan en auto desde su casa al trabajo (un familiar o amigo).
- 3.- Taxi: realiza todo el viaje en taxi.
- 4.- Taxi Colectivo: realiza todo el viaje en taxi colectivo.
- 5.- Metro: realiza todo el viaje en Metro.
- 6.- Bus : realiza todo el viaje en bus o taxibus.

Además de los modos "puros" de transporte, existen los siguientes modos combinados:

- 7.- Auto Chofer - Metro: conduce el auto hasta una estación de Metro, lo estaciona y continúa en Metro hasta el lugar de trabajo.
- 8.- Auto Acompañante - Metro: lo llevan en auto hasta la estación de Metro y continúa en Metro hasta el lugar de trabajo.
- 9.- Taxi - Metro: toma un taxi hasta una estación de Metro y continúa en Metro hasta el lugar de trabajo.
- 10.- Taxi Colectivo - Metro: toma un taxi colectivo hasta una estación Metro y prosigue en Metro hasta el lugar de trabajo.
- 11.- Bus - Metro: llega en bus hasta una estación de Metro y continúa en Metro hasta su destino.

Posteriores análisis de las encuestas condujeron a eliminar 19 observaciones en que el modo utilizado era taxi o taxi-metro (ver Ortúzar, et al 1983).

La información necesaria para calibrar los modelos desagregados de demanda se obtuvo mediante encuestas individuales.

3.5.2.- Recolección y Análisis de Datos.

Se realizaron aproximadamente 800 encuestas en el lugar trabajo, que luego de analizadas y validadas se obtuvieron 616 observaciones. A los encuestados se les preguntó por los modos de transporte que tenían disponibles o que habían utilizado en su viaje al trabajo.

Además se midieron tiempos de viaje de cada alternativa, costos de operación de automóviles y frecuencias de buses. También fueron encuestadas características socioeconómicas de los usuarios.

Luego, se **codificó** la red de transporte y se utilizó el modelo de asignación TRADV, mediante el cual se obtuvo tiempos, distancias y rutas mínimas de los viajes al trabajo de cada uno de los individuos de la muestra.

Finalmente se efectuó una revisión y validación de los datos, así como un análisis estadístico y evaluación de la información.

3.5.3.- Estimación y Calibración de Modelos.

La muestra de 616 observaciones se separó en dos submuestras: una de calibración de 517 individuos y otra de validación, de 99 individuos.

Se estimaron una serie de modelos utilizando la muestra de calibración con una búsqueda de la mejor especificación.

Para el estudio de tarificación se escogió uno de los modelos calibrados, que cumplía el requisito de incluir entre sus variables explicativas la variable COSIN (costo del viaje dividido por el ingreso del usuario) permitiendo el análisis de elasticidades precio de la demanda.

Lo expuesto en ésta sección (3.5) constituye sólo un resumen de la investigación realizada por los autores del modelo logit que se utilizará aquí, en orden a permitir una mayor comprensión del lector en las secciones siguientes. Sin embargo, las referencias entregadas, a saber: (Donoso, P.1982), (Ortúzar, et.al.1983) y (Hutt, G.A.1983) contienen, en detalle, la información y análisis necesarios para profundizar en este tema.

3.5.4.- Zonificación.

En este estudio se ha considerado una división del corredor Las Condes-Centro en ocho zonas según se define en el Capítulo I. Tal zonificación es consecuencia del estudio de homogeneidad de la muestra utilizada por G. Hutt (1983), y que hemos incorporado en el estudio de tarificación con el objeto de obtener conclusiones respecto de las variables que influyen en la estimación de la tarifa óptima.

Una consecuencia importante del uso de esta zonificación es poder incluir únicamente aquellas alternativas disponibles de transporte en cada zona. En efecto, el modo Metro solamente está disponible en aquellas zonas en que es accesible caminando; esto es, no más de 5 cuadras entre el hogar y la estación del Metro más cercana, según se definió en el proceso de calibración (Ver P. Donoso, 1982). Así, el Metro es una alternativa disponible únicamente para los habitantes de las zonas 1,2 y 4. Esta especificación extra en la aplicación del modelo de demanda conduce a mejores resultados en la estimación de la partición modal.

3.6.- Aplicación del Modelo MNL.

El modelo utilizado para la estimación de tarifas óptimas de Locomoción Colectiva, fué calibrado utilizando las encuestas de la submuestra de calibración, es decir, es representativo de los individuos que viajan desde algunas de las zonas del corredor al centro de la ciudad. En este estudio será utilizado para estimar la demanda, en cada zona en particular, de las alternativas disponibles; en este sentido se acepta la aproximación de utilizar un modelo calibrado para una zona para estimar la demanda de subzonas más pequeñas.

Los modos de transporte considerados como alternativas de los usuarios son los siguientes:

- 1.- Locomoción Colectiva (LC)
- 2.- Automóvil Particular (AUTO)
- 3.- Taxi Colectivo (TC)
- 4.- Metro (M)
- 5.- Auto - Metro (Auto-M)
- 6.- Taxi Colectivo - Metro (TC-M)
- 7.- Locomoción Colectiva - Metro (LC-M)

El modo Locomoción Colectiva corresponde a la alternativa Bus definida en la sección 3.5.1, en tanto que el modo automóvil particular fusiona las alternativas auto chofer y auto acompañante; tal unión es el resultado de la búsqueda del mejor modelo.

Las variables explicativas que resultaron relevantes en la especificación de éste modelo son:

TV : tiempo de viaje a bordo del vehículo (min)

C/I: costo del viaje (ó tarifa) dividida por el ingreso del viajero. El ingreso en (\$/min) y costo en (\$).

NA : número de autos en el hogar.

I1 : variable "dummy" que toma el valor 1 si el viajero tiene un ingreso mensual menor de \$20.000 y 0 en otro caso.

I3 : variable "dummy", con valor 1 si $I > \$80.000$ y cero en otro caso.

Las variables I1 e I3 conducen a una estratificación de la población de cada zona en tres niveles de ingreso. Además de las variables explicativas, el modelo establece constantes específicas de cada alternativa utilizando como base el modo Bus-Metro.

Los coeficientes θ_i asociados a cada variable, que resultaron del proceso de calibración, y las constantes específicas de cada alternativa se muestran en el cuadro 3.1; además, se entrega el valor del estadígrafo-t y los indicadores estadísticos de bondad del modelo⁽¹⁾.

Variable	Alternativas en las que entra.	Coeficiente	Estadígrafo-t
TV	1,2,3,4,5,6,7	-0,063	-5,07
C/I	1,2,3,4,5,6,7	-0,025	-3,97
NA	1,5	0,271	4,58
I1	4,7	0,519	1,41
I3	1,5	0,105	0,57
L.C.	1	0,351	1,72
Auto	2	0,130	0,72
T.C.	3	-0,794	-3,34
M	4	2,092	9,33
Auto-M	5	-0,270	-1,45
T.C.-M	6	-0,498	-2,04
Tamaño de la Muestra	517		
L	-817,111		
L (0)	-1.085,84		
ρ^2	0,2475		
ρ_c^2	0,2463		

Cuadro 3.1.- Modelo MNL para el Corredor Las Condes-Centro (viajes en la hora punta mañana y propósito trabajo).

(1) Para una explicación de la definición de los indicadores ver Donoso, P. (1982).

La razón entre los coeficientes de las variables TV y C/I es:

$$\frac{\theta_{TV}}{\theta_{C/I}} = 2,52$$

y que indica los minutos de trabajo que los individuos están dispuestos a cambiar por un minuto de tiempo de viaje ahorrado.

La variable I1 refleja el grado de cautividad de los pasajeros de Locomoción Colectiva en estratos de menor ingreso.

Finalmente, ρ_c^2 es muy pequeño lo que indica que la mayor capacidad explicativa del modelo recae en las constantes específicas y las variables aportan escasa información.

Las principales limitaciones del modelo, en cuanto a la aplicación en el modelo de tarificación, son: que los indicadores de bondad son bajos, que entre las variables explicativas no se encuentra el tiempo de acceso al medio de transporte, que la base de datos corresponde al año 1981 donde las características económicas prevalentes eran muy diferentes al año base de este estudio y, por último que el modelo predice el comportamiento de un individuo medio del Corredor sin distinguir entre zonas.

Sin embargo, el modelo predice la partición modal de viajes en hora punta mañana, con destino Centro y propósito trabajo, que corresponden exactamente a las características de la demanda que deseamos estimar.

Luego se cuenta con un modelo logit simple, con algunas limitaciones para nuestra aplicación pero con la ventaja de haber sido calibrado con una base de datos que responde exactamente a la demanda que se quiere estimar.

C A P I T U L O 4

CALCULO DE TARIFAS OPTIMAS

4.1.- Introducción.

En este capítulo realizaremos la aplicación del Modelo de Tarificación de Segundo Optimo desarrollado teóricamente en el primer capítulo. Para ésto, se utiliza un programa computacional que permite evaluar la tarifa óptima a partir de los siguientes datos de entrada:

- i) Diferencia P-CMg por cada modo y zona de origen.
- ii) Parámetros del modelo de demanda y valores de las variables para los viajes de cada zona origen.

El programa calcula la estructura de tarifas de Locomoción Colectiva para cada zona y evalúa índices de beneficio del modelo de tarificación. Además, entrega la partición modal de los viajes al centro y el gasto en transporte realizado por la población.

Los datos de entrada corresponden a la aplicación del modelo a los viajes en el Corredor Las Condes - Centro de Santiago, cuyas características se describen en el Capítulo 1.

4.2.- Oferta.

En esta sección se resumen los datos de entrada al modelo de tarificación asociados a la oferta del mercado de transporte de pasajeros.

Se trata de las diferencias P-CMg calculadas en el Capítulo 2 para los modos Automóvil, Locomoción Colectiva, Taxi Colectivo y Metro. En el caso de modos combinados con el Metro, se estiman tales diferencias en base a las distancias de viaje en cada modo, es

to es, entre el centroide de la zona origen y la estación de Metro más cercana y entre ese punto de trasbordo y el destino. En todos los casos, el CMg del Metro es independiente de la distancia viajada en ese modo, debido a que la oferta no es variable a lo largo de Línea 1 en el tramo EM-LM.

El estudio de costo marginal del modo automóvil particular muestra que éste se compone de dos items, a saber: congestión y uso de vías. En ambos casos es posible asumir que el costo marginal es proporcional a la distancia de viaje. Esto, obviamente como una aproximación solamente; en rigor, el costo por congestión está relacionado con la distancia pero no es estrictamente proporcional a ésta. Por otra parte, los costos marginales derivados de la operación presentan items de costos variables por pasajero y otros proporcionales a la distancia.

Luego, a excepción de los costos derivados del flujo de pasajeros, los costos marginales de un viaje en modo combinado, pueden calcularse en función de la distancia viajada en cada modo y los costos marginales asociados al modo de acceso al Metro. En los cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 se resumen los valores del costo marginal de viaje para los modos Automóvil Particular, Locomoción Colectiva y Taxi Colectivo respectivamente.

C	-4,13	-5,80	-7,08
	-4,68	-5,18	-6,30
		-5,81	
			-7,94

Cuadro 4.1.- Diferencia P-CMg entre cada par O-D en el modo Automóvil Particular (\$/pasajero)⁽¹⁾

(1) Los cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 se obtienen de los cuadros 2.8, 2.14 y 2.18 respectivamente. Los valores están actualizados al mes de Diciembre de 1983.

C	5,50	8,94	11,32
	5,46	7,84	11,22
		8,01	11,52

Cuadro 4.2.- Costo marginal de un viaje en bus entre cada par O-D (\$/pasajero).

C	51,17	51,75	52,19
	51,36	51,53	51,92
		51,75	52,48

Cuadro 4.3.- Costo marginal de viajar en Taxi Colectivo entre cada par O-D (\$/pasajero)⁽¹⁾

El monto del costo marginal, no variable con la distancia del viaje (CMgf), para los modos Locomoción Colectiva y Taxi Colectivo es de 2,10 y 15,60 \$/pas. respectivamente. Por otra parte, dado que el costo marginal de Metro es independiente de la distancia de viaje, el costo marginal de cada modo i combinado con Metro será:

$$CMg_{i-Metro} = (CMg_i - CMgf_i) \cdot rd + CMgf_i + CMg_M \quad (4.1)$$

(1) Los cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 incluyen efecto de congestión, este ítem se trata como P-CMg. Luego los valores allí presentados corresponden a $CM^* = CMg^o + CMg^v - (P-CMg)^t$. Para todos los efectos de cálculo es equivalente a incorporar la diferencia P-CMg por congestión en el término de CMg y luego considerando la tarifa t pagada se hace $P-CMg = t - CMg^*$.

donde rd es la razón entre la distancia desde el origen a la estación de Metro más cercana y la distancia entre el origen y el centro.

En el cuadro 4.4 se entregan las razones de distancia (rd) para cada zona de origen y el cuadro 4.5 presenta en forma esquemática los cálculos realizados para obtener los datos de entrada de P y CMg para el modelo de tarificación.

C	0,113	0,330	0,404
	0,171	0,071	0,216
		0,262	0,360

Cuadro 4.4.- Razón entre la distancia a la estación Metro y al Centro.

Cabe notar que la tarifa de taxi colectivo para viajes de acceso al Metro es de \$30 por pasajero, y constituye el único caso de tarifa diferenciada del transporte público de Santiago con ruta definida. Tal diferencia tarifaria corresponde exclusivamente a un esfuerzo de parte de los operadores de este modo para captar una parte importante de la demanda y consolidar así su participación en viajes combinados con el Metro.

En el cuadro 4.5, los costos marginales CMg_i^v O-D del modo Automóvil Particular-Metro, corresponden en realidad a los valores de $CMg-P$ por congestión, que al ser tomado como CMg en el cálculo y luego restado a la tarifa, se mantiene la consistencia en el cálculo, por lo demás, en el resto de los modos tal consideración está implícita en los valores de CMg_i^v .

MODO COMBINADO	ZONA ORIGEN	V		V		f		CMg _{i-M} O-D	P _i O-M	P _M	P _{i+M} O-D	(P-CMg) _{i-M} O-D	
		CMg _i O-D	CMg _i O-M	CMg _i O-M	CMg _i O-M	(1)	(2)						(3)
AUTO PARTICULAR	1	4,13	0,47	-	0,47	9,97	10,44	-	13,56	13,56	13,56	3,12	
METRO	2	4,68	0,80	-	0,80	9,97	10,77	-	13,56	13,56	13,56	2,79	
	3	5,80	1,91	-	1,91	9,97	11,88	-	13,56	13,56	13,56	1,68	
	4	5,18	0,37	-	0,37	9,97	10,34	-	13,56	13,56	13,56	3,22	
	5	5,81	1,52	-	1,52	9,97	11,49	-	13,56	13,56	13,56	2,07	
	6	7,08	2,86	-	2,86	9,97	12,83	-	13,56	13,56	13,56	0,73	
	7	6,30	1,36	-	1,36	9,97	11,33	-	13,56	13,56	13,56	2,23	
	8	7,94	2,86	-	2,86	9,97	12,83	-	13,56	13,56	13,56	0,73	
	1	35,57	4,02	15,60	19,62	9,97	29,59	30,0	13,56	43,56	43,56	13,97	
	2	35,76	6,11	15,60	21,71	9,97	31,68	30,0	13,56	43,56	43,56	11,88	
	3	36,15	11,93	15,60	27,53	9,97	37,50	30,0	13,56	43,56	43,56	6,06	
	4	35,93	2,55	15,60	18,15	9,97	28,12	30,0	13,56	43,56	43,56	15,44	
	5	36,15	9,47	15,60	25,07	9,97	35,04	30,0	13,56	43,56	43,56	8,52	
	6	36,59	14,78	15,60	30,38	9,97	40,35	30,0	13,56	43,56	43,56	3,21	
	7	36,32	7,85	15,60	23,44	9,97	33,42	30,0	13,56	43,56	43,56	10,14	
	8	36,88	13,28	15,60	28,88	9,97	38,85	30,0	13,56	43,56	43,56	4,71	

Nota: En este modo,
la columna 4 es
(P-CMg) por conges-
tión.

TAXI COLECTIVO

- METRO

(continua...)

ZONA ORIGEN	V CMg _i O-D (1)	V CMg _i O-D (2)	f CMg _i (3)	CMg _i O-M ⁱ (4)	CMg _M (5)	CMg _{i-M} O-D (6)	P _i O-M (7)	P _M (8)	P _{i+M} O-D (9)	(P-CMg) i-M O-D (10)
1	5,50	0,62	2,10	2,72	9,97	12,69	20	13,56	33,56	20,87
2	5,46	0,93	2,10	3,03	9,97	13,00	20	13,56	33,56	20,56
3	8,94	2,95	2,10	5,05	9,97	15,02	20	13,56	33,56	18,54
4	7,84	0,56	2,10	2,66	9,97	12,63	20	13,56	33,56	20,93
5	8,01	2,10	2,10	4,20	9,97	14,17	20	13,56	33,56	19,39
6	11,32	4,57	2,10	6,67	9,97	16,64	20	13,56	33,56	16,92
7	11,22	2,42	2,10	4,52	9,97	14,49	20	13,56	33,56	19,07
8	11,52	4,14	2,10	6,25	9,97	16,22	20	13,56	33,56	17,34

Cuadro 4.5.- Cálculo de tarifas (P) y costo marginal social (CMg) de viajar en modos combinados de transporte de pasajeros, para cada par O-D (Valores en \$/pasajero a Diciembre de 1983) ⁽¹⁾.

(1) La columna (1) se obtiene de restar a los valores de los cuadros 4.1, 4.2 y 4.3 el CMg (col 3).
 El CMg, de cada modo entre el origen y la estación de Metro (CMg_i O-M) se obtiene de multiplicar Col 1 por rd correspondiente.
 La columna 4 resulta de sumar las columnas 2 y 3; y la columna 6ⁱ de sumar las columnas 4 y 5. El precio de viaje (Pi+M) resulta de sumar las columnas 7 y 8. Finalmente, la diferencia P-CMg del trayecto se obtiene al restar de la columna 9 la columna 6.

4.3.- Demanda.

Los datos de entrada del modelo de tarificación relativos a la demanda, corresponden a los parámetros y valores de las variables del modelo Logit multinomial descrito en el capítulo anterior. Con tales antecedentes, es posible el cálculo de las utilidades V_i y posteriormente la evaluación de los términos antes analizados $\delta x_i / \delta p_i$ y $\delta x_j / \delta p_i$ que participan en el modelo de tarificación.

En esta sección definiremos los valores que toma cada variable del modelo de partición modal, en los viajes entre diferentes pares O-D⁽¹⁾.

Las variables del modelo elegido son:

- TV : tiempo de viaje (1-7)
- C/I : costo dividido por el ingreso⁽²⁾ (1-7),
- NA : número de autos en el hogar (2,5),
- I1 : Dummy de ingreso mensual inferior a \$20.000 (1,7),
- I3 : Dummy de ingreso mensual superior a \$80.000 (2,5)⁽³⁾

Los valores de los parámetros asociados a las variables explicativas, así como las constantes modales aparecen en el cuadro 3.1.

(1) Los valores presentados en esta sección fueron proporcionados por Gloria Hutt. Para un acabado análisis de las variables ver Hutt, G.A. (1983).

(2) En rigor, I es el salario del viajero.

(3) Entre paréntesis se indican los modos en que intervienen las variables.

4.3.1.- Tiempo de viaje.

Corresponde al tiempo viajado en el vehículo, excluyendo tiempos de acceso o caminando y tiempo de espera en terminales.

Los tiempos de viaje a la estación Metro más cercana se obtienen multiplicando el tiempo de viaje entre O y D del modo no Metro por la razón de distancia rd (cuadro 4.4); el tiempo total de viaje se obtiene agregando al anterior, el tiempo de viaje en Metro desde la zona de trasbordo. Los valores para la variable TV se expresan en minutos y se resumen en el Cuadro 4.6.

ZONA ORIGEN	L.C.	AUTO	T.C.	M	AUTO - M	T.C. - M	L.C. - M
1	21,0	10,2	10,2	7,0	8,2	8,2	9,4
2	18,0	16,0	16,0	10,0	12,7	12,7	12,9
3	23,0	16,0	16,0	12,0*	17,3	17,3	19,6
4	25,0	14,0	14,0	12,0	13,0	13,0	13,8
5	29,0	15,0	15,0	14,0*	17,9	17,9	21,6
6	34,0	21,0	21,0	12,0*	20,5	20,5	25,7
7	32,0	18,0	18,0	15,0*	18,9	18,9	21,9
8	36,0	23,0	23,0	15,0*	23,3	23,3	28,0

Cuadro 4.6.- Tiempos de Viaje (TV) en cada modo de transporte en viajes desde cada zona origen (en minutos).

Los valores señalados con * en el cuadro 4.6 corresponden a tiempos de viaje en Metro desde zonas en las cuales este modo no se encuentra disponible, en decir zonas en que la estación más cercana está a más de 5 cuadras para todos los habitantes. Luego, el valor que allí aparece es el tiempo que demora el viaje desde la estación más cercana al centroide de esa zona a la estación de bajada en el Centro, y sólo tiene utilidad para el cálculo de TV en modos combinados en esas zonas. En aquellas zonas donde el modo

Metro no está disponible (zonas 3,5,6,7 y 8), el valor de TV que debe usarse como dato de entrada al modelo de demanda deberá generar una probabilidad de elección nula; esto se logra empleando un valor de TV muy grande (por ejemplo 999,99 minutos) que provoque un valor tal de la utilidad indirecta del modo, que su probabilidad de elección sea nula. Tal truco también se aplica con la variable C/I en las zonas en que el modo Metro no está disponible. (Cuadro 4.7).

4.3.2.- Costo dividido por ingreso.

La variable costo corresponde al valor del pasaje pagado por el usuario o costo de operación en modo automóvil. Las tarifas vigentes en el mes base (Diciembre de 1983) son:

Locomoción Colectiva	:	\$20 por pasajero,
Taxi Colectivo (al Centro)	:	\$55 por pasajero,
Taxi Colectivo (al Metro)	:	\$30 por pasajero y
Metro	:	\$13,56 por pasajero.

La tarifa de Locomoción Colectiva es un promedio de los valores del pasaje tanto en buses como en taxibuses, y el valor del pasaje en Metro se obtuvo en el Capítulo 2 considerando el valor de los boletos unitarios y carnet de 10 unidades.

El valor del pasaje que es pertinente utilizar para cada modo, es aquel que será percibido por un individuo medio de la población, por lo tanto es razonable considerar el valor promedio de las tarifas existentes en el mercado.

En el caso de automóvil particular, el costo monetario percibido por el usuario es el costo de operación del vehículo. Sin embargo, el conductor medio sólo percibe aquellos items de los costos de operación que le significan un gasto en el muy corto plazo; en esta aplicación se incluyen:

- 1.- Costos de Mantención cada 5.000 Km:
 Valor \$ 1.500 0,3 \$/Km.
- 2.- Combustible (\$41 el litro de gasolina y un rendimiento de 10 Km/lt). 4,1 \$/Km.
- 3.- Estacionamiento (\$100 diarios, sólo la mitad del valor es imputable al viaje de ida) 50,0 \$/viaje

El valor del costo percibido se calcula considerando la distancia del viaje (Cuadro 2.5).

En los modos combinados la tarifa corresponde a la suma de las tarifas de los modos. La tarifa del modo Auto-Metro considera el costo asociado a la distancia viajada en automóvil a la estación más cercana (mediante la razón de distancia rd) y la tarifa fija del metro. El Cuadro 4.7 resume el valor de las tarifas en cada modo según la zona origen del viaje.

ZONA ORIGEN	L.C.	AUTO	T.C.	M	AUTO-M	T.C.- M	L.C. - M
1	20	63,6	55,0	13,56	15,3	43,56	33,56
2	20	63,2	55,0	13,56	15,8	43,56	33,56
3	20	79,0	55,0	13,56	23,13	43,56	33,56
4	20	74,2	55,0	13,56	15,3	43,56	33,56
5	20	74,6	55,0	13,56	20,0	43,56	33,56
6	20	89,6	55,0	13,56	29,6	43,56	33,56
7	20	89,6	55,0	13,56	29,6	43,56	33,56
8	20	90,0	55,0	13,56	28,0	43,56	33,56

Cuadro 4.7.- Costo monetario percibido por el usuario de cada modo de transporte (\$/pasajero en Diciembre 1983)⁽¹⁾

(1) El modo combinado Auto-Metro no incluye costo de estacionamiento.

Las variables I1 e I3 obligan a separar la población en tres estratos según nivel de salario que percibe el usuario y por lo tanto, las variables socioeconómicas (NA e I) entran al modelo con el valor promedio que toma la variable en la subpoblación. En consecuencia, el modelo estimará independientemente la partición modal de la demanda para cada estrato.

Los valores de la variable ingreso se obtuvieron de aquellos reportados por los entrevistados en la encuesta realizada en el lugar de trabajo con el objeto de calibrar el modelo. Estos se presentan en el Cuadro 4.8.

ZONA ORIGEN	INGRESO MEDIO POR ESTRATO			INGRESO PROMEDIO
	$I_1^* < 20$	$20 \leq I_2^* < 80$	$I_3^* \geq 80$	
1	1,54	4,02	7,83	4,14
2	1,32	3,41	7,76	3,66
3	1,45	6,00	8,01	5,62
4	1,73	6,87	9,58	5,45
5	1,69	5,81	8,46	4,71
6	1,25	5,60	8,39	4,83
7	1,80	7,38	9,96	6,16
8	1,63	6,79	9,08	4,52

Cuadro 4.8.- Valor promedio del ingreso separando la población en tres estratos⁽¹⁾ (en \$/min).

(1) El rango de ingreso está en unidades de miles de pesos en un mes.

4.3.3.- Número de Automóviles.

El número de automóviles disponibles en el hogar es una variable que explica parte de la decisión de viajar en ese modo, es decir la disponibilidad de auto genera cierta cautividad a su uso que es medida con esta variable.

El número medio de auto por hogar en cada estrato, se obtuvo de la submuestra de la encuesta de calibración compuesta por aquellos entrevistados que viajaron (el día de la encuesta) en el modo Auto o Auto-Metro.

ZONA ORIGEN	NUMERO DE AUTOS EN EL HOGAR	
	MODO: AUTO	MODO: AUTO-M
1	1,1	0,0
2	1,2	1,2
3	1,4	1,4
4	1,3	1,2
5	1,0	1,2
6	1,5	1,4
7	1,3	1,4
8	1,2	1,4

Cuadro 4.9.- Número promedio de automóviles en el hogar.

4.4.- Índice de beneficio basado en los resultados del modelo.

Un índice apropiado para medir el beneficio de una eventual variación del precio de Locomoción Colectiva, desde su valor actual (P_0) a un nuevo valor calculado por el modelo de Tarificación de Segundo Optimo (P_1), es aquel que mide la diferencia entre los beneficios netos sociales de cada tarifa. Tal índice será el beneficio social de la tarifa óptima (BST) definido por:

$$BST = BS(P_1) - BS(P_0), \quad (4.2)$$

donde $BS(P_i)$ es el beneficio social de nivel de precio i de locomoción colectiva y se define como la diferencia entre el beneficio recibido por los consumidores y el costo social de transporte;

$$BS(P_i) = BC(P_i) - CS(P_i).$$

luego,

$$BST = \Delta BS - \Delta CS \quad (4.3)$$

Una medida del beneficio de los consumidores es la variación compensatoria (VC)⁽¹⁾, es decir, la variación en el ingreso necesario para mantener el nivel de utilidad ante un cambio de precio; por lo tanto, es una medida en unidades de ingreso (Jara, S. Apuntes de Clase). A partir de su definición, se obtiene,

$$VC = e(P^0, U^0) - e(P^1, U^0), \quad (4.4)$$

donde e es el mínimo nivel de gasto necesario para alcanzar el nivel de utilidad U a precios P .

Se demuestra que la relación entre la variación compensatoria y la variación del excedente del consumidor marshalliano utilizada en la regla de tarificación óptima, es:

$$VC = \Delta EM - \frac{\mu}{2Y_0} \Delta EM^2 \quad (4.5)$$

(1) La teoría sobre Beneficio de Proyecto, se encuentra en detalle en Jara Díaz, Sergio R. 1984, Demanda y Beneficios.

cuando μ , la elasticidad ingreso de la demanda, es constante.

Para aplicar el concepto de VC, es necesario construir la función de utilidad indirecta $\bar{V} = V(Y,P)$ definida como el máximo nivel de U alcanzable a precios P e ingreso Y. La función \bar{V} cumple con la identidad de Roy,

$$X_i^* = \frac{\delta \bar{V} / \delta P_i}{\delta \bar{V} / \delta Y} \quad (4.6)$$

donde X_i^* es la demanda de mercado por el bien i.

Para el modelo de demanda usado en este estudio, una función que cumple con 4.6 es,

$$\bar{V} = Y - \frac{1}{\theta P} \sum_k N_k I_k (\ln \sum_j e^{V_j^k}) \quad (4.7)$$

con: β_p el coeficiente que acompaña a la variable C/I, I_k el salario medio del estrato k, N_k el número de habitantes del estrato k y V_j^k la utilidad observable del modo j en el estrato k; todas estas variables provienen del modelo de demanda. Y es el ingreso de la población que es igual al gasto; si suponemos que la variación de tarifas de locomoción colectiva no modifica el resto de los items de gasto de la población, podemos considerar que Y es el gasto en transporte.

Luego,

$$Y = \sum_k Y_k = \sum_k N_k (\sum_j S_j P_j) \quad (4.8)$$

donde S_j^k es la probabilidad de elección del modo j en el estrato k con una tarifa P_j .

La ecuación 4.7 se puede reescribir como,

$$\bar{V} = \sum_k N_k (Y_k + W_k) \quad (4.9)$$

donde,

$$W_k = \frac{-I_k}{\theta P} \ln \left\{ \sum_j \exp(V_j) \right\} \quad (4.10)$$

es la función de beneficio de los consumidores del estrato k.

La ecuación 4.9 permite observar que la función de utilidad indirecta es igual a la suma de tales utilidades en los diferentes estratos de ingreso de la población.

Dado que el gasto es idéntico al ingreso, entonces de 4.7 se tiene que,

$$e_k(P, V) = V_k - W_k \quad ; \quad (4.11)$$

y la VC se obtiene reemplazando 4.11 en 4.4, esto es,

$$VC = \sum_k N_k (W_k^1 - W_k^0) \quad ; \quad (4.12)$$

donde 0 y 1 representan los niveles de precio. El nivel de utilidad V es igual en ambos casos, luego se cancelan. Así, VC es la medida del beneficio de los consumidores.

En transporte urbano de pasajeros, las tarifas difieren al costo social debido a las imperfecciones del mercado. En tales casos, no es válido el cálculo tradicional del beneficio neto a través del excedente del consumidor y el costo social. En efecto, en S. Jara (1984) se muestra que el beneficio producido por pasar de una situación (P_0, Y_0, C_0) a otra (P_1, Y_1, C_1) está dado por :

$$\Delta B = (EU_1 + P_1 Y_1 - C_1 Y_1) - (EU_0 + P_0 Y_0 - C_0 Y_0)$$

o bien,

$$\Delta B = \Delta EU + \Delta G - \Delta C \quad (4.13)$$

donde ΔEU es la variación del excedente de los usuarios que hemos medido por la variación compensatoria ($\Delta EU = \Delta VC$), ΔC es la variación del costo social de producción y ΔG la variación del gasto en trans

porte (o costo privado por viajar). En el caso multimodal,

$$\Delta G = \sum_j (P_j^1 Y_j^1 - P_j^0 Y_j^0).$$

Por otra parte, podemos evaluar el costo social de transporte utilizando los costos marginales anteriormente calculados. Para ello, sin embargo, se debe aceptar el supuesto de igualdad entre costos medios y costos marginales, lo cual es consistente con la forma de cálculo de costos marginales en cada modo.

Sin embargo, no se ha obtenido el costo marginal por congestión, sino su diferencia respecto del tiempo medio $(P - CMg)^t$.

Luego, el costo social excluyendo el tiempo de viaje (CSST), se calcula descontando el valor de CMg que ingresa al modelo, el monto asociado a la congestión $(CONG = (P - CMg)^t)$,

$$CSST = \sum_j (CMg_j - CONG_j) \cdot DDA_j, \quad (4.14)$$

El costo social de tiempo de viaje (CT) se estimará valorando dicho tiempo medio de viaje, reportado por los encuestados, por el valor social del recurso (VT).

Así, utilizando los datos de entrada del modelo se obtiene el costo social del transporte de pasajeros,

$$CS = CSST + CT.$$

Finalmente, la comunidad recibe un BST generado por una eventual variación de la tarifa igual a:

$$BST = \frac{VC + \Delta G - \Delta CS}{NT}; \quad (4.15)$$

donde la división por la demanda total NT , independiza tal beneficio del tamaño de la muestra de la población considerada en el análisis, y BST adquiere unidades monetarias por cada viaje realizado en el par O-D.

4.5.- Programación del Modelo.

Para fines de cálculo y análisis del modelo de tarificación óptima de transporte, se ha desarrollado un programa escrito en lenguaje FORTRAN. En su encabezamiento se describen las variables utilizadas que facilitan su comprensión.

El programa calcula la tarifa óptima para un par O-D en cada corrida y es posible calcular la tarifa de cualquier modo definido como alternativa disponible; para ello, el modo a tarifarse debe ser definido como modo 1 en el archivo de datos.

El número M de alternativas disponibles que el programa puede manejar es variable y definido en la entrada de datos; de igual forma, es posible el uso de otras especificaciones del modelo Logit de demanda a través de los valores N y T , correspondientes a la cantidad de variables explicativas y de estratos socioeconómicos respectivamente.

La lectura de los datos relacionados con cada modo, se realiza con formato definido en el archivo de entrada y leído directamente por el programa con el nombre $NMODOS$. Esta característica permite la flexibilidad del número de alternativas de transporte a considerar.

En el programa, el cálculo de la tarifa óptima se desarrolla en tres etapas. En la primera, se realizan los cálculos necesarios relacionados con la demanda de cada modo de transporte utilizando el modelo Logit multinomial; se obtienen valores de utilidad observable (V_j) y probabilidad de elección (S_j) de cada modo. La segunda etapa calcula la tarifa óptima del modo 1 usando, además

de los resultados de la etapa anterior, los valores asociados a la oferta de transporte de pasajeros; a saber, precios de mercado y costos marginales sociales. En la última etapa, se realizan los cálculos conducentes al análisis de beneficios de tarifas en forma óptima; para ello, se obtienen valores para cada estrato del gasto en transporte (Y), beneficio de los consumidores (W) y la utilidad indirecta (VR). Posteriormente, se calcula para toda la población el gasto en transporte (YT), el beneficio de los consumidores (WT), el costo social (CS) y el bienestar social (BS), todos estos valores en unidades monetarias por pasajero transportado; además, se obtiene la probabilidad de elección de cada modo (S_j)(considerando todos los estratos).

La presencia del modo Bus-Metro, confiere al modelo un carácter iterativo, que converge con un criterio apropiado; en este caso, que la diferencia entre los valores de la tarifa óptima no exceda en módulo el valor 0.01 (un centavo de peso por pasaje - ro). Sin embargo, se comprueba que el modelo converge rápidamente (máximo 6 iteraciones en nuestra aplicación).

Para una fácil comprensión del programa, conviene tener en cuenta que en las diferentes iteraciones los subíndices son:

- i = 1,.....,N para las variables explicativas del modelo Logit,
- j = 1,.....,M para modos alternativos de transporte,
- r = 1,.....,T para los estratos socioeconómicos de la población,y
- q : denota la iteración de convergencia del modelo.

4.6.- Resultados.

En los listados de salida (Anexo 3) se presentan en detalle los resultados de los pasos intermedios y los datos de entrada del modelo; en ésta sección se resumen aquellos resultados más relevantes.

La tarifa óptima que maximiza el bienestar social, se obtuvo para cada zona del corredor Las Condes - Centro y viajes con motivo trabajo en la hora punta mañana. Los valores obtenidos se entregan en el Cuadro 4.10 y, entre paréntesis, aparece el valor del

C	9,36 (5,50)	11,95 (8,94)	14,58 (11,32)
	9,44 (5,46)	12,23 (7,84)	16,90 (11,22)
		11,56 (8,01)	
			14,84 (11,52)

Cuadro 4.10.- Tarifa óptima de Locomoción Colectiva.
(\$/pasajero, en Diciembre de 1983)

costo marginal de Locomoción Colectiva. De la comparación de ambos valores se observa una correlación; en efecto, la regresión lineal conduce a la siguiente relación:

$$\text{tarifa} = 3,67 + 1,07 \text{ CMg}_{LC} \quad (\$/\text{pasajero}) \quad (4.16)$$

con un ajuste $R^2 = 0,89$

Además, en el Capítulo 2 se observó la relación entre la distancia (d) viajada, en Km., y el costo marginal, debido a la influencia de ésta variable en los items de mayor relevancia; regresando linealmente d con el CMg y la tarifa se obtiene:

$$CMg = 2,48 + 0,98 d \quad y, \quad (4.17)$$

$$\text{Tarifa} = 6,35 + 0,99 d \quad \text{con } R^2 = 0,90 \quad (4.18)$$

La fórmula 4.18 permite la estimación de la tarifa óptima en forma simplificada y es una aproximación válida en el marco de este estudio; es decir, para el Corredor Las Condes-Centro, en el período entre las 7:30 y 9:30 horas y viajes con motivo trabajo. Además, sólo se puede utilizar en el mes de referencia (Diciembre de 1983) debido a las fluctuaciones de los valores involucrados en los ítems de costos. Sin embargo, si aceptamos la validez del modelo de demanda, en cuanto a predecir razonablemente la partición modal de los viajes, se puede esperar que dentro de cierta aproximación, la tarifa óptima sea estimable con una relación lineal con la variable distancia del viaje, dada por :

$$\text{Tarifa} = \alpha + \beta d ,$$

que confirma las expectativas de que la tarifa Óptima Social está relacionada con la distancia del viaje. Además, en la ecuación 4.18, β es aproximadamente igual a la unidad.

El beneficio social que se obtiene con la implementación de las tarifas óptimas (ver Cuadro 4.11), es positivo en todas las zonas excepto la zona 6; sin embargo la magnitud de los valores es pequeña lo que cuestiona su significado estadístico. En efecto, en la derivación de la regla de tarificación de segundo óptimo (Capítulo I), se despreció el término $\frac{1}{2}\Delta p$ bajo el supuesto que las variaciones de precio son pequeñas; luego, esta expresión es una cota mínima del error en el cálculo de la tarifa y de beneficios.

Veamos cuánto varía el beneficio social ante variaciones o errores en p_i (con i indicando locomoción colectiva), esto es: $\delta BS/\delta p_i$.

$$\text{De la ecuación 4.13: } \Delta BS = VC + \Delta GT - \Delta CS$$

ó bien, $BS = W + GT - CS$,

luego derivando respecto p_i , se tiene:

$$\frac{\delta BS}{\delta P_i} = \frac{\delta W}{\delta P_i} + \frac{\delta}{\delta P_i} (GT-CS) \quad (4.19)$$

El término $\delta W/\delta P_i$ es idéntico, por la identidad de Roy, a la demanda (ecuación 4.6), esto es,

$$\frac{\delta W}{\delta P_i} = - N S_i \quad (4.20)$$

con N la población total.

Analicemos el segundo término de la ecuación (4.19) introduciendo las definiciones de gasto en transporte y costo social, luego,

$$\frac{\delta}{\delta P_i} (GT-CS) = \frac{\delta}{\delta P_i} \left\{ \sum_{j \neq i} N (P_j - CS_j) S_j + N (P_i - CS_i) S_i \right\} \quad (4.21)$$

Derivando el primer término y, reemplazando $\frac{\delta S_j}{\delta P_i} = -S_j \cdot S_i \cdot \theta_p$ (ecuación 3.8) se obtiene :

$$\frac{\delta}{\delta P_i} \left\{ \sum_{j \neq i} N (P_j - CS_j) S_j \right\} = -N \sum_{j \neq i} (P_j - CS_j) \quad (4.22)$$

Con P_j , CS_j y S_j , la tarifa, el costo social y la proporción de viajes realizados en el modo j . θ_p es el coeficiente que acompaña el costo de viaje en la función de demanda.

Desarrollando el segundo término se obtiene:

$$\frac{\delta}{\delta P_i} \left\{ N (P_i - CS_i) S_i \right\} = N \left\{ S_i \frac{\delta (P_i - CS_i)}{\delta P_i} + (P_i - CS_i) \frac{\delta S_i}{\delta P_i} \right\} ,$$

en que $\frac{\delta S_i}{\delta P_i} = S_i (1 - S_i) \theta_p$ (ecuación 3.7) ,

luego reemplazando,

$$\frac{\delta}{\delta P_i} \{N(P_i - C_{Si})S_i\} = N \{S_i + (P_i - C_{Si}) S_i(1-S_i)\theta_p\} \quad (4.23)$$

Sumando las ecuaciones 4.20, 4.22 y 4.23 se obtiene:

$$\frac{\delta BS}{\delta P_i} = -\theta_p N S_i \left\{ \sum_j (P_j - C_{Sj}) S_j - (P_i - C_{Si}) \right\} ;$$

por unidad de pasajero es:

$$\frac{1}{N} \frac{\delta BS}{\delta P_i} = -\theta_p S_i \left\{ \sum_j (P_j - C_{Sj}) S_j - (P_i - C_{Si}) \right\}$$

o bien,

$$\frac{1}{N} \frac{\delta BS}{\delta P_i} = -\theta_p S_i \{GT - CS - (P_i - C_{Si})\} \quad (4.24)$$

El beneficio neto social, resulta de la diferencia de beneficios entre el estado inicial (P_0) y el final con tarifa óptima (P_1), luego:

$$\frac{\delta(\Delta BS)}{\delta P_i} = \frac{\delta}{\delta P_i} (BS_i - BS_0) = \frac{\delta}{\delta P_i} BS_1 - \frac{\delta}{\delta P_i} BS_0$$

y reemplazando la ecuación 4.24,

$$\frac{\delta(\Delta BS)}{\delta P_i} = -\theta_p \{S_i^1 (GT^1 - CS^1 - P_i^1 + CS^1) - S_i^0 (GT^0 - CS^0 - P_i^0 + CS^0)\} \quad (4.25)$$

La ecuación 4.25 permite calcular la precisión máxima esperada en los valores de beneficio social (BS) para una precisión (ξ_{pi}) dada por el modelo de tarificación, esto es:

$$\xi_{BS} = \xi_{pi} \cdot \frac{\delta(\Delta BS)}{\delta P_i} \quad (4.26)$$

en que $\xi_{pi} = \frac{1}{2} (P_i^1 - P_i^0)$.

En particular, para la zona 6, el valor del beneficio social neto tiene un error:

$$\xi_{BS} = 0,044 (\$/pas) ,$$

lo que indica que el valor negativo del beneficio tiene una justificación en el sentido que no es posible asegurar que tal valor sea diferente de cero. En todos los casos, el beneficio social es de menor magnitud que el error mínimo propio del modelo, por lo tanto, tales valores entregan escasa información y no hay indicios concretos que el beneficio social sea diferente de cero.

Por otra parte, el costo social de transporte de pasajeros disminuye con la nueva tarifa, lo que era de esperar debido a que el costo social en cada modo permanece constante por unidad de pasajero; sólo varía el costo total (en todos los modos) debido a la redistribución de la demanda, que aumenta en locomoción colectiva debido a su disminución de tarifa, y cuyo costo es menor que en otros modos en que decrece la demanda. Luego, se han "cambiado" pasajeros a locomoción colectiva donde el costo es menor.

El beneficio neto social proviene del beneficio de los consumidores (VC), que perciben un incremento en su utilidad; de la variación del gasto en transporte (GT), debido a la variación de la tarifa en locomoción colectiva (P_i) y la variación de la partición modal (que también afecta al costo social). No se ha cuantificado la variación del costo social en cada modo (ΔCS_i), el cual varía dependiendo de la partición modal debido a la variación de flujos de cada tipo de vehículo y por lo tanto de la congestión; luego, para medir ΔCS_i correctamente, sería necesario implementar modelos de asignación y equilibrio en redes, sin embargo, es de esperar que el aumento de la demanda en transporte público (y disminución en auto particular) provoque una disminución de la congestión y por lo tanto, menores costos sociales totales.

C	0,036	0,059	-0,014
		0,033	0,005
	0,065	0,055	0,008

Cuadro 4.11.- Beneficio neto social (BST) que produce un cambio de tarifa desde su valor actual al óptimo calculado por el modelo (\$/pasajero en Diciembre de 1983).

C	0,068	0,11	0,044
		0,12	0,013
	0,10	0,10	0,037

Cuadro 4.12.- Error mínimo del beneficio neto social. (\$/pasajero).

C A P I T U L O 5

ANALISIS Y CONCLUSIONES

En este estudio se ha analizado el tema de tarificación de Superficie en forma óptima desde una perspectiva social. Se propone el uso de una metodología de segundo óptimo, apropiada para las características del mercado de transporte donde típicamente existen externalidades de producción que provocan distorsiones del precio respecto del costo marginal (por ejemplo el caso de congestión).

El supuesto principal del modelo consiste en considerar un mercado donde el bien a tarifar (viajes en locomoción colectiva) es producido por una empresa estatal y el resto de los bienes relacionados (modos alternativos) son producidos por empresas privadas. En este contexto, el modelo se limita a encontrar aquella tarifa que maximiza el beneficio social en base a los conceptos de Excedente del Consumidor y Costo Social.

La metodología, considera el equilibrio de mercado mediante el análisis, tanto en oferta como en demanda, de los efectos cruzados entre los bienes relacionados. Para ello, en nuestra aplicación se utilizó un modelo de partición modal de viajes entre alternativas de transporte que incluye, eventualmente, todas las disponibles. Con respecto a la producción, se incorpora el problema de congestión en vías el cual genera un efecto de producción interrelacionado entre alternativas. Es decir, las funciones de demanda (D) y costo social (CS) dependen de las características propias del modo (Z_i) y también de las del resto de los modos j (Z_j), es decir,

$$D = D (Z_i, Z_j) \quad (\text{demanda}) \text{ y}$$

$$CS = CS(Z_i, Z_j) \quad (\text{oferta}),$$

con $j = 1, \dots, N$ y $j \neq i$.

En general, sería óptimo un tratamiento de la oferta con funciones de costo utilizando la teoría de multiproducción (Capítulo 2, sección 2.2.2); en efecto, la función de costo sería de la forma :

$$C = f (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$$

con y_i el flujo desde la zona i al centro.

Sin embargo, tal análisis incorpora un grado mayor de complejidad al ser necesario iterar entre zonas para alcanzar una tarifa óptima que asegure un estado de equilibrio en la red. Tal iteración proviene de la dependencia existente entre los flujos Y_i e Y_j en los diversos modos para cada nivel de tarifa de locomoción colectiva P_i .

En la aplicación realizada, se utilizan aproximaciones en aquellos items de cálculo carentes de información más apropiada, en particular destaquemos aquellas más importantes. Se supone igualdad (aproximada) entre costos medios variables y costos marginales en varios modos y no se incluyen costos de contaminación ambiental.

Además, el modelo de demanda fue calibrado con encuestas realizadas en el año 1981 con un escenario económico diferente al mes base (Diciembre 1983).

Por otra parte, una segunda fuente de limitación respecto a la validez de los resultados se refiere a las características del bien estudiado, esto es, viajes de pasajeros entre alguna zona del corredor Las Condes-Centro y el Centro de Santiago, en el período punta mañana (7:30 a 9:30 hrs) y con motivo trabajo, limitando la generalidad de los resultados, por ejemplo a otros períodos en el mismo corredor.

Futuros desarrollos de la metodología de tarificación presenta interesantes desafíos. Por una parte, superar las limi-

taciones antes mencionadas. En tal sentido al análisis de otros pares O-D característicos de Santiago, tendrá algún grado menor de complejidad debido a que la demanda por transporte en algunos modos es más inelástica (por ejemplo, viajes desde las zonas Sur o Norte al Centro en locomoción colectiva) y el número de alternativas relevantes de transporte es a lo sumo igual a aquellas presentes en el corredor estudiado. Por otra parte, el uso de modelos computacionales de análisis de redes, proveería la herramienta necesaria para establecer el equilibrio dinámico del sistema en cuanto a gestión, demanda y reasignación de flujos.

En lo que respecta a la implementación de políticas de tarificación óptima, las experiencias en otras ciudades del mundo son escasas y principalmente dirigidas al caso de tarificación vial. En Santiago, el tema permanece latente y ofrece múltiples expectativas; por ejemplo, control de niveles de congestión y contaminación, incentivo por uso óptimo de infraestructura, planificación racional del transporte urbano, etc.

Es interesante destacar una ventaja particular de la tarificación de locomoción colectiva con métodos de Segundo Óptimo incluyendo congestión, cual es que es innecesario cobrar más a los automovilistas, sino disminuir la tarifa a los usuarios de buses. Como consecuencia se evita el complicado problema de cobrar por congestión, cuya implementación es un tema en discusión. Por otra parte, los beneficios son recibidos directamente por los usuarios de transporte público, los que, en general, perciben menores ingresos. Se comprueba así una diferencia fundamental entre modelos de segundo óptimo, que asumen las diferencias existentes en el mercado de P-CMg y optimiza esa situación, y aquellos modelos contruídos en base a la regla $P=CMg$ en la cual se obliga adecuar los precios a un estado que no es necesariamente de equilibrio.

La tarificación óptima en locomoción colectiva de superficie adquiere particular interés en países subdesarrollados, debido al alto porcentaje de viajes realizados en tales modos; en efecto, en la ciudad de Santiago, aproximadamente un 70% de los viajes diarios se realizan en locomoción colectiva y sólo un 10% en automóvil particular (ver figuras 5.1 y 5.2). Una excepción importante es el corredor Las Condes - Centro, donde la proporción de viajes en automóvil es aproximadamente del 30%⁽¹⁾ y cuya mayor consecuencia es el problema de fuerte congestión en horas de mayor flujo, lo que se explica obviamente a partir de la relación entre la tasa de ocupación de buses y automóviles (24,7 y 1,72 pas/veh) y el factor de equivalencia de buses ($\gamma = 2$); es decir, un pasajero en automóvil provoca un efecto en la congestión igual a 8 veces el efecto provocado por el pasajero en bus. La figura 5.3 muestra el efecto de reducción de congestión logrado con el uso de locomoción colectiva (usando tasas de ocupación posibles pero diferentes a las nuestras).

En este estudio, se ha podido dimensionar el problema de tarifar en forma óptima el transporte de pasajeros y se prevé que la incorporación de modelos computacionales de sistemas de transporte signifiquen un gran aporte para la evaluación y simplificación de proyectos de tarificación. En particular se han obtenido valores de tarifas óptimas, cuya principal variable explicativa es la distancia del viaje, lo que conduce a justificar políticas de tarificación diferenciadas por distancia. También resulta interesante constatar la magnitud de la distorsión de las tarifas respecto del costo marginal social de producción (P-CMg), lo que en algunos casos alcanza al 60% del valor del viaje. En tales condiciones de mercado, resulta inapropiada una política de tarificación a costo marginal para transporte público en presencia de externalidades de producción del transporte privado (automóvil particular).

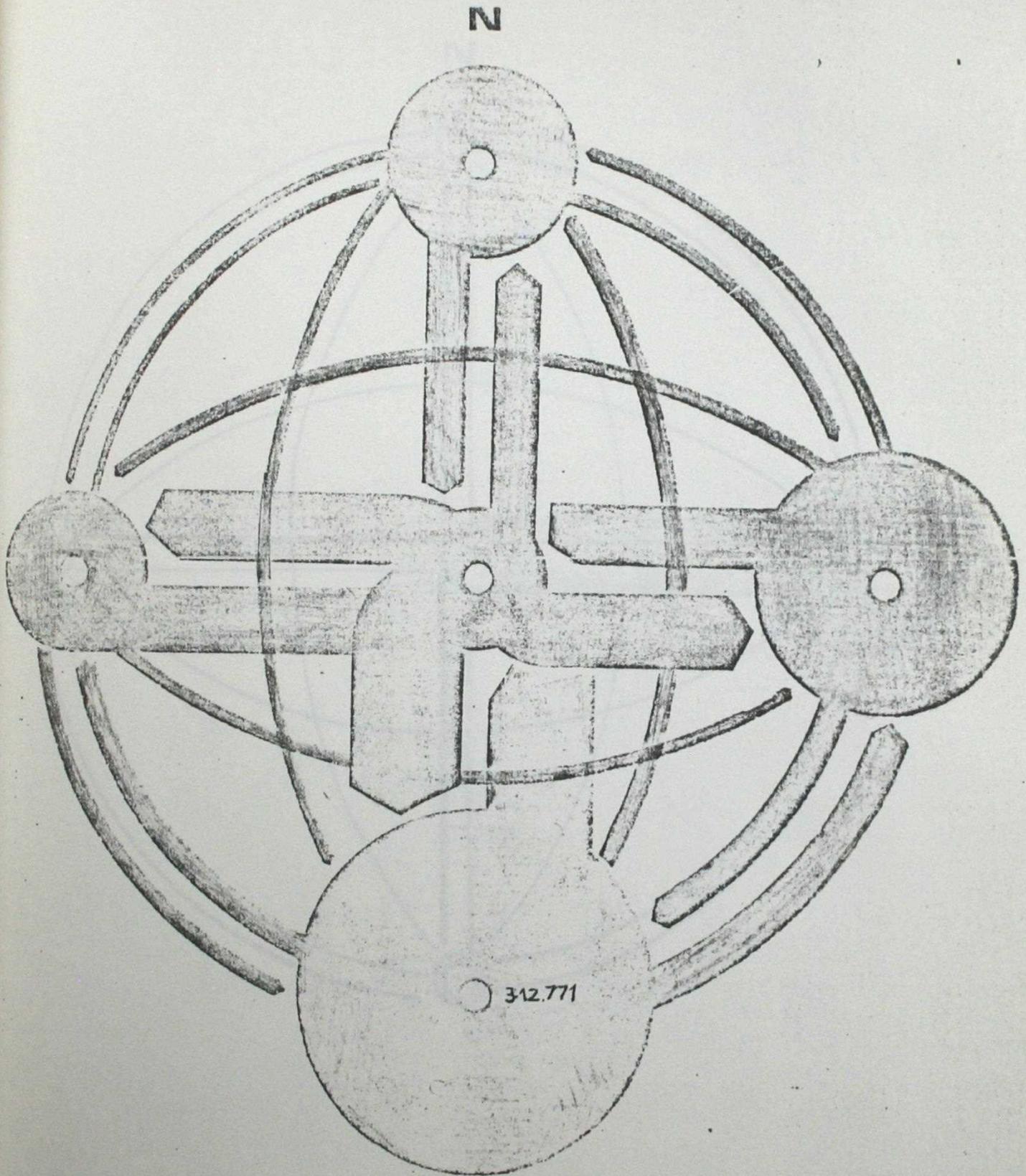
(1) Los valores son tomados de la Encuesta O-D de la ciudad de Santiago, realizada en el año 1977.

Las principales conclusiones del estudio son:

- 1.- la tarifa óptima de transporte de pasajeros es variable con la distancia del viaje.
- 2.- los precios de mercado (P) son, en general, significativamente diferentes al costo marginal de producción y por lo tanto se justifica un modelo de tarificación de Segundo Óptimo.
- 3.- el beneficio social de tarifar en forma óptima la locomoción colectiva (suponiendo una empresa pública), resulta poco significativo debido a la presencia de aproximaciones en la derivación del modelo. Los costos sociales totales de transporte disminuyen con la tarifa óptima y se espera valores aún menores si se incluye reasignación en redes.
- 4.- un pasajero en automóvil particular contribuye a un aumento de congestión igual a 8 veces el que produce un pasajero en bus.
- 5.- los resultados de tarifas óptimas conducen a justificar eventuales subvenciones al transporte público en un monto igual a la diferencia entre la tarifa de mercado y aquella calculada en forma óptima.
- 6.- la aplicación de modelos de tarificación de segundo óptimo para determinar tarifas óptimas, requiere el uso de modelos de gestión, demanda y asignación a la red.

ORIGENES Y DESTINO DE VIAJES DIARIOS
EN LOCOMOCION COLECTIVA

Figura 5.1

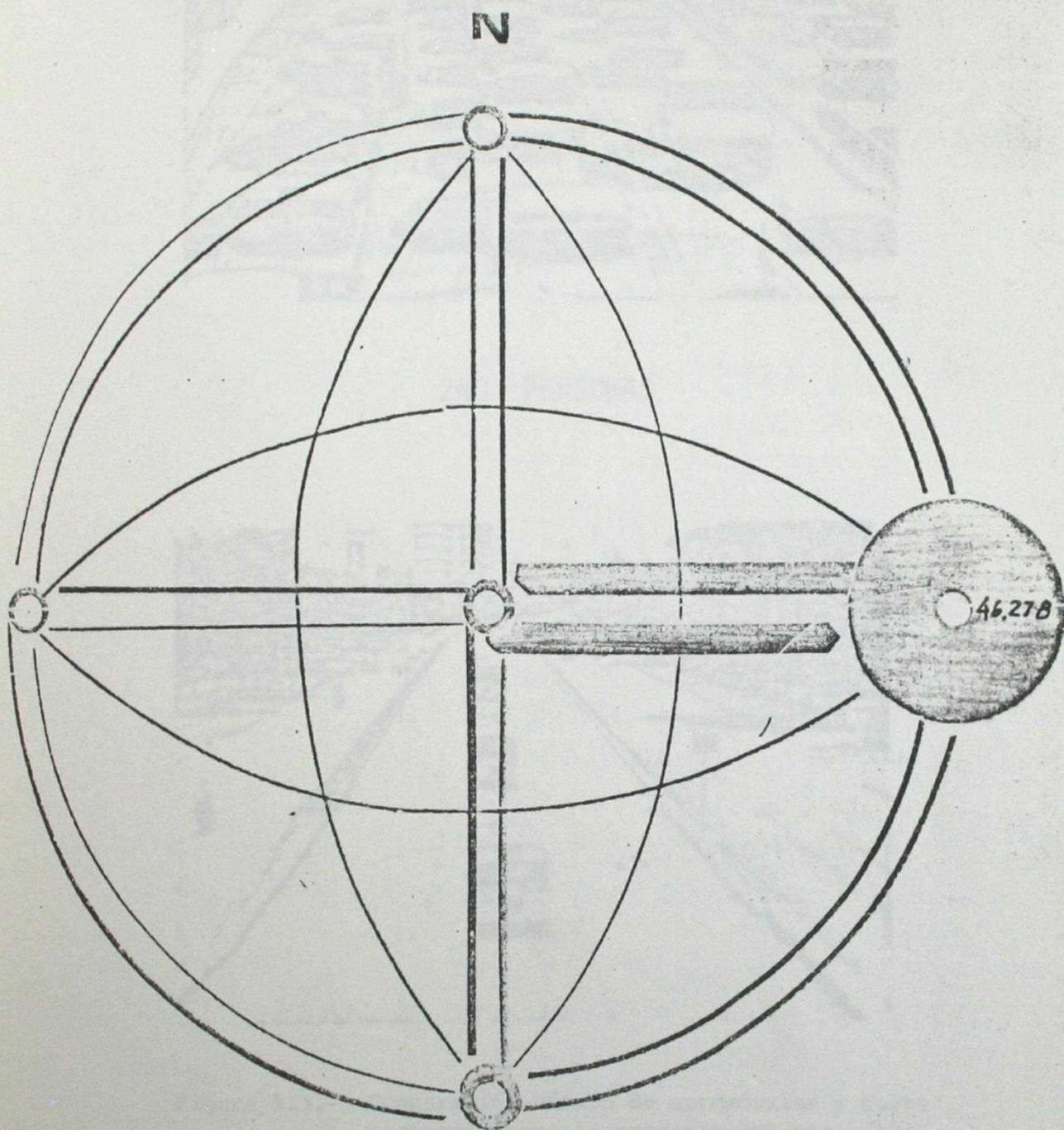


FUENTE ⁽¹⁾ ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO
DE VIAJES PARA EL GRAN SANTIASO
1977 MOP UC

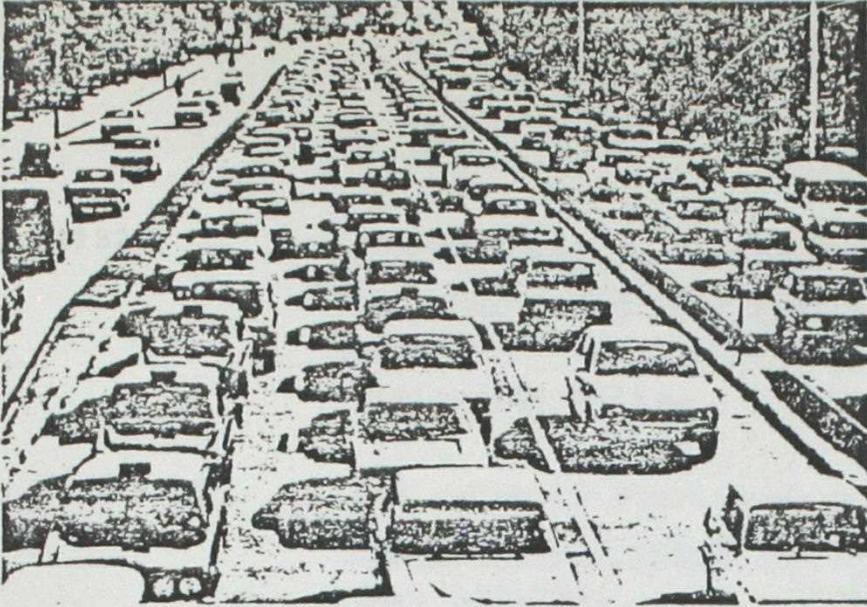
(1). Extraído del documento Jerarquización de la Red Vial Primaria,
Vicente Pardo, SECTU (1981).

- ORIGENES Y DESTINO DE VIAJES DIARIOS
EN AUTOS PARTICULARES

Figura 5.2



FUENTE : ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO
DE VIAJES PARA EL GRAN SANTIAGO
1977 MOP UC .



240 PERSONAS

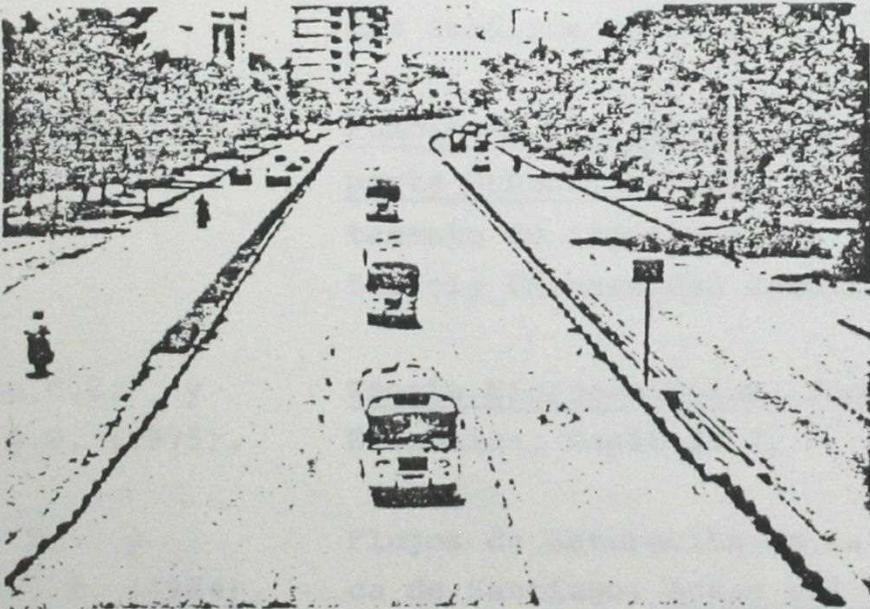


Figura 5.3.- Comparación número de automóviles y buses necesario para transportar 240 pas. (Las tasas de ocupación en este caso no corresponden al caso de Santiago).

Referencias.

1. Aldea, A. (1982), Estudio Sobre el Efecto del Tiempo de Viaje en el Transporte de Pasajeros y Carga; Tesis de Ingeniero Civil, Universidad de Chile.
2. Branston, D. (1976), Link capacity functions: a review. Transportation Research, Vol. 10, págs. 223-236.
3. Donoso, P.C.F. (1982), Calibración de Modelos Logit Simple para el corredor Las Condes-Centro, Memoria de Título, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.
4. Echeverría, A. (1983), Funciones Básicas de Oferta para Transporte Urbano, Memoria de Título, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.
5. Ferguson, C.E. y Gould, J.P. (1975), Teoría Microeconómica, Fondo de Cultura Económica, Capítulo 7.
6. Gálvez, T. y Martínez, F. (1984), Flujos de Saturación en la zona céntrica de Santiago. Actas del Primer Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, pp. 384-399.
7. Gibson, J., Saavedra A. y Spoerer, J. (1982), Metodología para la programación de redes de semáforos de tiempos prefijados, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Publicación ST-INV/01/82, Capítulo V.

8. Gibson, J., Jara, S. y Díaz, R. (1984), Predicción de la velocidad media a partir de flujos agregados en vías urbanas. Actas del Primer Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, pp. 32-43.
9. Hutt, G.A. (1983), Análisis de Muestras y Estudio de la Influencia de Factores Subjetivos en Modelos Desagregados de Demanda. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.
10. Jara, S. (1981), Transportation Cost Function: a multi-product approach. Tesis de Doctorado, M.I.T.
11. Jara, S. (1982), Apuntes de Clase, Seminario de Economía de Transporte, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
12. Jara, S. (1982a), Transportation Product, Transportation Function and Cost Functions. Transportation Science, Vol.16, pp. 522-539.
13. Jara, S. (1982b), The estimation of transport cost functions: a metodological review. Transportation Review, pp. 257-278.
14. Jara S., (1984), Multiproduct cost functions for trucking operations using spatially dissaggredated flows. No publicado aún.
15. Jara S., (1984), Apuntes del Seminario de planificación de transporte urbano. Secretaría Ejecutiva, Comisión de Transporte Urbano.

16. Jara, S. y Martínez, F. (1984), Una metodología para la tarificación Óptima de la Locomoción Colectiva de Superficie: el caso de Santiago. Revista Ingeniería de Sistemas, Vol. IV, N°1, pp. 34-44.
17. Manual de Carreteras, Volumen 3 (1981), Ed. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
18. Ortúzar, J. de D., Donoso, P. y Hutt, G., (1983) Codificación Validación y Evaluación de Información para estimación de Modelos Desagregados de Elección Discreta. Colloquia 83, Universidad de Chile.
19. Ortúzar, J. de D., (1984) Apuntes de Seminario de Planificación de Transporte Urbano, Secretaría Ejecutiva, Comisión de Transporte Urbano.
20. Phillippi, B., et. al., (1977) Estudio de Costos de Transporte de Locomoción Colectiva Urbana.
21. Turvey, R. (1971), Economic Analysis and Public Enterprises, George Allen and Unwin Ltd, London.
22. Van Vliet, D. (1983), Manual de uso del modelo de asignación SATURN. University of Leeds. No publicado.
23. Variant, Hal R. (1978), Microeconomic Analysis, Norton, 1978.
24. Vincent, R., Mitchell, A. y Robertson, D. (1980), User Guide to Transyt Version B., Transport and Road Research Laboratory.

16. Jara, S. y Martínez, F. (1984), Una metodología para la tarificación óptima de la Locomoción Colectiva de Superficie: el caso de Santiago. Revista Ingeniería de Sistemas, Vol. IV, N°1, pp. 34-44.
17. Manual de Carreteras, Volumen 3 (1981), Ed. Ministerio de Obras Públicas, Chile.
18. Ortúzar, J. de D., Donoso, P. y Hutt, G., (1983) Codificación Validación y Evaluación de Información para estimación de Modelos Desagregados de Elección Discreta. Colloquia 83, Universidad de Chile.
19. Ortúzar, J. de D., (1984) Apuntes de Seminario de Planificación de Transporte Urbano, Secretaría Ejecutiva, Comisión de Transporte Urbano.
20. Phillippi, B., et.al., (1977) Estudio de Costos de Transporte de Locomoción Colectiva Urbana.
21. Turvey, R. (1971), Economic Analysis and Public Enterprises, George Allen and Unwin Ltd, London.
22. Van Vliet, D. (1983), Manual de uso del modelo de asignación SATURN. University of Leeds. No publicado.
23. Variant, Hal R. (1978), Microeconomic Analysis, Norton, 1978.
24. Vincent, R., Mitchell, A. y Robertson, D. (1980), User Guide to Transyt Version B., Transport and Road Research Laboratory.

A N E X O 1

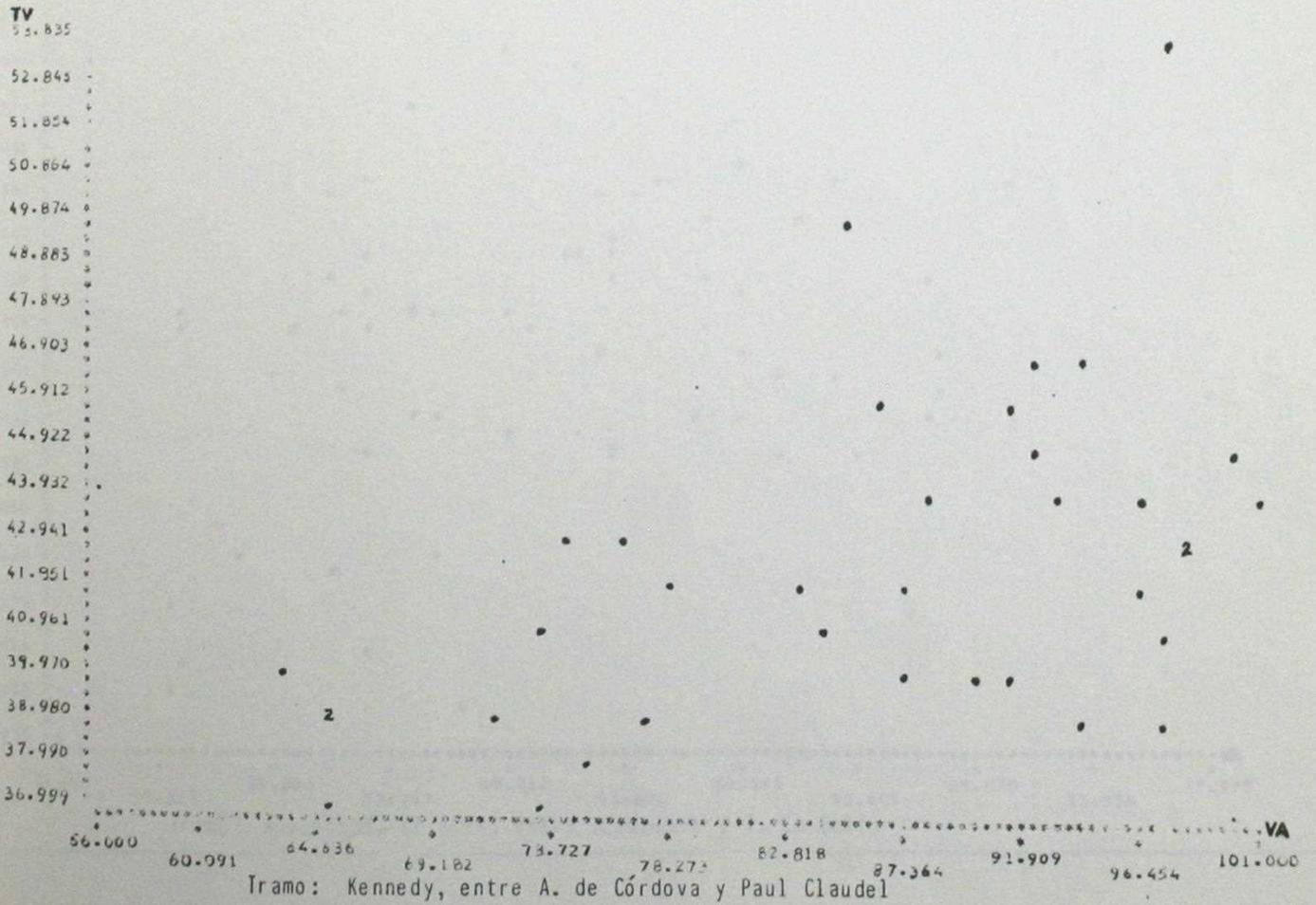
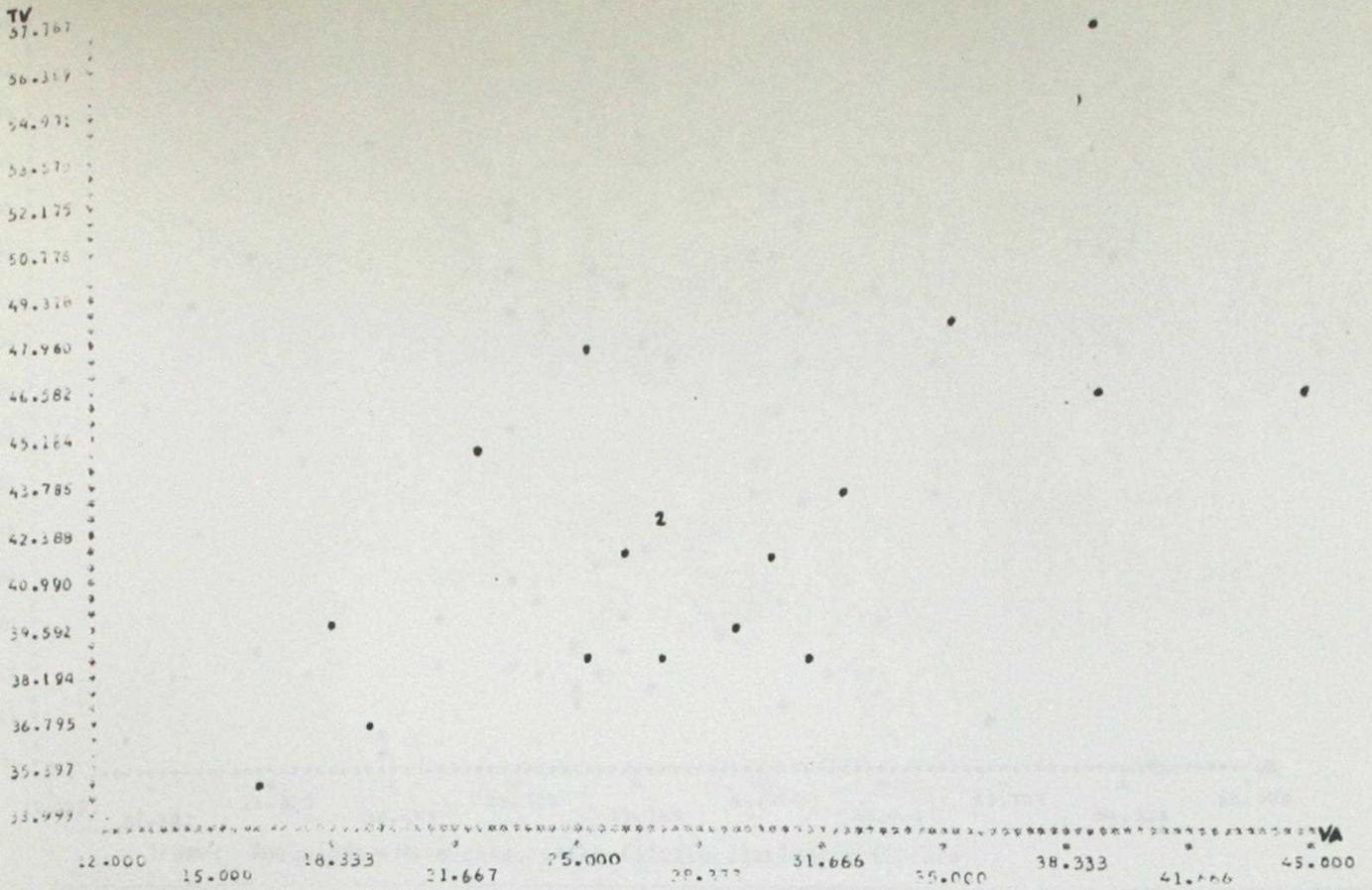
Relaciones Flujo Velocidad.

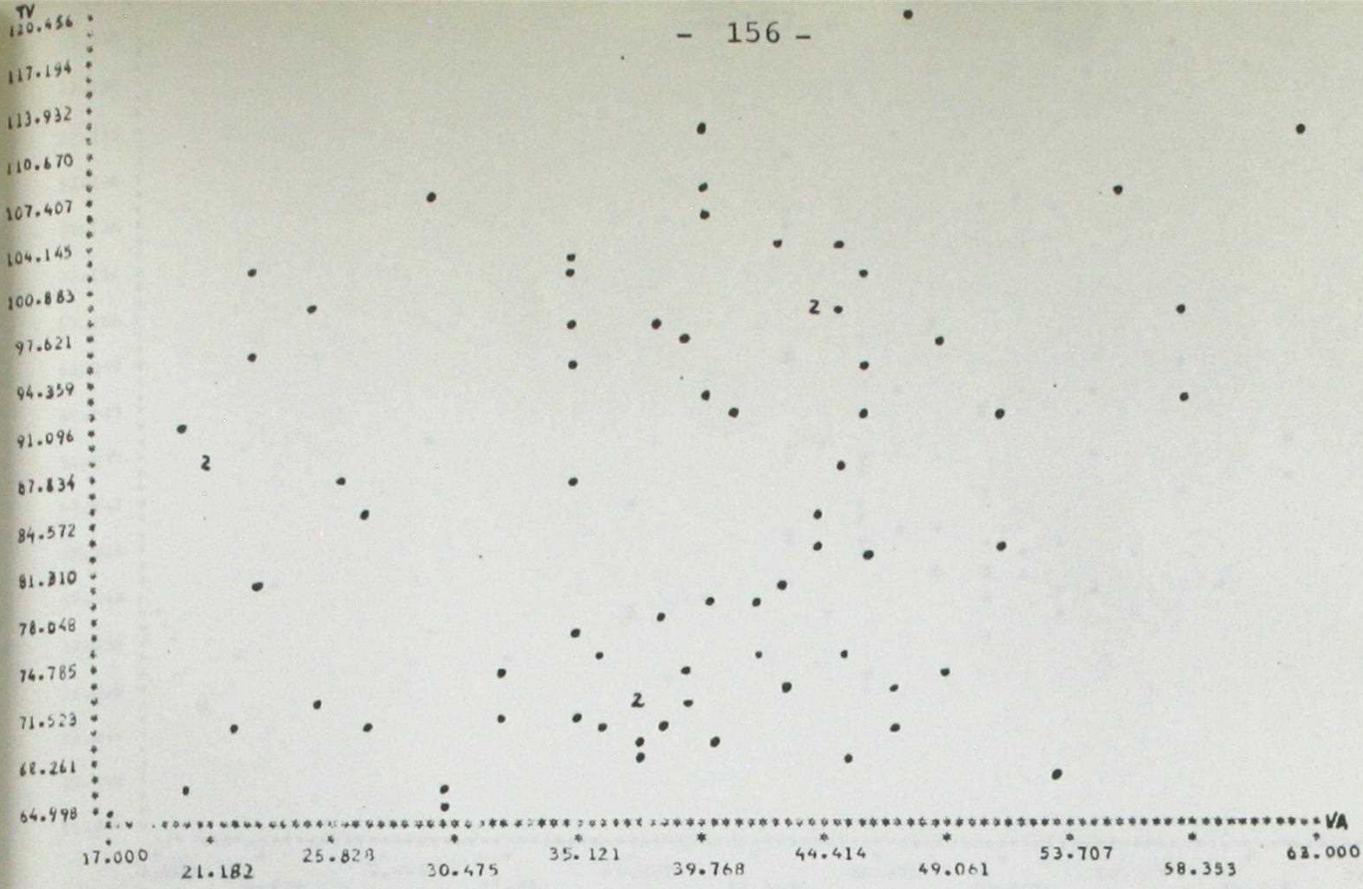
- A.1.1. Gráficos de las observaciones de tiempo de viaje y volumen vehicular.
- A.1.2. Relaciones flujo-velocidad. Regresiones.
- A.1.3. Cálculo de la diferencia entre tiempo marginal y tiempo medio de viaje.

A.1.1.- Gráficos de las relaciones flujo-velocidad.

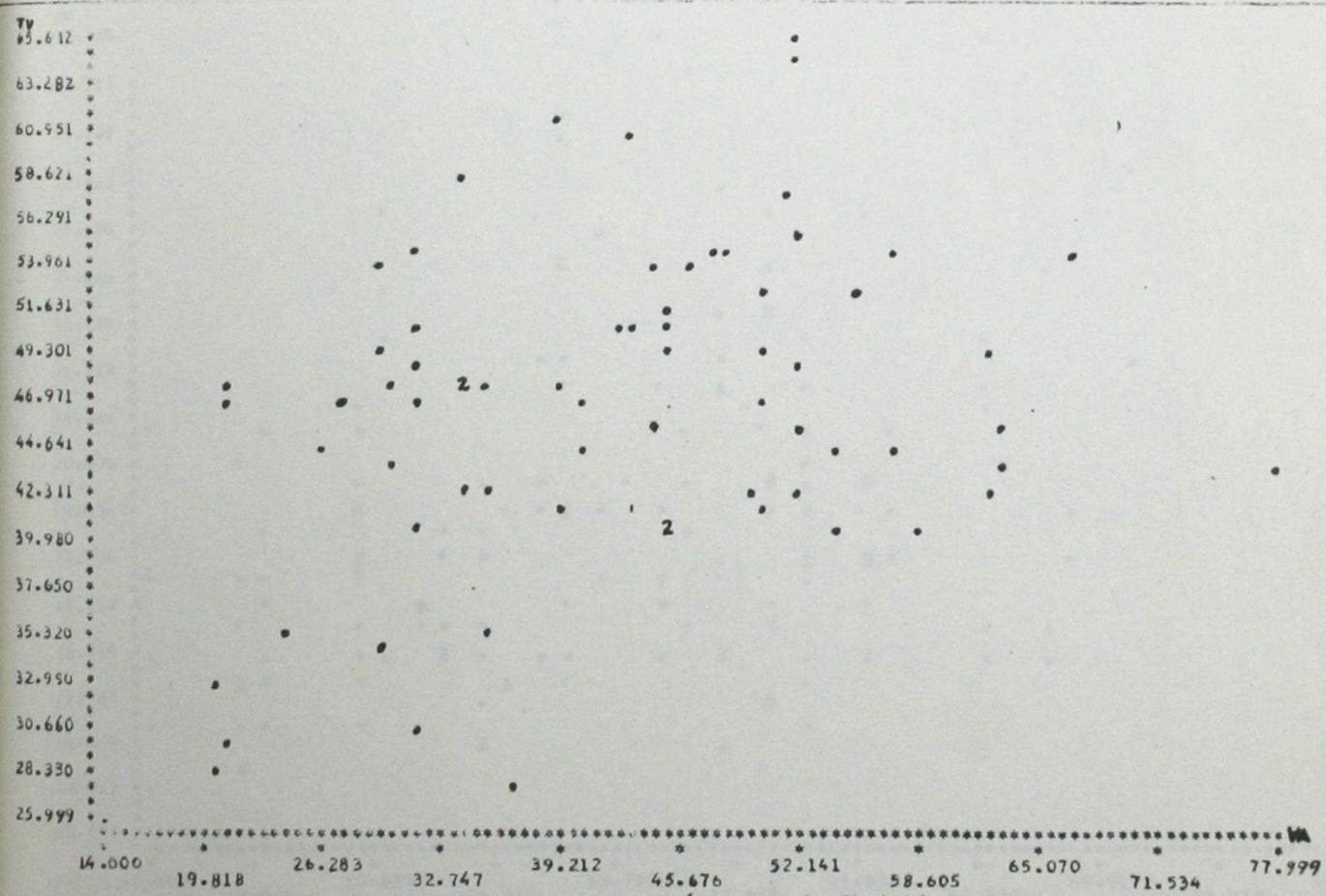
A continuación se muestran gráficos de las observaciones de tiempos de viaje y volumen de automóviles en los 8 tramos estudiados.

El tiempo de viaje está en segundos y el volumen en automóviles por ciclo del semáforo.

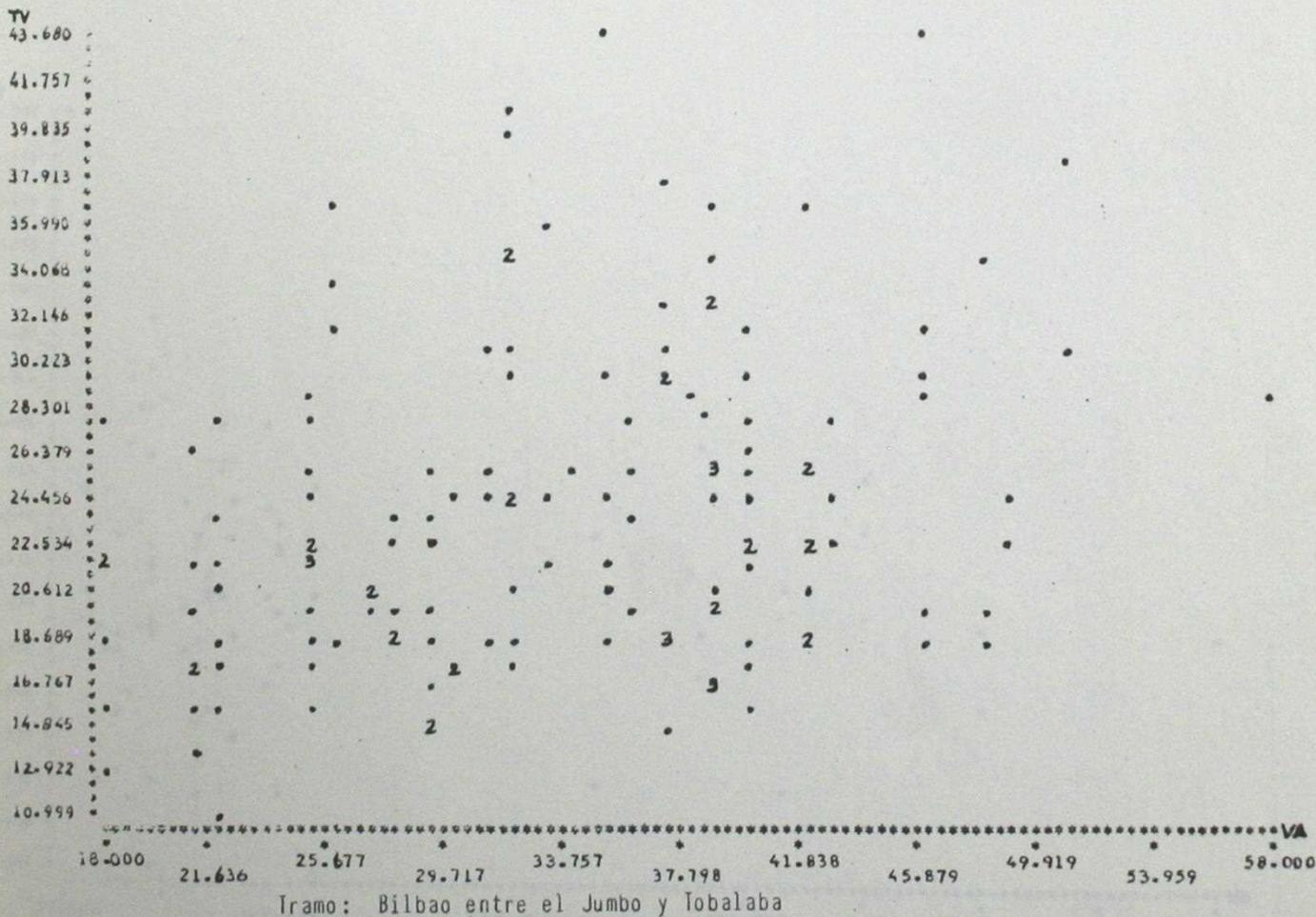
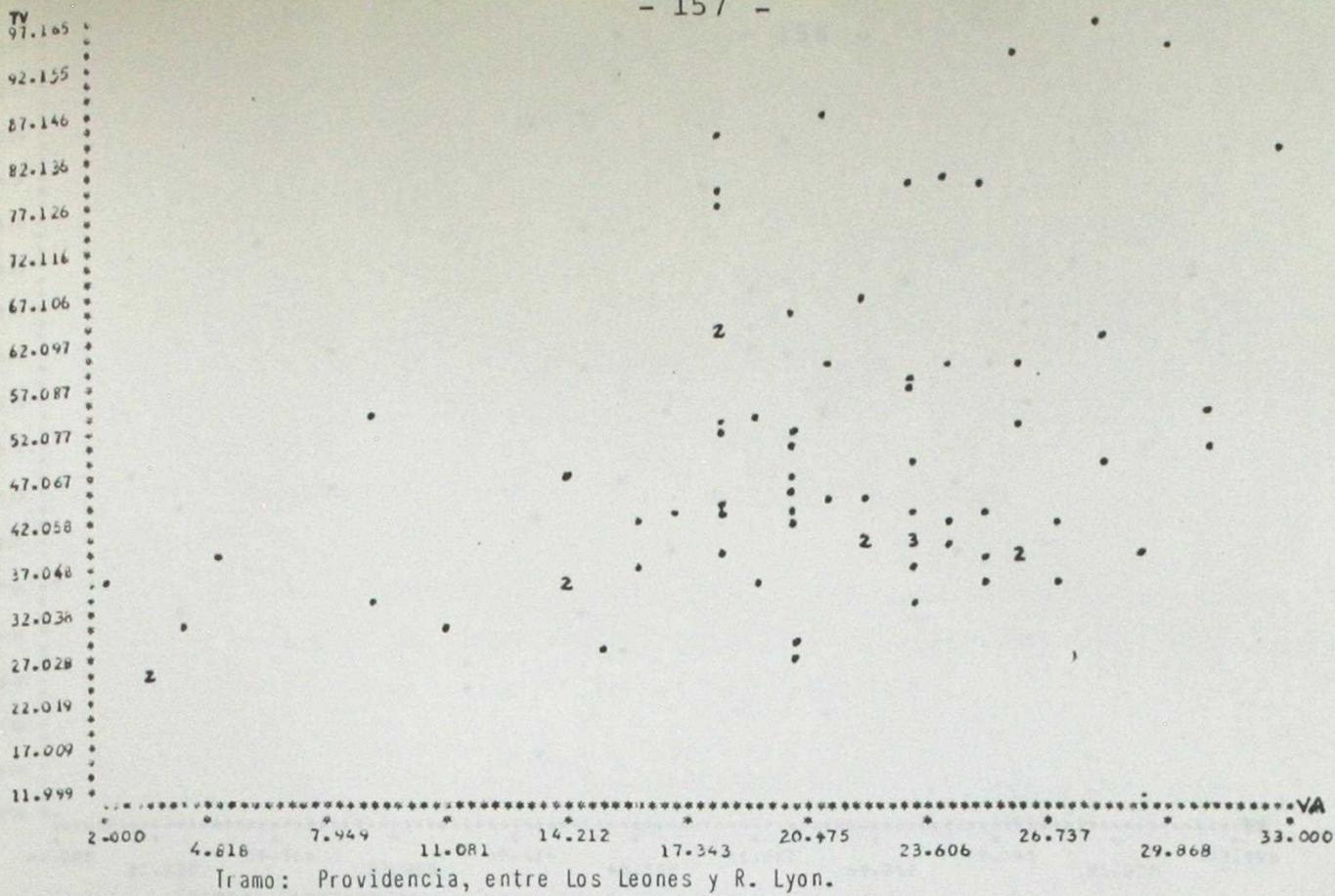


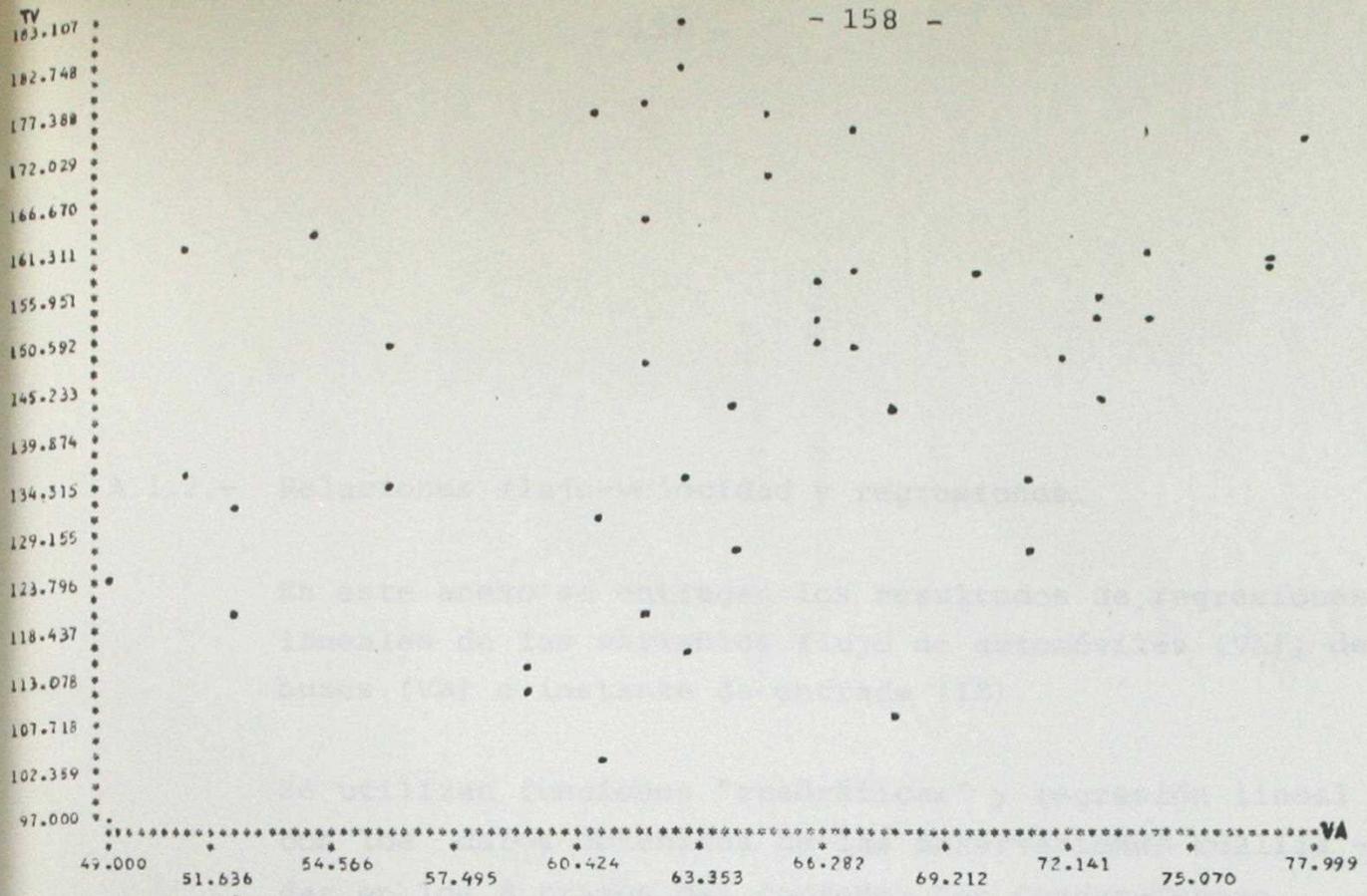


Tramo: Apoquindo-Manquehue, entre Estadio Italiano y El Faro

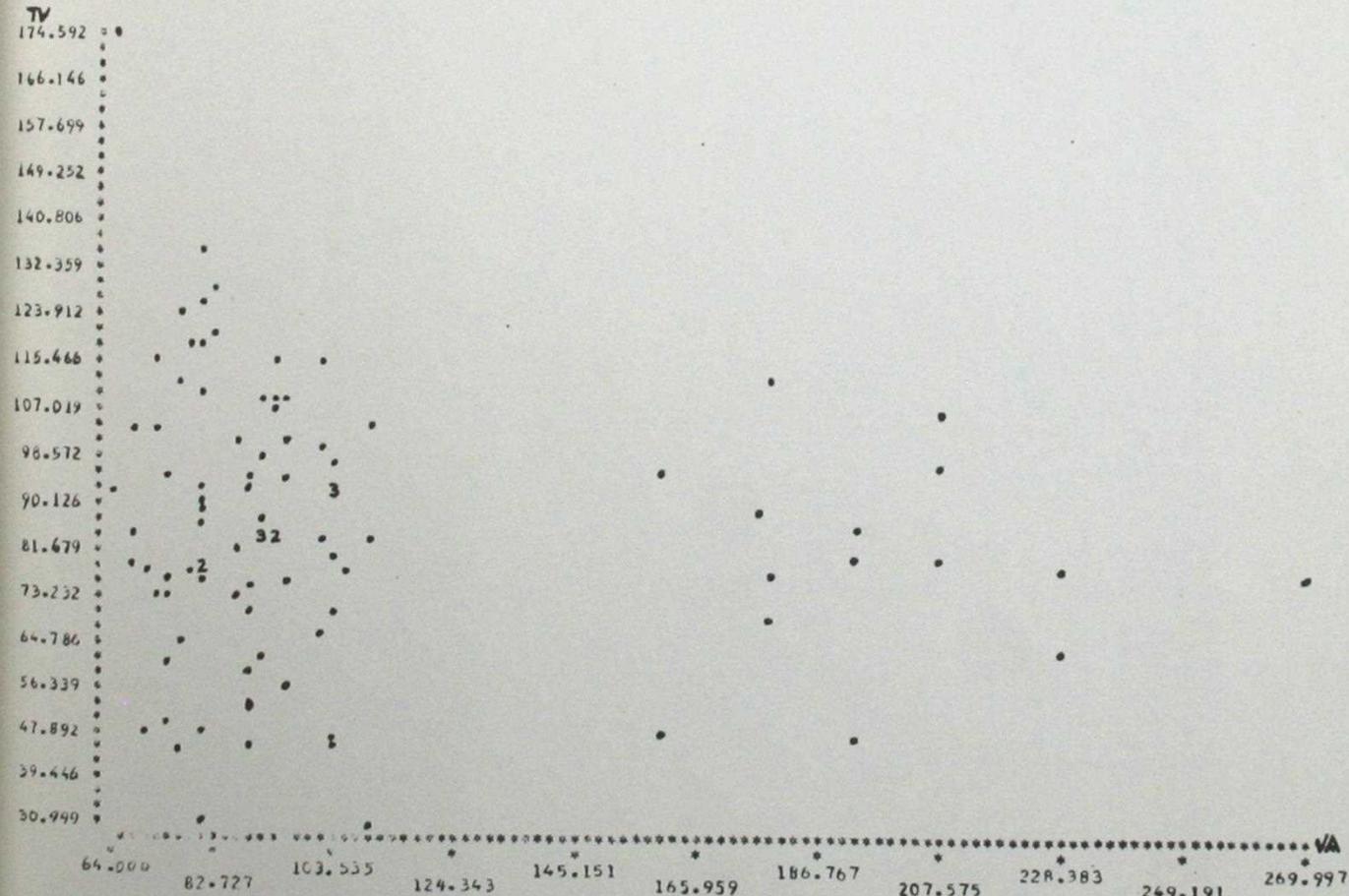


Tramo: Apoquindo-El Golf, entre Alcántara y I. El Golf





Tramo: Conquistadores, entre el Cerro y Hotel Sheraton



Tramo: Costanera, entre Budapest y F. Noguera

A.1.2.- Relaciones flujo-velocidad y regresiones.

En este anexo se entregan los resultados de regresiones lineales de las variables flujo de automóviles (VA), de buses (VB) e instante de entrada (IE).

Se utilizan funciones "cuadráticas" y regresión lineal con los datos obtenidos de las observaciones realizadas en los 8 tramos del corredor Las Condes-Centro.

EQUATION 1

$$TV = C + \alpha (VA - \bar{VA}) + \beta (VB - \bar{VB}) + \gamma (VA - \bar{VA})(VB - \bar{VB})$$

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

RIGHT-HAND
VARIABLE

CAC
VBC
VVC
VAVP

ESTIMATED
COEFFICIENT

42.4997
-0.269029
-0.277200

STANDARD
ERROR

0.796132
0.101782
0.176453
0.120230

T-
STATISTIC

52.7091
5.40442
-1.10160
-2.29792

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -50.3527
R-SQUARED = 0.6913
R-SQUARED (ADJ. FOR GAPS) = 2.1702
SUM OF SQUARES OF RESIDUALS = 175.996
SUM OF SQUARES FOR THE REGRESSION = 3.42536
SUM OF SQUARES = 0.350952E+03
NUMBER OF OBSERVATIONS = 19
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 42.6842
T-STATISTIC (3., 15.) = 11.1670

DATOS: AGEUADOS EN
Pelotonas (ARCA2).

ESTIMATE OF VARIANCE-COVARIANCE MATRIX OF ESTIMATED COEFFICIENTS

C	VAC	VBC	VVC	VAVP
0.624208	-0.245896E-02	-0.128057E-01	0.992511E-02	
-0.245896E-02	0.103596E-01	0.119185E-01	-0.258235E-02	
-0.128057E-01	0.119185E-01	0.773789	-0.167589E-01	
0.992511E-02	-0.258235E-02	-0.167589E-01	0.145517E-01	

1 2 3 4

KENNEDY : CUADRATICA

EQUATION 1

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

$$TV = c + \alpha (VA - \bar{VA}) + \beta (VA - \bar{VA})^2$$

RIGHT-HAND
VARIABLE

C
VA1
VA2

ESTIMATED
COEFFICIENT

42.4171
0.111276
0.208382E-03

STANDARD
ERROR

0.704187
0.642659E-01
0.407323E-02

T-
STATISTIC

54.0905
1.73305
0.511590E-01

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -101.439
R-SQUARED = 0.1350
DURBIN-WATSON STATISTIC (ADJ. FOR 0. GAPS) = 1.5200
SUM OF SQUARED RESIDUALS = 426.823
STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 3.49213
SUM OF RESIDUALS = 0.233459E-02
NUMBER OF OBSERVATIONS = 38.
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 42.2632
F-STATISTIC(2., 35.) = 2.73121

DATOS : AGRUPADOS en
PELOTONES (ARCH 2).

ESTIMATE OF VARIANCE-COVARIANCE MATRIX OF ESTIMATED COEFFICIENTS

C	VA1	VA2
0.614950	-0.200496E-01	-0.218591E-02
-0.200496E-01	0.413011E-02	0.179728E-03
-0.218591E-02	0.179728E-03	0.165912E-04

1 2 3

APOQ-MA : CUADRATICA.

EQUATION 1

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

$$TV = C + \alpha_1(VA - \bar{VA}) + \alpha_2(VA - \bar{VA})^2 + \beta_1(IE - \bar{IE}) + \beta_2(IE - \bar{IE})^2 + \gamma_1(VB - \bar{VB}) + \gamma_2(VB - \bar{VB})^2 + \delta_1(VA - \bar{VA})(VB - \bar{VB}) + \delta_2(IE - \bar{IE})(VB - \bar{VB}) + \delta_3(VA - \bar{VA})(IE - \bar{IE})$$

RIGHT-HAND
VARIABLE

C
VA1
VA2
IE1
IE2
VB1
VB2
VAVB
IEVB
VAIE

ESTIMATED
COEFFICIENT

86.4247
0.370182
0.284214E-01
-0.402827E-02
-0.182878E-02
-0.450880E-02
-0.455366E-02
-0.169338E-01
-0.190780E-01
0.609503E-02

STANDARD
ERROR

2.52884
0.182130
0.135616E-01
0.101286
0.501720E-02
0.30679
0.238079
0.849495E-01
0.524549E-01
0.757096E-02

T-
STATISTIC

34.1757
1.86781
2.09573
-3.97718
-0.364702
-0.516703
-0.191338E-01
-0.199362
-0.744982
0.903723

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -291.430
F-SQUARED = 0.4061
DURBIN-WATSON STATISTIC (ADJ. FOR 0. GAPS) = 1.6405
SUM OF SQUARED RESIDUALS = 9027.13
STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 11.7847
SUM OF RESIDUALS = 0.102386E-01
NUMBER OF OBSERVATIONS = 75.
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 86.5733
F-STATISTIC(9., 65.) = 4.93921

DATOS : SIN AGRUPACION. (ARCH 4)

EQUATION 1

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

$$TV = C + \alpha_1 (VA - \bar{VA}) + \alpha_2 (VA - \bar{VA})^2 + \beta_1 (IE - \bar{IE}) + \beta_2 (IE - \bar{IE})^2 + \delta_1 (VB - \bar{VB}) + \delta_2 (VB - \bar{VB})^2 + \gamma_1 (VA - \bar{VA})(IE - \bar{IE}) + \gamma_2 (VA - \bar{VA})(VB - \bar{VB}) + \gamma_3 (VA - \bar{VA})(IE - \bar{IE})(VB - \bar{VB})$$

RIGHT-HAND VARIABLE	ESTIMATED COEFFICIENT	STANDARD ERROR	T-STATISTIC
C	49.3566	1.26713	38.9514
VA1	0.163582	0.659389E-01	2.48081
VA2	-0.725658E-02	0.392627E-01	-1.84352
IE1	-0.404828	0.732790E-01	-5.52449
IE2	-0.277379E-02	0.738021E-02	-0.375841
VB1	0.495823	0.508434	0.975196
VB2	-0.290343	0.231654	-1.25333
VA VB	-0.537779E-02	0.424119E-01	-0.126798
VA IE	-0.392005E-01	0.414513E-01	-0.945699
VA IE VB	0.737000E-02	0.458948E-02	1.60585

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -225.682
 R-SQUARED = 0.5676
 F-STATISTIC (ADJ. FOR 0 GAPS) = 1.0710
 SUM OF SQUARED RESIDUALS = 2059.56
 STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 5.81062
 SUM OF RESIDUALS = 0.249917E-02
 NUMBER OF OBSERVATIONS = 71.
 MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 46.8591
 F-STATISTIC (9., 61.) = 8.89565

DATOS: SIN AGRUPACION
(ARCH 1)

PROV I

EQUATION 1

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

$$TV = c + \alpha_1(VA - \bar{VA}) + \delta_1(VB - \bar{VB}) + \beta_1(IE - \bar{IE}) + \delta_2(VA - \bar{VA})(VB - \bar{VB}) + \beta_2(IE - \bar{IE})(VA - \bar{VA}) + \delta_3(IE - \bar{IE})(VB - \bar{VB}) + \alpha_2(VA - \bar{VA})^2 + \gamma_2(VB - \bar{VB})^2 + \beta_2(IE - \bar{IE})^2$$

RIGHT-HAND VARIABLE	ESTIMATED COEFFICIENT	STANDARD ERROR	T-STATISTIC
C	47.8507	3.12274	15.32233
VA 1	0.714379	0.239627	2.98366
VB 1	1.00747	0.16657	6.05417
IE 1	0.112170	0.159012	0.70541
VA VB	0.237580E-01	0.200538	1.17819
VA VA	0.214082E-01	0.303560E-01	0.69161
IE VB	-0.159873E-01	0.097456E-01	-1.61599
VA 2	-0.648481	0.318002E-01	-2.05027
VB 2	0.326614E-01	0.577548E-02	5.62742
IE 2		0.995653E-02	3.28040

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -322.023
 R-SQUARED = 0.3200
 DURBIN-WATSON STATISTIC (ADJ. FOR 0. GAPS) = 1.5116
 SUM OF SQUARED RESIDUALS = 16832.2
 STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 15.8501
 SUM OF RESIDUALS = 0.520325E-02
 NUMBER OF OBSERVATIONS = 77
 MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 50.6364
 F-STATISTIC (9., 67.) = 3.50360

DATOS: SIN AGRUPACION
(ARCH 1)

BILBAO-JUI:

EQUATION 1

$$TV = C + \alpha_1(VA - \bar{VA}) + \beta_1(IE - \bar{IE}) + \gamma_1(VB - \bar{VB}) + \beta_2(IE - \bar{IE})^2$$

ORDINARY LEAST SQUARES
DEPENDENT VARIABLE: TV

RIGHT-HAND
VARIABLE

ESTIMATED
COEFFICIENT

C 2E.1812
VA1 0.236434
VB1 0.876428
IE1 0.129692
IE2 -0.510550E-02

STANDARD
ERROR

0.734922
0.563086E-01
0.515491
0.277689E-01
0.186848E-02

T-
STATISTIC

34.2638
4.19890
1.70018
4.67039
-2.73296

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -464.752
R-SQUARED = 0.2600
DURBIN-WATSON STATISTIC (ADJ. FOR 0. GAPS) = 1.5654
SUM OF SQUARED RESIDUALS = 4633.68
STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 5.71240
SUM OF RESIDUALS = 0.476074E-02
NUMBER OF OBSERVATIONS = 147.
MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 24.3197
F-STATISTIC(4., 142.) = 12.4760

DATOS: SIN AGEU7ACION
(ARCH 1)

ESTIMATE OF VARIANCE-COVARIANCE MATRIX OF ESTIMATED COEFFICIENTS

C	VA1	VB1	IE1	IE2
0.540111	-0.867044E-02	-0.217723E-01	0.116824E-02	-0.101573E-02
-0.867044E-02	0.317066E-02	0.350864E-02	-0.102628E-03	0.103909E-05
-0.217723E-01	0.350864E-02	0.265731	0.154553E-03	0.422737E-05
0.116824E-02	-0.102628E-03	0.154593E-03	0.771113E-03	-0.252536E-05
-0.101573E-02	0.103909E-05	0.422736E-05	-0.252253E-05	0.349123E-05

C
VA1
VB1
IE1
IE2

1 2 3 4 5

CONQUISTADORES:

EQUATION 1

ORDINARY LEAST SQUARES

DEPENDENT VARIABLE: TV

$$TV = c + \alpha_1(VA - \bar{VA}) + \alpha_2(VA - \bar{VA})^2 + \beta_1(IE - \bar{IE}) + \beta_2(IE - \bar{IE})^2 + \delta_2(IE - \bar{IE})(VA - \bar{VA})$$

RIGHT-HAND VARIABLE	ESTIMATED COEFFICIENT	STANDARD ERROR	T-STATISTIC
C	152.752	3.87002	39.4709
VA1	0.654061	0.251456	1.86109
VA2	-0.441297E-01	0.392983E-01	-1.12284
IE1	-0.748848	0.151402	-4.84609
IE2	-0.271531E-02	0.663452E-02	-0.559997
IEVA	0.269960E-01	0.205697E-01	1.31242

LOG OF LIKELIHOOD FUNCTION = -194.125
 R-SQUARED = 0.5279
 DURBIN-WATSON STATISTIC (ADJ. FOR O. GAPS) = 1.4898
 SUM OF SQUARED RESIDUALS = 10847.3
 STANDARD ERROR OF THE REGRESSION = 16.4676
 C.41691E-02
 NUMBER OF OBSERVATIONS = 46
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 5
 MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 147.848
 F-STATISTIC (5., 40.) = 8.94516

ESTIMATE OF VARIANCE-COVARIANCE MATRIX OF ESTIMATED COEFFICIENTS

C	VA1	VA2	IE1	IE2	IEVA
14.9770	-0.360012E-01	-0.790578E-01	0.672575E-01	-0.141327E-01	-0.438147E-02
-0.360012E-01	0.123521E-02	0.383253E-02	0.160513E-01	-0.436300E-03	0.136502E-02
-0.790578E-01	0.154436E-02	0.865296E-03	0.865296E-03	-0.286651E-05	0.281900E-03
0.672575E-01	0.160514E-01	0.865297E-03	0.229226E-01	-0.391341E-04	-0.165869E-05
-0.141327E-02	-0.436300E-03	-0.288651E-05	-0.391341E-04	0.440169E-05	0.598256E-05
-0.438147E-02	0.136603E-02	0.281909E-03	-0.165869E-03	0.598256E-05	0.423113E-03

1 2 3 4 5 6

A.1.3.- Cálculo de la diferencia entre tiempo marginal y tiempo medio de viaje.

El cálculo de $TMg - tme$ de viaje entre cualquier zona y el centro consiste, en términos simples, en dos etapas:

1. Determinación de rutas que permiten unir el origen y destino a través de la red simplificada, y cálculo de $TMg - tme$ en cada ruta usando la fórmula de agregación en serie de los tramos que constituyen la ruta.
2. Agregación en paralelo de la diferencia $TMg - tme$ de aquellas rutas alternativas del par O-D.

Sin embargo, el cálculo se puede desarrollar componiendo tramos paralelos y en serie.

Denotaremos por "+" la agregación en serie y "//" en paralelo. La figura A1 muestra la red simplificada y los conectores de centroides que indican en que punto de la red ingresan los vehículos de cada zona.

A continuación se detalla el cálculo de $TMg - tme$ entre cada zona y el centro .

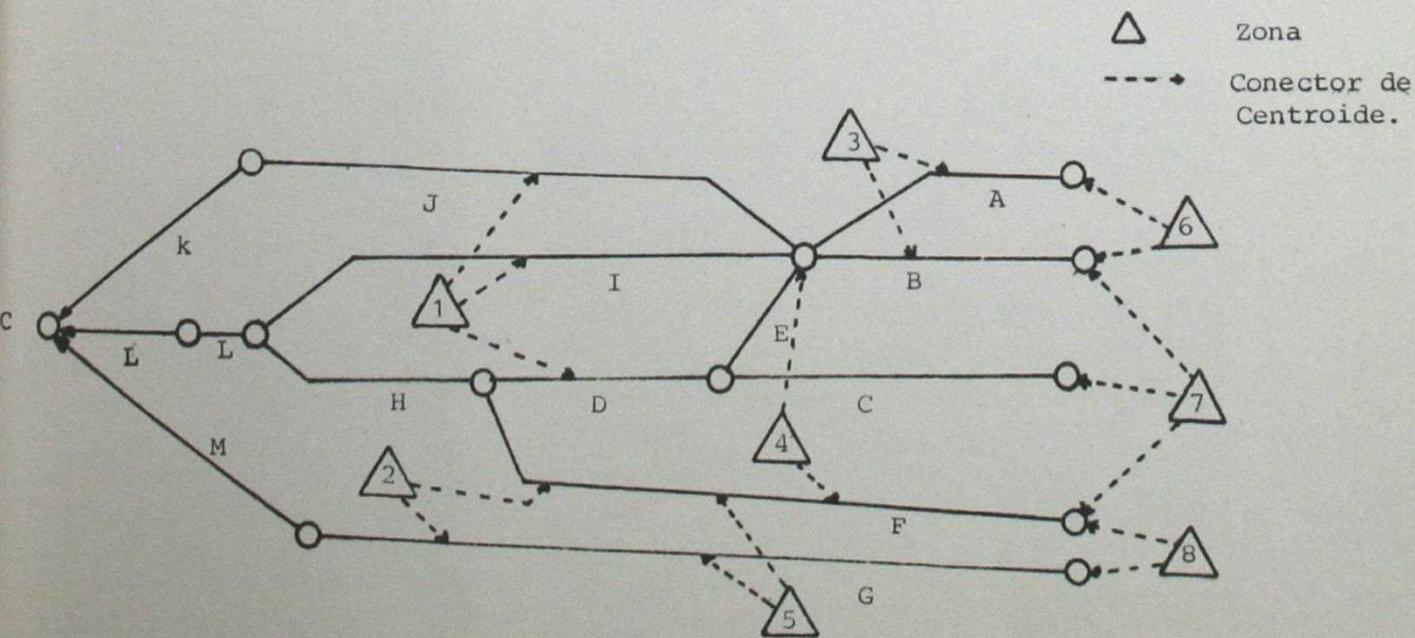


Figura A.1.- Red simplificada, incluye tramos de la red, zonas y conectores.

Los tramos de la red son :

- A. Vitacura
- B. Kennedy
- C. Apoquindo
- D. Providencia
- E. Vitacura
- F. Colón - E. Yañez
- G. Bilbao
- H. Providencia
- I. Costanera
- J. Conquistadores - Bellavista
- K. Ingreso al Centro por Bellavista
- L. Ingreso al Centro por Cardenal J.M. Caro
- M. Ingreso al Centro por Bilbao

Zona 1.-

a) Fórmula de agregación: $(J + K) // \{ (I // (D+H)) + L \}$

b) Desarrollo.

TMg - tme: J = 30,0 seg/km. d = 2,6 Km. 78 seg.

K (centro) = 146,0 seg/km d = 0,6 Km 87,6 seg.

TMg - tme (J+K) = 165,6 seg.

(2972 veq / hr)⁽¹⁾

TMg-tme : D + H = 23,0 seg/Km. d = 1,4 Km. 32,2 seg.

(2828 veq/ hr)

I = 13,0 seg/Km. d = 1,4 Km. 14,0 seg.

(3000 veq/hr)

$(I // (D+H)) = \frac{2828 + 3000}{32,2 + 14,0} = 19,3 \text{ seg.}$

$$\frac{2828 + 3000}{32,2 + 14,0}$$

TMg-tme: L⁽²⁾ J.M. Caro = 10,0 seg/Km. d = 1,1 Km 11,0 seg.

Centro = 146,0 seg/Km. d = 0,6 Km. 87,6 seg.

TMg-tme L 98,6 seg.

$(I // (D+H)) + L = 98,6 + 19,3 = 117,9 \text{ seg.}$

(4680 veq/hr)

(1) Entre paréntesis se indica el volúmen vehicular medio del período punta mañana en ese tramo, medido por las estaciones de conteo automático de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano.

(2) El tramo L se divide en dos subtramos: J.M. Caro, desde Plaza Italia hasta J.M. de la Barra y Centro que comprende desde J.M. de la Barra con J.M. Caro al destino.

$$(J+K) // \{ (I // (D+H)) + L \} = \frac{2972 + 4680}{\frac{2972}{165,6} + \frac{4680}{117,9}} = 132,8 \text{ seg.}$$

$$\therefore (TMg - tme)_1 = 132,8 \text{ seg.}$$

Zona 2.-

a) Fórmula de agregación $\{ (D // F) + H+L \} // (G+M)$

b) Desarrollo.

$$TMq - tme: \quad D = 23,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 1,4 \text{ Km.} \quad 32,2 \text{ seg.}$$

$$(1405 \text{ veq/hr})$$

$$F = 12,5 \text{ seg/Km.} \quad d = 0,6 \text{ Km.} \quad 7,5 \text{ seg.}$$

$$(2000 \text{ veq/hr})$$

$$D // F = \frac{1405 + 2000}{\frac{1405}{32,2} + \frac{2000}{7,5}} = 11,0 \text{ seg.} \quad (2828 \text{ veq/hr})$$

$$TMq - tme : \quad H = 23,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 1,0 \text{ Km.} \quad 23,0 \text{ seg.}$$

$$L = 98,6 \text{ seg/Km.} \quad d = 1,0 \text{ Km.} \quad \underline{98,6 \text{ seg.}}$$

$$TMg - tme (H+L) = 121,6 \text{ seg.}$$

$$\{ (D // F) + H+L \} = 121,6 + 11,0 = 132,6 \text{ seg.} \quad (4680 \text{ veq/hr})$$

$$TMg - tme : \quad G = 23,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 3,0 \text{ Km.} \quad 69,0 \text{ seg.}$$

$$M = 146,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 0,9 \text{ Km.} \quad \underline{131,4 \text{ seg.}}$$

$$TMg - tme (G+M) = 200,4 \text{ seg.}$$

$$(2932 \text{ veq/hr})$$

$$\{ (D//F) + H+L \} // (G+M) = \frac{4680 + 2932}{132,6 + 200,4} = 152,5 \text{ seg.}$$

$$\therefore (TMg-tme)_2 = 152,5 \text{ seg.}$$

Zona 3.-

a) Fórmula de agregación.

$$(A//B) + \{ (J+K) // ((I// (E+D+H)) + L) \}$$

b) Desarrollo.

$$TMg-tme: A = 22,9 \text{ seg/Km.} \quad d = 0,9 \quad 20,6 \text{ seg.} \quad (1584 \text{veq/hr})$$

$$B = 12,5 \text{ seg/Km.} \quad d = 0,9 \quad 11,25 \text{ seg.} \quad (2747 \text{veq/hr})$$

$$(A//B) = \frac{1584 + 2747}{20,6 + 11,25} = 13,5 \text{ seg.}$$

$$TMg-tme : J \text{ Conquistadores} = 32,7 \text{ seg/Km.} \quad d = 1,5 \text{ Km.} \quad 49,1 \text{ seg.}$$

$$\text{Bellavista} = 30,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 2,6 \text{ Km.} \quad 78,0 \text{ seg.}$$

$$K \text{ Centro} = 146,0 \text{ seg/Km.} \quad d = 0,6 \text{ Km.} \quad \underline{87,6 \text{ seg.}}$$

$$TMg-tme (J+K) \quad 214,7 \text{ seg.}$$

$$(2972 \text{ veq/hr})$$

TMg - tme:	E= 22,9 seg/Km.	d= 1,2 Km.	27,5 seg.
	D= 29,4 seg/Km.	d= 2,0 Km	58,8 seg.
	H= 23,0 seg/Km.	d= 1,0 Km.	<u>23,0 seg.</u>
	TMg-tme (E+D+H) =		109,3 seg.
	(2828 veq/hr)		

(1) TMg-tme : I Costanera = 0,0
 Av. Tajamar = 13,0 d= 2,3 Km 29,9 seg.
 (3000 veq/hr)

$$I // (E+D+H) = \frac{2828 + 3000}{109,3 + 29,9} = 46,2 \text{ seg.}$$

TMg-tme : L = 98,6 seg/Km.

$(I // (E+D+H)) + L = 46,2 + 98,6 = 144,8 \text{ seg.} \quad (4680 \text{ veq/hr})$

$$(J+K) // \{ (I // (E+D+H)) + L \} = \frac{2972 + 4680}{214,7 + 144,8} = 165,8 \text{ seg.}$$

$\therefore (A+B) + \{ (J+K) // ((I // (E+D+H)) + L) \} = 13,5 + 165,8 = 179,3 \text{ seg.}$

$(TMg - tme)_3 = 179,3 \text{ seg.}$

(1) El tramo I se divide en dos subtramos: Costanera. desde Vitacura hasta Manuel Montt y Av. Tajamar, desde Manuel Montt hasta Plaza Italia.

Zona 4.-

a) Fórmula de agregación.

$$(J + K) // \{ (I // \{ (E+D) // F \} + H) + L \}$$

b) Desarrollo.

$$TM_q-tme : F = 12,5 \text{ seg/Km.} \quad d = 3,3 \text{ Km.} \quad 41,3 \text{ seg.}$$

(2000 veq/hr)

$$E+D = (\text{Ver zona 3}) \quad 86,3 \text{ seg.}$$

(1405 veq/hr)

$$(E+D) // F = \frac{2000 + 1405}{41,3 + 86,3} = 52,6 \text{ seg.}$$

$$TM_g-tme : H = 23,0 \text{ seg/km.} \quad d = 1,0 \text{ km.} \quad 23,0 \text{ seg.}$$

$$(E+D) // F + H = 52,6 + 23,0 = 75,6 \text{ seg.} \quad (2828 \text{ veq/hr})$$

$$TM_g-tme : I = (\text{Ver zona 3}) \quad 29,9 \text{ seg.}$$

(3000 veq/hr)

$$I // \{ (E+D) // F + H \} = \frac{3000 + 2828}{29,9 + 67,3} = 40,9 \text{ seg.}$$

$$TM_g-tme : L = (\text{Ver zona 2}) \quad 98,6 \text{ seg.}$$

$$(I // \{ (E+D) // F + H \}) + L = 139,5 \text{ seg.} \quad (4680 \text{ veq/hr})$$

TMg-tme : J + K = (Ver zona 3)

$$(J+K) // \{ (I // \{ (E+D) // F \} + H) \} + L = \frac{2972 + 4680}{214,7 + 139,5} = 161,5 \text{ seg.}$$

$$(TMg - tme)_4 = 161,5 \text{ seg.}$$

Zona 5.-

a) Fórmula de agregación. (F + H + L) // (G + M)

TMg - tme: F= (Ver zona 4) 41,3 seg.

H= (Ver zona 4) 23,0 seg.

L= (Ver zona 2) 98,6 seg.

TMg-tme (F+H+L) = 162,9 seg.

(4680 veq/hr)

TMg-tme : G (Bilbao/Salvador) = 23.0 d= 5,7 km. 96,6 seg.

M (Centro) = 146,0 d= 0.9 km. 131,4 seg.

Tmg-tme (G+M) = 228,0 seg.

(2932 veq/hr)

$$(F + H + L) // (G+M) = \frac{4680 + 2932}{162,9 + 228,0} = 183,0 \text{ seg.}$$

$$\frac{4680 + 2932}{162,9 + 228,0}$$

. . (TMg - tme)₅ = 183,0 seg.

Zona 6.-

a) Fórmula de agregación.

$$(A//B) + \{ (J+K)// ((I// (E+D+H)) + L) \}$$

b) Desarrollo.

$$\text{TMg-tme : } A= 22,9 \text{ seg/Km.} \quad d= 3,3 \text{ Km.} \quad 75,6 \text{ seg.} \\ (1584 \text{ veq/hr})$$

$$B= 12,5 \text{ seg/Km} \quad d= 3,3 \text{ Km.} \quad 41,25 \text{ seg.} \\ (2747 \text{ veq/hr})$$

$$A//B = \frac{1584 + 2747}{75,6 + 41,25} = 49,5 \text{ seg.}$$

$$\frac{1584 + 2747}{75,6 + 41,25}$$

$$(J+K)// ((I// (E+D+H)) + L) \text{ (de zona 3) } = 165,3 \text{ seg.}$$

$$\therefore (\text{TMg} - \text{tme})_6 = 215,3 \text{ seg.}$$

Zona 7.-

a) Fórmula de agregación: en este caso, por la complejidad de la red es necesario definir las rutas alternativas del par zona 7 - Centro, y agregar posteriormente en paralelo. Las rutas alternativas son:

B+J+K, B+I+L, B+E+D+H+L, C+D+H+L y F+H+L.

Luego, la fórmula de agregación es:

$$(B+J+K) // (B+I+L) // (B+E+D+H+L) // (C+D+H+L) // (F+H+L)$$

b) Desarrollo.

TMg-tme: B= 12,5 seg/Km. d= 3,3 41,3 seg.

J= (Ver zona 3) 127,1 seg.

K= (Ver zona 3) 87,6 seg.

TMg-tme (B+J+K) = 256,0 seg.

(2972 veq/hr)

TMg - tme: B = 41,3 seg.

I = (Ver zona 3) 29,9 seg.

L = (Ver zona 1) 98,6 seg.

(TMg-tme (B+I+L) = 169,8 seg.

(4680 veq/hr)

TMg - tme: B =	41,3 seg.
E = (Ver zona 3)	27,5 seg.
D = (Ver zona 3)	58,5 seg.
H = (Ver zona 3)	23,0 seg.
L = (Ver zona 3)	<u>98,6 seg.</u>

$$TMg-tme (B+E+D+H+L) = 242,2 \text{ seg.}$$

(4680 veq/hr)

TMg-tme: C=(Apoquindo/Manquehue) = 20,41seg/Km	d=1,5Km	30,6seg.
(Apoquindo/El Golf) = 13,00seg/Km	d=2,9Km	37,7seg.
D= (Ver zona 3)		58,8seg.
H= (Ver zona 3)		23,0seg.
L= (Ver zona 2)		<u>98,6seg.</u>

$$TMg-tme (C+D+H+L) = 248,7 \text{ seg.}$$

(4680veq/hr)

TMg-tme F (Colón) = 13,0 seg/Km	d= 3,6 Km.	46,8 seg.
(E.Yañez)=12,5 seg/Km	d= 3,3 Km.	41,25 seg.

$$H = (Ver zona 3) \quad 23,0 \text{ seg.}$$

$$L = (Ver zona 3) \quad \underline{98,6 \text{ seg.}}$$

$$TMg-tme (F+H+L) = 121,6 \text{ seg.}$$

(4680 veq/hr)

$$\therefore (TMg-tme)_7 = \frac{2972 + (4 \times 4680)}{256,0 \quad 169,8 \quad 249,2 \quad 248,7 \quad 121,6} = 188,3 \text{ seg.}$$

$$\frac{2972 + 4680 + 4680 + 4680 + 4680}{256,0 \quad 169,8 \quad 249,2 \quad 248,7 \quad 121,6}$$

$$\therefore (TMg-tme)_7 = 188,3 \text{ seg.}$$

Zona 8.-

a) Fórmula de agregación: $(F + H + L) // (G + M)$

b) Desarrollo.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{TMg-tme : } F & = & (\text{Ver zona 7}) \quad 88,1 \text{ seg.} \\
 H & = & (\text{Ver zona 3}) \quad 23,0 \text{ seg.} \\
 L & = & (\text{Ver zona 2}) \quad \underline{98,6 \text{ seg.}}
 \end{array}$$

$$\text{TMg-tme (F+H+L)} = 209,7 \text{ seg.}$$

(4680 veq/hr)

$$\begin{array}{rcl}
 \text{TMg-tme : } G \text{ (Bilbao/Jumbo)} & = & 22,5 \text{ seg/Km} \quad d= 2,9 \text{ Km} \quad 65,3\text{seg.} \\
 & & (\text{Bilbao/Salva} \\
 & & \text{dor}) = 23,0 \text{ seg/Km} \quad d= 6,0 \text{ Km} \quad 138,0\text{seg.}
 \end{array}$$

$$M \text{ (Ver zona 5)} \quad \underline{131,4\text{seg.}}$$

$$\text{Tmg-tme (G+M)} = 334,7 \text{ seg.}$$

(2932 veq/hr)

$$\begin{aligned}
 (F+H+L) // (G+M) &= \frac{4680 + 2932}{209,7 + 334,7} = 244,9 \text{ seg.} \\
 &= \frac{4680 + 2932}{209,7 + 334,7}
 \end{aligned}$$

$$(\text{TMg} - \text{tme})_8 = 244,9 \text{ seg.}$$

A N E X O 2

COSTOS SOCIALES DE LOCOMOCION COLECTIVA

1. DESCRIPCION DEL VEHICULO ESTUDIADO

El vehículo tipo elegido para determinar los costos corresponde a un bus Mercedes Benz, modelo LPO 1113-45 cuyas características son:

Motor modelo : 352
Año : 1978
Núm.cilindros: 6 en línea
Cilindrada total : 5675 cm³
Capac.depósito combustible : 210 litros
Tipo combustible : Petróleo diesel (gasoil) filtrado
Rendimiento real : 3,5 Km/Lt.
Capacidad Pasaj. : 45

2. Consumo de Recursos

Este vehículo debe ser sometido a mantenciones periódicas de acuerdo al kilometraje, estas son:

2.1.- Mantenición programada cada 5.000 kilómetros, incluye:

Cambio aceite motor
Cambio filtro de aceite
Limpieza tamiz
Cambio filtro petróleo
Limpieza filtro de aire
Lavado general, motor, carrocería
Engrase general
Regulación de frenos
Revisión de niveles de: caja de cambio, diferencial, caja dirección batería.
Revisión de tensiones de correa de: ventilador, bomba hidráulica.
Revisión líquido de freno
Regulación de válvulas

2.2.- Mantenición programada cada 25.000 kms. incluye todas las anteriores más:

Cambio aceite caja de cambio, diferencial, dirección hidráulica.

Cambio balatas de freno

Inspección bomba inyectora

Reparación alternador y motor de partida

Cambio batería

2.3.- Mantenición programada cada 100.000 Km. incluye las anteriores más:

Calibración o cambio de inyectores

Regulación y calibración de bombas (en algunos casos cambio de elementos).

Cambio de cruzetas

Cambio rodamiento de ruedas

Cambio de embriague

2.4.- Cambio de neumáticos cada 40.000 kilómetros, se considera en el cambio sólo tres unidades cada vez.

De llevarse a cabo todas estas mantenciones en el tiempo debido, el bus no requiere de reparaciones.

3. Precio de Mercado de cada item de costo

3.1.- Mantenición cada 5.000 kilómetros	<u>Precio</u>	<u>Tipo</u>
Cambio aceite motor (10 lt)	\$ 2.900	L
Cambio filtro aceite	\$ 240	R
Limpieza tamiz	\$ 100	M.O.
Cambio filtro petróleo	\$ 240	R

Los costos se clasifican en tres tipos: L para lubricantes, R los repuestos y M.O. mano de obra.

	<u>Precio</u>	<u>Tipo</u>
Limpieza filtro aire	\$ 100	M.O.
Lavado general, motor carrocería, engrase.	\$ 1.350	M.O.
Regulación de frenos	\$ 200	M.O.
Revisión niveles de caja de cambio, diferencial, caja dirección y batería, revisión tensiones de correas y revisión líquido de freno.	\$ 450	M.O.
Regulación de válvulas	\$ 500	M.O.
Otros	\$ 500	R
Mano de obra	\$ 2.000	M.O.

TOTALES: L= \$2.900, R= \$980 y M.O.= \$4.700

3.2.- Mantenición cada 25.000 kilómetros.

Cambio aceite caja de cambio	\$ 1.080	L
Cambio aceite diferencial	\$ 2.160	L
Cambio aceite dirección hidráulica	\$ 540	L
Cambio balatas de freno	\$ 6.000	R
Inspección bomba inyectora	\$ 4.500	M.O.
Mano de obra	\$ 6.000	M.O.
	\$20.280	

TOTALES: L= \$3.780, R= \$6.000 y

M.O.= \$10.500

3.3.- Mantenición cada 100.000 kilómetros.

Calibración de inyectores	\$ 7.200'	M.O.
Regulación y calibración de bomba	\$ 9.000	M.O.
Cambio cruzetas	\$ 10.500	R
Cambio rodamiento de ruedas	\$ 16.000	R
Cambio embriague	\$ 12.000	R
Cambio batería	\$ 11.500	R
Reparación alternador motor de partida	\$ 12.000	M.O.
Mano de obra	\$ 20.000	M.O.

TOTALES: M.O.= \$48.200 R= \$50.000

3.4.- Cambio de neumáticos cada 40.000 kilómetros.

Cambio de tres unidades \$ 54.000

3.5.- Gastos de combustible.

Costo combustible por litro \$/lt 28,70

3.6.- Costos variables por pasajero.

Remuneración variable del chofer, corresponde a un 8,7% del boleto cortado. \$/pasajes 1,53

Costo por boleto 0,25

4. Precio Social de los Recursos

El precio social estará dado por los costos privados menos todos los impuestos y afectando el valor de la divisa en un factor 1,3 que corresponde al precio sombra para la moneda extranjera.

La tasa de cambio de la divisa es de 75 \$/US\$, Marzo 1983. La forma de determinar estos costos se detalla a continuación con valores del mes de Marzo de 1983.

4.1.- Costo Social por combustible.

Precio del Combustible: Diesel

Precio 28.70 \$/lt.

Componentes:	1) Productos Enap	60,1%	17.25
	2) Distribución	12,2%	3.50
	3) Impuestos	27,7%	<u>7.95</u>
			28.70

Se usa la siguiente nomenclatura: CS= costo social, PM= precio de mercado, PP= precio privado, CN= componente nacional y CI= componen te importado.

Precio de venta Enap:

Crudo importado	63%	10.868
Depreciación	11%	1.898
Materiales	<u>11%</u>	<u>1.898</u>
	85%	

Prod.Imp. o Sustituto:

Remuneración	6%	1.035
Impuestos	1%	0.173
Servicios y		
Contrato	<u>8%</u>	<u>1.380</u>
	15%	17.25

$$P_s = 1.3 (17.25 \times 0.85 + 3.50 \times 0.6) + 0.7 (17.25 \times 0.06 + 3.50 \times 0.2) + 1.0 (17.25 \times 0.08 + 3.50 \times 0.2)$$

$$P_s = 25,01 \text{ \$/lt.} \quad \text{o bien, } P_s = 7,17 \text{ \$/Km.}$$

4.2.- Costo Social Lubricantes.

La desagregación estimada del precio de los lubricantes permite establecer los valores siguientes:

$$PM : 120\% \quad PP: 100\% \quad CN : 40\% \quad CI : 60\%$$

$$CS = CN + 1.3 \times CI = 1.18 \quad PP = 0.9833 \times PM$$

Precio del lubricante en el mercado es de 290 \\$/lt, por lo tanto el costo social es de :

$$CS. = 0.9833 \times 290 = 285 \text{ \$/lt.}$$

4.3.- Costo Social de Neumáticos.

PM : 120% PP : 100% CN : 55% CI : 45%

$$CS. = CN + 1.3 \times CI = 0.9458 \times PM$$

El precio en el mercado del producto es de \$ 18.000 la unidad.

$$CS. = 0.9458 \times 18.000 = 17.025 \text{ \$/Unidad}$$

4.4.- Costo Social de los Repuestos.

PM : 120% PP : 100% CN : 15% CI : 85%

$$CS = CN + 1.3 \times CI = 1.0458 \times PM$$

4.5.- Costo Social de la Mano de Obra.

El valor social de la mano de obra es igual al valor de mercado para los tipos no calificados v semicalificados.

RESUMEN COSTOS MEDIOS SOCIALES DE OPERACION DE LOCOMOCION COLECTIVA

Item	Precio de Mercado. \$/item	Factor de Precio Social	Costo por Kilómetro \$/Km.	Costo por pasajero. \$/pasajero
1. Mantenición 5.000 Km.				
- Repuestos	980	1.0458	0.21	
- Lubrificantes	2.900	0.9833	0.57	
- Mano de Obra	2.700	1.0	0.54	
2. Mantenición 25.000 Km.				
- Repuestos	6.000	1.0458	0.25	
- Lubrificantes	3.780	0.9833	0.15	
- Mano de Obra	10.500	1.0	0.42	
3. Mantenición 100.000 Km.				
- Repuestos	50.000	1.0458	0.52	
- Mano de Obra	48.200	1.0	0.48	
4. Neumáticos (3 unidades)	54.000	0.9458	1.28	
5. Combustible (lt)	28,70		7.17	
6. Costos variables por pasajero				
- Remuneraciones	2.18	0.70		1.53
- Boleto				0.25
7. Depreciación				
			4.72	
			16.31	
Total				1.78

30%

J.V.C

A N E X O 3

A.3.1.- Programa Computacional para la Tarificación Óptima.

A.3.2.- Datos Entrada.

A.3.3.- Resultados del Modelo.

A.3.1.- Programa Computacional de Tarificación Óptima.

	0010
	0020
	0030
	0040
*****	0050
* PROGRAMA: CALCULO DE TARIFAS OPTIMAS EN TRANSPORTE URBANO *	0060
* APLICACION AL CONTROL DE LAS CONES CERIFIC *	0070
*****	0080
	0090
ENTRADA : 1. MODELO DE DESAGREGACION DE LA DEMANDA LOGIT MULTINOMIAL DE	0100
"M" ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE, "N" VARIABLES EXPLICATIVAS Y "I" ESTRATOS SOCIOECONOMICOS.	0110
VALORES DEL MODELO LOGIT:	0120
- VAF (1, J) : TIEMPO DE VIAJE DEL MODO J, CON J=1, ..., M.	0130
- VAF (2, J) : COSTO PERCIBIDO POR EL USUARIO DEL MODO J.	0140
- VAF (3, J) : NUMERO DE AUTOS EN EL MODO J.	0150
- IDUM (5, J) : VALORES DE LAS VARIABLES DUMMY (1 O 0),	0160
CON B=1, ..., I.	0170
- ING (R) : INGRESO MEDIO DE LA POBLACION DEL ESTRATO R	0180
- ALFA (J) : CONSTANTE SOCIAL DEL MODO J.	0190
- BAFAM (I) : COEFICIENTE QUE ACCOMPANA LA VARIABLE	0200
VAF (1, J) CON J=1, ..., M	0210
- TADUM (5) : COEFICIENTE QUE ACCOMPANA LA VARIABLE IDUM.	0220
	0230
	0240
	0250
2. OFERTA DE TRANSPORTE	0260
SE INGRESAN VALORES DE COSTOS MARGINALES SOCIALES (CMG	0270
Y DIFERENCIA (P-CMG) POR EFECTO DE CONGESTION PARA CADA	0280
MODO.	0290
	0300
3. CALCULO DE BENEFICIOS.	0310
EL PROGRAMA CALCULA BENEFICIOS SOCIALES DE TARIFICACION EN	0320
FORMA OPTIMA. LOS DATOS ADICIONALES SON, EL VALOR SO-	0330
DE LA DIFERENCIA (P-CMG) Y EL VALOR DE LA DIFERENCIA (P-CMG)	0340
POR EFECTO DE CONGESTION DE VIAS (CCMG).	0350
	0360
	0370
	0380
	0390
CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA : PERMITE CALCULAR TARIFAS OPTIMAS	0400
DEL MODO DEFINIDO COMO "1", PARA UN PAR C-D EN CADA CO-	0410
ORDADA.	0420
	0430
	0440
	0450

	DIMENSIONAL ALFA (100), PAFAB (100), VAR (100, 100), F (100), CMG (100),	0460
	* EMPV (10, 100), K (100), S (10, 100), A (100), M (100), NUM (100), TITU (20, 2),	0470
	* E (100), V (10, 100), N1 (10), W (10), Y (10), Vp (10), ING (100), SUMEV (10),	0480
	* ILLUM (10, 100), PALUM (10), C (100), EDA (100), W1 (10), CS (10), YT (10),	0490
	* ES (10), CCNG (100), CSS1 (10), CI (10)	0500
	LIMENSIONAL FORMAT (20), NMCDOS (20)	0510
	INTERFER FCFMAT, NMCDOS, F, F, X, N1	0520
	REPL N, ILLUM, ING, V1	0530
	REPL (8, 40) (TITU (1, J), I=1, 20), J=1, 2)	0540
	FCFMAT (2CA4)	0550
	REPL (8, EC) N, M, T, X, V1	0560
	FCFMAT (4IS, F10.5)	0570
	REPL (8, EC) (N1 (F), n=1, 1)	0580
	FCFMAT (2IS)	0590
	REPL (8, 70) FCFMAT	0600
	FCFMAT (2CA4)	0610
	REPL (8, 70) NMCDOS	0620
	REPL (8, NMCDOS) (F (J), J=1, M)	0630
	REPL (8, NMCDOS) (CMG (J), J=1, M)	0640
	REPL (8, NMCDOS) (CCNG (J), J=1, M)	0650
	REPL (8, NMCDOS) (ALFA (J), J=1, M)	0660
	REPL (8, NMCDOS) (PARAM (J), J=1, M)	0670
	REPL (8, NMCDOS) (PALUM (F), n=1, 1)	0680
	REPL (8, NMCDOS) ((VAR (I, J), J=1, M), I=1, K)	0690
	REPL (8, NMCDOS) ((LEUM (F, J), J=1, M), n=1, 1)	0700
	REPL (8, NMCDOS) (ING (R), n=1, 1)	0710
		0720
	SE GENERAN N NUMEROS PARA NUMEROS LOS MODOS DE TRANSFERTE	0730
		0740
	DC 100 J=1, M	0750
	NUM (J)=J	0760
	CCMINDUE	0770
		0780
	CALCULO DE LA DEMANDA TOTAL POR TRANSFERTE (NT).	0790
		0800
	N1=C	0810
	DC 200 I=1, 1	0820
	N1=N1+N1 (B)	0830
	CCMINDUE	0840
		0850
	SE REALIZAN Q ITERACIONES DE CONVERGENCIA A LA TABLA OPTIMA	0860
		0870
	Q=C	0880
	Q=Q+1	0890
		0900

ETAPA 1: CALCULO DE LA TABLACION MODAL CON MODELO LOGIT MULTINOMIAL.

CALCULO DE LAS UTILIDADES DIRECTAS V(R,J) SEGUN EL MODELO LOGIT,
Y EL EXCENENCIAL DE LAS UTILIDADES EXIV(R,J).

```

100 LC 250 J=1,M
110 C(J)=VAB(2,J)
120 CCNTINUE
130 LC 350 F=1,T
140 LC 400 J=1,M
150 VAB(2,J)=C(J)/ING(S)
160 SUMA=0
170 LC 500 I=1,N
180 SUMA=SUMA+PARAM(I)*VAB(I,J)
190 CCNTINUE
200 V(F,J)=ALFA(J)+SUMA+PARAM(F)*IDUM(F,J)
210 EXEV(R,J)=EXE(V(R,J))
220 CCNTINUE

```

CALCULO DE LA SUMATORIA DE EXP(V(J)), SUMEV.

```

230 SUMEV(R)=0
240 LC 500 J=1,M
250 SUMEV(R)=SUMEV(R)+EXEV(R,J)
260 CCNTINUE
270 CCNTINUE

```

CALCULO DE LA PROBABILIDAD S(F,J) DE ELEGIR EL MODELO J PARA UN IN-
DIVIDUO PERTENECIENTE AL ESTRATO F DE LA COCACION.

```

280 LC 570 J=1,M
290 LC 580 F=1,T
300 S(F,J)=EXEV(F,J)/SUMEV(F)
310 CCNTINUE
320 CCNTINUE

```

ETAPA 2 : CALCULO DE LA TAFIPA OPTIMA.

CALCULO DE LOS TERMINOS DE EFECTIVOS Y LA TAFIPA K(J) QUE MULTIPLICAN
LA DIFERENCIA P-CMG DE CALA MODC

```

330 LC 600 J=2,M
340 SUM2=0
350 SUM1=0
360 LC 550 F=1,T

```

0910
0920
0930
0940
0950
0960
0970
0980
0990
1000
1010
1020
1030
1040
1050
1060
1070
1080
1090
1100
1110
1120
1130
1140
1150
1160
1170
1180
1190
1200
1210
1220
1230
1240
1250
1260
1270
1280
1290
1300
1310
1320
1330
1340
1350

SUM1 = {NI (F) * S (F, J) * S (1, 1) / LOG (F)} + SUM1	1360
SUM2 = {NI (F) * S (F, 1) * (1 - S (R, 1)) / LOG (F)} + SUM2	1370
CCONTINUE	1380
K (J) = SUM1 / SUM2	1390
CALCULO DE LOS TERMINOS A (J) = (F (J) - CMG (J)) * K (J).	1400
FM (J) = F (J) - CMG (J)	1410
A (J) = FM (J) * K (J)	1420
CCONTINUE	1430
CALCULO DE LA SUMATORIA (F (J) - CMG (J)) * K (J), CON J=2, M; Y DE LA	1440
TARIFA DE SEGUNDO OPTIMO PARA EL CICLO 1: P1	1450
SUMAJ = 0	1460
IC 700 J=2, M	1470
SUMAJ = SUMAJ + A (J)	1480
CCONTINUE	1490
FM (1) = F (1) - CMG (1)	1500
P1 = CMG (1) + SUMAJ	1510
MAPA 3: CALCULO DEL INDICE DE BENEFICIOS DE LA TARIFA OPTIMA USANDO	1520
VARIACION COMPENSATORIA (VC) COMO BENEFICIOS DE LOS CONSUMIDORES Y	1530
VARIACION DEL CCSPC SOCIAL (CS)	1540
CALCULO DEL GASTO EN TRANSPORTE (YR), DE LA FUNCION	1550
Y (R) Y DE LA UTILIDAD INDIRECTA VI PARA CADA ESTRATO DE LA POBLACION.	1560
YI (C) = 0	1570
WI (C) = 0	1580
IC 660 F=1, 1	1590
SUMF = 0	1600
IC 630 J=1, M	1610
SUMF = EXPV (F, J) + SUMF	1620
CCONTINUE	1630
w (F) = (-1) * (LOG (SUMF) * LOG (F)) / PABAM (2)	1640
Y (F) = 0	1650
IC 650 J=1, M	1660
E (J) = C (J) * S (F, J)	1670
Y (E) = Y (F) + E (J)	1680
CCONTINUE	1690
VE (F) = Y (E) + w (F)	1700
CALCULO DEL GASTO DE TRANSPORTE (YT) Y DE LA FUNCION DE BENEFICIO	1710
W (T), PARA EL TOTAL DE LA POBLACION.	1720
	1730
	1740
	1750
	1760
	1770
	1780
	1790
	1800

```

YT(Q) = Y(F) * NI(I) + YL(Q)
WT(Q) = W(F) * NI(I) + WL(Q)
CCM11NUF
YT(Q) = YT(Q) / NI
WT(Q) = WT(Q) / NI
EC ECO J=1, M
VAR(1, J) = C(J)
CCM11NUF

```

1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900

CALCULO DE LA DEMANDA POR CADA MODELO (LLA(J)).

```

EC 950 J=1, M
LLA(J) = 0
EC 960 B=1, 1
LLA(J) = LLA(J) + S(R, J) * NI(R)
CCM11NUF
LLA(J) = LLA(J) / NI
CCM11NUF

```

1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000

CALCULO DEL COSTO SOCIAL CS. CT=COSTO DEL TIEMPO DE VIAJE, CSST=COSTO SIN TIEMPO DE VIAJE (C CONGESTION), Y COSTO SOCIAL TOTAL CS=CT+CSST.

NOTA: EN EL CALCULO DE CS SE INCLUYE EL COSTO SOCIAL DE OPERACION DEL VEHICULO AUTOMOVIL PARTICULAR, QUE EN ESTE MODELO NO ESTA CONSIDERADO EN EL COSTO MARGINAL.

```

CT(Q) = 0
CSST(Q) = 0
EC 970 J=1, M
CT(Q) = CT(Q) + (VAR(1, J) * (VT/60)) * DEA(J)
CSST(Q) = CSST(Q) + (CMG(J) - CONG(J)) * LLA(J)
CCM11NUF
CS(Q) = CT(Q) + CSST(Q) + VAR(2, 2) * LDA(2)

```

2010
2020
2030
2040
2050
2060
2070
2080
2090
2100
2110
2120
2130
2140
2150

CALCULO DEL BENEFICIO NETO SOCIAL (ES) PARA EL VALOR DE LA TARIFA EN LA DIFERENCIA Q (EN UNIDADES MONETARIAS POR PASAJERO).

```

ES(Q) = WT(Q) + YT(Q) - CS(Q)
AUXF = ABS(F1 - F(1))
IF (C.EC.1) GO TO 970
IF (FOXI.G1.0.C1) GO TO 2000

```

2160
2170
2180
2190
2200
2210
2220
2230
2240
2250

IMPRESION

1000	WRITE (10, 1000) ((11110 (I, J), I=1, 20), J=1, 2)	2260
1000	FCFMMAT (10, 1000) 20A4/ (1, 10X, 20A4)	2270
1020	WRITE (10, 1020) C	2280
1020	FCFMMAT (10, 1020) ILLABACION : ', 3X, 13)	2290
1040	WRITE (10, 1040) V1	2300
1040	FCFMMAT (10, 1040) VALOR DEI DIEMIC DE VIAJE : ', F10.5, ' (\$/HE)')	2310
1050	WRITE (10, 1050) (PARAM(J), J=1, N)	2320
1050	FCFMMAT (10, 1050) PARAMETROS EN DE DLA. = ', 3X, 15F8.3)	2330
1055	WRITE (10, 1055) (PALLM(F), R=1, 1)	2340
1055	FCFMMAT (10, 1055) PARAM. DE VAR. DUMMY', 3X, 'I1=', F8.5, 3X, 'I2=', F8.5,	2350
1055	* 3X, 'I3=', F8.5)	2360
1060	WRITE (10, 1060) (N1 (R), I=1, 1)	2370
1060	FCFMMAT (10, 1060) NUM. HABIT : ', 3X, 'I < 20.000 =', 13, 3X,	2380
1060	* 20.000 < I < 80.000 =', 13, 3X, 'I > 80.000 =', 13)	2390
1070	WRITE (10, 1100) (NUM(I), I=1, M)	2400
1070	FCFMMAT (10, 1100) MOEDC : ', 3X, 15 (12, 6X))	2410
1100	WRITE (10, FCFMMAT)	2420
1100	FCFMMAT (10, 1110) (E (J), J=1, M)	2430
1110	WRITE (10, 1110) EXECIC : ', 15F8.3)	2440
1110	FCFMMAT (10, 1120) (CMG (J), J=1, M)	2450
1120	WRITE (10, 1120) CMG : ', 15F8.3)	2460
1120	FCFMMAT (10, 1200) (PM (J), J=1, M)	2470
1200	WRITE (10, 1200) P-CMG : ', 15F8.3)	2480
1200	FCFMMAT (10, 1230) (CONG (J), J=1, M)	2490
1230	WRITE (10, 1230) CONG : ', 15F8.3)	2500
1230	FCFMMAT (10, 1300) (ALFA (J), J=1, M)	2510
1300	WRITE (10, 1300) ALFA : ', 15F8.3)	2520
1300	FCFMMAT (10, 1300) DC 1600 I=1, N	2530
1300	WRITE (10, 1500) I, (VAR(I, J), J=1, M)	2540
1500	FCFMMAT (10, 1500) X', I2, ' : ', 15F8.3)	2550
1500	CCONTINUF	2560
1500	WRITE (10, FCFMMAT)	2570
1500	DC 1940 R=1, 1	2580
1500	WRITE (10, 1700) R	2590
1700	FCFMMAT (10, 1700) RANGC DE INGRESO = ' 1', 11)	2600
1800	WRITE (10, 1800) (V (I, J), J=1, M)	2610
1800	FCFMMAT (10, 1800) V (I, J) : ', 15F8.3)	2620
1810	WRITE (10, 1810) (EXPV (I, J), J=1, M)	2630
1810	FCFMMAT (10, 1810) EXPV (I, J) : ', 15F8.3)	2640
1830	WRITE (10, 1830) (S (I, J), J=1, M)	2650
1830	FCFMMAT (10, 1830) S (I, J) : ', 15F8.3)	2660
1830	WRITE (10, FCFMMAT)	2670
1900	WRITE (10, 1900) Y (I) = w (I), V1 (I)	2680
1900	FCFMMAT (10, 1900) G1 (I) = w (I), V1 (I)	2690
1900	WRITE (10, FCFMMAT) w (1) =', F10.3, 5X, ' VR (I) =', F10.3)	2700

1940	CCM11NUF		2710
	WRITE (10, FCFMAT)		2720
	WRITE (10, 1945) (DLA (J), J=1, M)		2730
1945	FCFMAT (10, 1950) S (J), J=1, M		2740
	WRITE (10, 1950) (K (J), J=1, M)		2750
1950	FCFMAT (10, 1960) A (J), J=1, M		2760
	WRITE (10, 1960) A (J), J=1, M		2770
1960	FCFMAT (10, FCFMAT)		2780
	WRITE (10, 1965) YI (Q), WI (Q)		2790
1965	FCFMAT (10, 'GASTO TTE (YT) :', F10.5, 7X, 'BENEF. CONS. (WT) :',		2800
	*F10.5)		2810
	WRITE (10, 1980) CS (Q), ES (Q)		2820
1980	FCFMAT (10, 'CCSIC SOCIAL (CS) :', F10.5, 3X,		2830
	*ELEMENTOS SOCIAL (ES) :', F10.5)		2840
	WRITE (10, FCFMAT)		2850
	WRITE (10, 1990) F1		2860
1990	FCFMAT (10, 3X, 'TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS :', F15.3, 3X,		2870
	*F15.3, 3X, 'PASAJERO')		2880
	WRITE (10, FCFMAT)		2890
	WRITE (10, FCFMAT)		2900
2000	VAR (2, 1) = F1		2910
			2920
			2930
	SE MODIFICA LA TARIFA DE LOS MODOS : BUS Y BUS-METRO PARA LA SIGUIENTE		2940
	ITERACION.		2950
			2960
	F (1) = F1		2970
	F (7) = F1 + F (4)		2980
			2990
	NOTA : PARA LA Q-ESIMA ITERACION, SE SUPONE TARIFA UNICA PARA VIAJES		3000
	EN BUS AL CENTRO CCMC PARA IR A LA ESTACION DEL METRO MAS CERCANA.		3010
			3020
	VAR (2, 7) = F (4) + F1		3030
	IF (PUDI.GT.0.01) GO TO 210		3040
			3050
	CALCULO DEL BENEFICIO MEDIO DE LA TARIFA OPTIMA (BST), Y DE LA VAR-		3060
	YACION DE CADA COMPONENTE (YI, WI Y CS).		3070
			3080
	BST = (ES (Q) - ES (1))		3090
	VARW = WI (Q) - WI (1)		3100
	VAR YI = YI (Q) - YI (1)		3110
	VARCS = CS (Q) - CS (1)		3120
	WRITE (10, 2010) VARW		3130
2010	FCFMAT (10, 'VARIACION DEL BENEF. DE LOS CONS. =', 3X, F10.5,		3140
	*3X, ' (PASAJERO)')		3150

2020	WRITE (10, 2020) WAFY		3160
	FCFMT (0, 'VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE =', 3X, F10.5,		3170
	*3X, ' / PASAJERO)')		3180
	WRITE (10, 2030) VAFCS		3190
2030	FCFMT (0, 'VARIACION DEL COSTO SOCIAL	=', 3X, F10.5,	3200
	*3X, ' / PASAJERO)')		3210
	WRITE (10, 2050) BS1		3220
2050	FCFMT (0, 'EFECTIVO NETO SOCIAL (ESI)	=', 3X, F10.5,	3230
	*3X, ' / PASAJERO)')		3240
	WRITE (10, FCFMT)		3250
	SICE		3260
	END		3270
	CONTINUA		3280

Descripción de los registros en archivo de entrada de cada zona.

- Registro 1.- Identificación de la zona de estudio.
- 2.- Número de variables explicativas.
- 3.- Cantidad de observaciones de cada zona.
- 4.- Descripción de las variables de salida.
- 5.- Fecha de ingreso (d/m/a).

Registro 2.- Descripción de cada entrada de ingreso de la zona.

Registro 3.- Método para el estudio.

Registro 4.- Formas de ingreso de datos de entrada.

Registro 5.- Datos de ingreso por el usuario en cada zona de trabajo: Taxi, Automóvil, Taxi Colectivo, Metro, Automóvil - Metro, Taxi Colectivo - Metro, etc.

Registro 6.- Costo Social marginal de transporte en cada zona (C/pax).

A.3.2.- Datos de Entrada.

- Registro 7.- Constantes explicativas del modelo (C/pax).
- Registro 8.- Coeficientes de las variables tiempo de viaje (C/T), costo de viaje dividido por ingreso (C/I) y número de autos en el hogar (NA).
- Registro 9.- Coeficiente de la variable dummy de ingreso.
- Registro 10.- Tiempo de viaje (min).
- Registro 11.- Costo de viaje (C/pax).
- Registro 12.- Método de ingreso de datos de entrada para los modos automóvil y automóvil-metro.
- Registro 13.- Valores de coeficientes de variables dummy de ingreso 15 y 16.
- Registro 14.- Ingreso medio de cada zona de estudio (C/pax).

Descripción de los registros de archivos de entrada de cada zona.

Registro 1.- De izquierda a derecha aparece:

N: número de variables explicativas

M: cantidad de modos alternativos de transporte

T: cantidad de estratos socioeconómicos

VT: valor del tiempo (\$/hr)

Registro 2.- Población de cada estrato de ingreso en la zona.

Registro 3.- Formato para subrayado.

Registro 4.- Formato de lectura de datos de entrada.

Registro 5.- Precio pagado por el usuario en cada modo de transporte (Bus, Automóvil, Taxi Colectivo, Metro, Automóvil-Metro, Taxi Colectivo - Metro, Bus - Metro).

Registro 6.- Costo Social marginal de transporte en cada modo (\$/pax).

Registro 7.- Costo Social por concepto de congestión (\$/pax).

Registro 8.- Constantes específicas del modelo Logit (\$/pax).

Registro 9.- Coeficientes de las variables tiempo de viaje (TV), costo de viaje dividido por ingreso (C/I) y número de autos en el hogar (NA).

Registro 10.- Coeficiente de la variable dummy de ingreso.

Registro 11.- Tiempo de viaje (min).

Registro 12.- Costo de viaje (\$/pax).

Registro 13.- Número promedio de autos en el hogar (solo para los modos automóvil y automóvil-metro).

Registro 14, 15 y 16.- Valores de coeficientes de variables dummy de ingreso (1 ó 0)

Registro 17.- Ingreso medio de cada estrato de la población (\$/hr).

(1)	3	7	3	4	47.26				
(2)	14	49	12						
(3)	(' ', 17 ('===='))								
(4)	(7F10.5)								
(5)	20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56		
(6)	5.50	4.13	51.17	9.97	10.44	29.59	12.69		
(7)	-0.49	-3.82	-1.42	0.0	-0.43	-0.16	-0.055		
(8)	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0		
(9)	-0.063	-0.025	0.271						
(10)	0.519	0.0	0.105						
(11)	11.0	10.2	10.2	7.0	8.2	8.2	9.4		
(12)	20.0	63.6	55.0	13.56	15.3	43.56	33.56		
(13)	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
(14)	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0		
(15)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
(16)	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0		
(17)	1.54	4.02	7.83						

201

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE COLECTIVIDAD COLECTIVA
 COFFELOR LAS CONDES-CENTRO, ZONA 2.

3 7 3 4 47.26
 13 23 8
 (' ', 17 ('===='))
 (7F10.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
5.46	4.68	51.36	9.97	10.77	31.68	13.00
-0.55	-4.38	-1.61	0.0	-0.749	-0.275	-0.094
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
18.0	16.0	16.0	10.0	12.7	12.7	12.9
20.0	63.2	55.0	13.56	15.8	43.56	33.56
0.0	1.2	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.32	3.41	7.76				

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE ICCCMCCICM COLECTIVA
CORRECTOR LAS CONDIS-CENTRO, ZONA 3.

3 7 3 4 47.26

5 20 5

(' ' , 17 (' = = = '))

(7 1 1 0 . 5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
8.94	5.80	51.75	9.97	11.88	37.50	15.02
-0.65	-5.15	-2.00	0.0	-1.70	-0.66	-0.215
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
23.0	16.0	16.0	999.99	17.3	17.3	19.6
20.0	79.0	55.0	999.99	23.30	43.56	33.56
0.0	1.4	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.45	6.00	8.01				

199

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCOMOCION COLECTIVA
CORREDORES LAS CENEFS-CENTRO, ZONA 4.

3 7 3 4 47.20

34 54 12

(' ' , 17 ('===='))

(7E10.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
7.84	5.18	51.53	9.97	10.34	28.12	12.63
-0.58	-4.64	-1.78	-0.0	-0.329	-0.126	-0.041
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
25.0	14.0	14.0	12.0	13.0	13.0	13.8
20.0	74.2	55.0	13.56	15.3	43.56	33.56
0.0	1.3	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.73	6.87	9.58				

PROGRAMA DE CALIFICACION OPTIMA DE EDUCACION COLECTIVA
 CORREDOR LAS COMEDAS CENTRAL, ZONA 5.

3 7 3 4 47.26
 29 43 15
 (' ', 17 ('===='))
 (7110.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
8.01	5.81	51.75	9.97	11.49	35.04	14.17
-0.66	-5.26	-2.00	0.0	-1.378	-0.524	-0.173
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
29.0	15.0	15.0	999.99	17.9	17.9	21.6
20.0	74.6	55.0	999.99	20.0	43.56	33.56
0.0	1.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.69	5.81	8.40				

PROGRAMA DE TABIFICACION OPTIMA DE LICCOMCCION COLECTIVA
CORRECTOR LAS CONDIS-CENTRO, ZONA 6.

3 7 3 4 47.26
31 39 24
(' ' , 17 ('===='))
(7110.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
11.32	7.08	52.19	9.97	12.83	40.35	16.64
-0.78	-6.19	-2.44	0.0	-2.50	-0.986	-0.315
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
34.0	21.0	21.0	999.99	20.5	20.5	25.7
20.0	89.6	55.0	999.99	29.6	43.56	33.56
0.0	1.5	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.25	5.60	8.39				

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE COCCOMCCION COLECTIVA
CORREIOS LAS CONDES-CENTRO, ZONA 7.

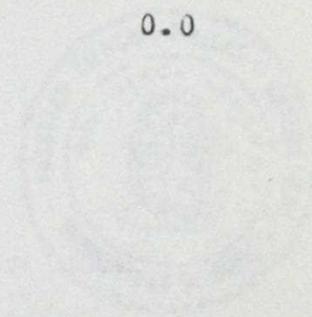
3 7 3 4 47.20
29 32 24
(' ', 17 ('===='))
(7F10.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
11.22	6.30	51.92	9.97	11.33	33.42	14.49
-0.68	-5.14	-2.17	0.0	-1.11	-0.469	-0.147
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
22.0	18.0	18.0	999.99	18.9	18.9	21.9
20.0	89.6	55.0	999.99	29.6	43.56	33.56
0.0	1.3	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.80	7.38	9.96				

PROGRAMA DE TABIFICACION OPTIMA DE ICCCMCCION COLECTIVA
CORRELOS LAS CONDES-CENTRO, ZONA 8.

3 7 3 4 47.26
48 47 7
(' ' , 17 (' === '))
(7E10.5)

20.0	0.0	55.0	13.56	13.56	43.56	33.56
11.52	7.94	52.48	9.97	12.83	38.85	16.22
-0.88	-7.04	-2.73	0.0	-2.534	-0.983	-0.317
0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.0
-0.063	-0.025	0.271				
0.519	0.0	0.105				
36.0	23.0	23.0	999.99	23.3	23.3	28.0
20.0	90.0	55.0	999.99	28.0	43.56	33.56
0.0	1.2	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
1.63	6.79	9.08				





A.3.3.- Resultados del Modelo.

Para cada zona del corredor Las Condes-Centro de Santiago, se entregan los resultados de la primera iteración y la última en que se alcanza la convergencia.

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCOMOCION COLECTIVA
CORRECTOR LAS CONDES - CENTRO, ZONA 1.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (t/HE)

PARAMETROS FN. DE LDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAL. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

ALM. HABIT. I < 20.000 = 14 20.000 < I < 80.000 = 49 I > 80.000 = 12

PCDC :	1	2	3	4	5	6	7
EFICIC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	5.500	4.130	51.170	9.970	10.440	29.590	12.690
I-CMG :	14.500	-4.130	3.830	3.590	3.120	13.970	20.870
CCMG :	-0.490	-3.820	-1.420	0.000	-0.430	-0.160	-0.055
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	21.000	10.200	10.200	7.000	8.200	8.200	9.400
C :	20.000	63.600	55.000	13.560	15.300	43.560	33.560
NA :	0.000	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

FANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.778	-1.247	-2.329	1.431	-1.035	-1.722	-0.618
EXEV(I,J) :	0.459	0.287	0.097	4.182	0.355	0.179	0.539
S(I,J) :	0.075	0.047	0.016	0.686	0.058	0.029	0.088

GT(I) = 19.812 W(I) = 111.386 VR(I) = 131.198

FANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.096	-0.610	-1.779	1.567	-0.882	-1.285	-0.801
EXEV(I,J) :	0.334	0.543	0.169	4.791	0.414	0.277	0.449
S(I,J) :	0.043	0.078	0.024	0.687	0.059	0.040	0.064

GT(I) = 21.348 W(I) = 312.360 VR(I) = 333.708

FANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.036	-0.313	-1.612	1.608	-0.730	-1.154	-0.699
EXEV(I,J) :	0.355	0.732	0.199	4.991	0.482	0.315	0.497
S(I,J) :	0.047	0.097	0.026	0.659	0.064	0.042	0.066

GT(I) = 22.462 W(I) = 634.033 VR(I) = 656.494

S(J) :	0.053	0.075	0.023	0.682	0.060	0.038	0.069
R(J) :	UUUUUUUU	0.067	0.021	0.730	0.063	0.037	0.082
P(J) :	UUUUUUUU	-0.278	0.082	2.620	0.196	0.513	1.706

GASTO TIE (YT) : 21.23944 BENEF. CCNS. (WT) : 326.31250

COSTO SOCIAL (CS) : 22.93172 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 324.61980

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 10.340 (\$/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZONA 1 : 4

MODC :	1	2	3	4	5	6	7
IFFCIC :	9.569	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	23.129
CMG :	5.500	4.130	51.170	9.970	10.440	29.590	12.690
I-CMG :	4.069	-4.130	3.830	3.590	3.120	13.970	10.439
CCMG :	-0.490	-3.820	-1.420	0.000	-0.430	-0.160	-0.055
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	21.000	10.200	10.200	7.000	8.200	8.200	9.400
C :	9.569	63.600	55.000	13.560	15.300	43.560	23.129
MA :	0.000	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

FANGO DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.608	-1.247	-2.329	1.431	-1.035	-1.722	-0.449
EXEV(I,J):	0.544	0.287	0.097	4.182	0.355	0.179	0.638
ε(I,J) :	0.087	0.046	0.015	0.666	0.057	0.028	0.102

G1(I) = 18.069 w(I) = 113.219 VR(I) = 131.288

FANGO DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.032	-0.610	-1.779	1.567	-0.882	-1.285	-0.736
EXEV(I,J):	0.356	0.543	0.169	4.791	0.414	0.277	0.479
ε(I,J) :	0.051	0.077	0.024	0.682	0.059	0.039	0.068

G1(I) = 20.156 w(I) = 313.565 VR(I) = 333.721

FANGO DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.003	-0.313	-1.612	1.608	-0.730	-1.154	-0.666
EXEV(I,J):	0.367	0.732	0.199	4.991	0.482	0.315	0.514
ε(I,J) :	0.048	0.096	0.026	0.657	0.063	0.042	0.068

G1(I) = 21.274 w(I) = 635.224 VR(I) = 656.498

ε(J) :	0.057	0.074	0.023	0.675	0.059	0.038	0.074
F(J) :	0.0000000	0.066	0.021	0.722	0.062	0.036	0.092
F(J) :	0.0000000	-0.273	0.081	2.593	0.194	0.505	0.964

GASTO TIE (YT) : 19.94528 BENEF. CONS. (WT) : 327.63250

COSTO SOCIAL (CS) : 22.92204 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 324.65550

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 9.564 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LCS CONS. = 1.32007 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -1.29416 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL COSTO SOCIAL = -0.00967 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (EST) = 0.03564 (\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION CETIMA DE LICENCIACION COLECTIVA
CORREDOR LAS CONDES-CENTRO, ZONA 2.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (¢/HR)

PARAMETROS FN. DE LDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 13 20.000 < I < 80.000 = 23 I > 80.000 =

MODE :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	5.460	4.680	51.360	9.970	10.770	31.680	13.000
F-CMG :	14.540	-4.680	3.640	3.590	2.790	11.880	20.560
CCMG :	-0.550	-4.380	-1.610	0.000	-0.749	-0.275	-0.094
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	18.000	16.000	16.000	10.000	12.700	12.700	12.900
C :	20.000	63.200	55.000	13.560	15.800	43.560	33.560
MA :	0.000	1.200	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

RANCO DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.643	-1.750	-2.844	1.205	-1.044	-2.123	-0.929
EXEV(I,J):	0.526	0.174	0.058	3.337	0.352	0.120	0.395
S(I,J) :	0.106	0.035	0.012	0.673	0.071	0.024	0.080

GT(I) = 18.942 W(I) = 84.572 VR(I) = 103.514

RANCO DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-0.930	-1.016	-2.205	1.363	-0.861	-1.617	-1.059
EXEV(I,J):	0.395	0.362	0.110	3.906	0.423	0.198	0.347
S(I,J) :	0.069	0.063	0.019	0.680	0.074	0.035	0.060

GT(I) = 20.338 W(I) = 238.385 VR(I) = 258.723

RANCO DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-0.847	-0.651	-1.979	1.418	-0.691	-1.438	-0.921
EXEV(I,J):	0.429	0.521	0.138	4.130	0.501	0.237	0.398
S(I,J) :	0.067	0.082	0.022	0.650	0.079	0.037	0.063

GT(I) = 21.518 W(I) = 573.996 VR(I) = 595.513

S(J) :	0.080	0.058	0.017	0.673	0.074	0.032	0.066
R(J) :	UUUUUUUU	0.050	0.016	0.743	0.080	0.031	0.081
F(J) :	UUUUUUUU	-0.234	0.058	2.668	0.222	0.364	1.660

GASTO NETO (YT) : 20.13995 BENEF. CCNS. (WT) : 253.96040

CCISO SOCIAL (CS) : 24.16965 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 249.93060

TARIFA CETIMA DEL MODO BUS : 10.198 (¢/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZCNA 2 : 4

MODEC :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIO :	9.444	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	23.004
CMG :	5.460	4.680	51.360	9.970	10.770	31.680	13.000
F-CMG :	3.984	-4.680	3.640	3.590	2.790	11.880	10.004
CCMG :	-0.550	-4.380	-1.610	0.000	-0.749	-0.275	-0.094
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	18.000	16.000	16.000	10.000	12.700	12.700	12.900
C :	9.444	63.200	55.000	13.560	15.800	43.560	23.004
MA :	0.000	1.200	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

FANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.443	-1.750	-2.844	1.205	-1.044	-2.123	-0.729
EXIV(I,J) :	0.642	0.174	0.058	3.337	0.352	0.120	0.482
S(I,J) :	0.124	0.034	0.011	0.646	0.068	0.023	0.093
G1(I) =	16.915	W(I) =	86.697	VR(I) =	103.612		

FANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-0.852	-1.016	-2.205	1.363	-0.861	-1.617	-0.981
EXIV(I,J) :	0.426	0.362	0.110	3.506	0.423	0.198	0.375
S(I,J) :	0.074	0.062	0.019	0.673	0.073	0.034	0.065
G1(I) =	18.942	W(I) =	239.796	VR(I) =	258.737		

FANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-0.813	-0.651	-1.979	1.418	-0.691	-1.438	-0.887
EXIV(I,J) :	0.443	0.521	0.138	4.130	0.501	0.237	0.412
S(I,J) :	0.069	0.082	0.022	0.647	0.079	0.037	0.065
G1(I) =	20.126	W(I) =	575.389	VR(I) =	595.515		

S(J) :	0.088	0.057	0.017	0.661	0.073	0.031	0.073
R(J) :	0.0000000	0.049	0.015	0.733	0.078	0.030	0.094
P(J) :	0.0000000	-0.228	0.056	2.631	0.219	0.357	0.945

GASTO TIE (YT) : 18.55826 BENEF. CCNS. (WT) : 255.57880

CCSTC SOCIAL (CS) : 24.14114 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 249.99580

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 9.439 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL EFNEF. DE LOS CONS. = 1.61842 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -1.58170 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL CCSTC SOCIAL = -0.02850 (\$/PASAJERO)

EFNEFICIO NETO SOCIAL (EST) = 0.06512 (\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCOMOCION COLECTIVA
CORREDORES LAS CCNDES-CENDEC, ZONA 3.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (\$/HR)

PARAMETROS FN. DE CDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 5 20.000 < I < 80.000 = 20 I > 80.000 =

FOCIC :	1	2	3	4	5	6	7
EFICIO :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	8.940	5.800	51.750	9.970	11.880	37.500	15.020
I-CMG :	11.060	-5.800	3.250	3.590	1.680	6.060	18.540
CCMG :	-0.650	-5.150	-2.000	0.000	-1.700	-0.660	-0.215
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	23.000	16.000	16.000	999.990	17.300	17.300	19.600
C :	20.000	79.000	55.000	999.990	23.300	43.560	33.560
NA :	0.000	1.400	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.924	-1.861	-2.750	-78.149	-1.382	-2.339	-1.294
EXEV(I,J) :	0.397	0.156	0.064	0.000	0.251	0.096	0.274
S(I,J) :	0.321	0.126	0.052	0.000	0.203	0.078	0.221

GT(I) = 34.727 w(I) = 12.382 VR(I) = 47.109

FANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.181	-0.828	-2.031	-65.074	-1.078	-1.769	-1.375
EXEV(I,J) :	0.307	0.437	0.131	0.000	0.340	0.170	0.253
S(I,J) :	0.187	0.267	0.080	0.000	0.208	0.104	0.154

GT(I) = 43.763 w(I) = 118.560 VR(I) = 162.323

FANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.160	-0.640	-1.974	-64.028	-0.948	-1.724	-1.340
EXEV(I,J) :	0.313	0.527	0.139	0.000	0.387	0.178	0.262
S(I,J) :	0.173	0.292	0.077	0.000	0.214	0.099	0.145

GT(I) = 44.900 w(I) = 189.620 VR(I) = 234.520

S(J) :	0.207	0.247	0.075	0.000	0.208	0.099	0.164
F(J) :	LUUUUUUU	0.250	0.086	0.000	0.280	0.120	0.265
T(J) :	LUUUUUUU	-1.450	0.278	0.000	0.470	0.727	4.908

GASTO TIE (YT) : 42.44658 BENEF. CCNS. (WT) : 112.70700

CCSTO SOCIAL (CS) : 51.86938 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 103.28420

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 13.873 (\$/PASAJERO)

=====

ULTIMA ITERACION ZCNA 3 : 6

MODO :	1	2	3	4	5	6	7
IFCIC :	11.956	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	25.516
CMG :	8.940	5.800	51.750	9.970	11.880	37.500	15.020
I-CMG :	3.016	-5.800	3.250	3.590	1.680	6.060	10.496
CCMG :	-0.650	-5.150	-2.000	0.000	-1.700	-0.660	-0.215
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	23.000	16.000	16.000	999.990	17.300	17.300	19.600
C :	11.956	79.000	55.000	999.990	23.300	43.560	25.516
NA :	0.000	1.400	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGO IF INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.785	-1.861	-2.750	-78.149	-1.382	-2.339	-1.156
FXEV(I,J):	0.456	0.156	0.064	0.000	0.251	0.096	0.315
S(I,J) :	0.341	0.116	0.048	0.000	0.188	0.072	0.235

GT(I) = 29.406 W(I) = 16.880 VR(I) = 46.286

FANGO IF INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.148	-0.828	-2.031	-65.074	-1.078	-1.769	-1.341
FXEV(I,J):	0.317	0.437	0.131	0.000	0.340	0.170	0.262
S(I,J) :	0.191	0.264	0.079	0.000	0.205	0.103	0.158

GT(J) = 40.751 W(I) = 121.338 VR(I) = 162.090

FANGO IF INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.135	-0.640	-1.974	-64.028	-0.948	-1.724	-1.314
FXEV(I,J):	0.321	0.527	0.139	0.000	0.387	0.178	0.269
S(I,J) :	0.176	0.289	0.076	0.000	0.213	0.098	0.147

GT(I) = 42.145 W(I) = 192.202 VR(I) = 234.347

S(J) :	0.214	0.243	0.073	0.000	0.204	0.097	0.169
K(J) :	0.0000000	0.244	0.083	0.000	0.271	0.117	0.285
F(J) :	0.0000000	-1.414	0.271	0.000	0.456	0.707	2.990

GASTO TTE (YT) : 39.09279 BENEF. CONS. (WT) : 115.73920

COSTO SOCIAL (CS) : 51.48891 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 103.34310

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 11.950 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LCS CONS. = 3.03226 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -3.35379 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL COSTO SOCIAL = -0.38048 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (BST) = 0.05894 (\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LICENCIACION COLECTIVA
CORREDOR LAS CONDES-CENTRO, ZONA 4.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (\$/HR)

PARAMETROS FN. DE IDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HEFT. I < 20.000 = 34 20.000 < I < 80.000 = 54 I > 80.000 = 1

MODO :	1	2	3	4	5	6	7
HEFTIC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	7.840	5.180	51.530	9.970	10.340	28.120	12.630
F-CMG :	12.160	-5.180	3.470	3.590	3.220	15.440	20.930
CCMG :	-0.580	-4.640	-1.780	0.000	-0.329	-0.126	-0.041
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	25.000	14.000	14.000	12.000	13.000	13.000	13.800
C :	20.000	74.200	55.000	13.560	15.300	43.560	33.560
MA :	0.000	1.300	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

RANGO DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.994	-1.472	-2.471	1.140	-0.985	-1.946	-0.835
EXEV(I,J) :	0.370	0.229	0.085	3.127	0.373	0.143	0.434
S(I,J) :	0.078	0.048	0.018	0.657	0.078	0.030	0.091

GT(I) = 20.577 w(I) = 107.983 VR(I) = 128.560

RANGO DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.297	-0.670	-1.876	1.287	-0.819	-1.476	-0.992
EXEV(I,J) :	0.273	0.512	0.153	3.621	0.441	0.229	0.371
S(I,J) :	0.049	0.091	0.027	0.647	0.079	0.041	0.066

GT(I) = 23.238 w(I) = 473.388 VR(I) = 496.626

RANGO DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.276	-0.488	-1.820	1.301	-0.699	-1.431	-0.957
EXEV(I,J) :	0.279	0.614	0.162	3.672	0.497	0.239	0.384
S(I,J) :	0.048	0.105	0.028	0.628	0.085	0.041	0.066

GT(I) = 24.069 w(I) = 676.691 VR(I) = 700.760

S(J) :	0.059	0.078	0.024	0.648	0.079	0.037	0.075
K(J) :	00000000	0.063	0.021	0.704	0.085	0.035	0.092
A(J) :	00000000	-0.325	0.074	2.528	0.273	0.539	1.926

GASTO NETO (YT) : 22.43335 BENEF. CCNS. (WT) : 373.54630

CCSIO SOCIAL (CS) : 28.07315 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 367.90640

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 12.855 (\$/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZCNA 4 : 4

MOLC :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	12.234	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	25.794
CMG :	7.840	5.180	51.530	9.970	10.340	28.120	12.630
E-CMG :	4.394	-5.180	3.470	3.590	3.220	15.440	13.164
CCMG :	-0.580	-4.640	-1.780	0.000	-0.329	-0.126	-0.041
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	25.000	14.000	14.000	12.000	13.000	13.000	13.800
C :	12.234	74.200	55.000	13.560	15.300	43.560	25.794
MA :	0.000	1.300	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

RANGO DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-0.882	-1.472	-2.471	1.140	-0.985	-1.946	-0.723
EXEV(I,J) :	0.414	0.229	0.085	3.127	0.373	0.143	0.485
S(I,J) :	0.085	0.047	0.017	0.644	0.077	0.029	0.100
GT(I) =	19.272	W(I) =	109.357	VR(I) =	128.628		

RANGO DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.269	-0.670	-1.876	1.287	-0.819	-1.476	-0.963
EXIV(I,J) :	0.281	0.512	0.153	3.621	0.441	0.229	0.382
S(I,J) :	0.050	0.091	0.027	0.644	0.078	0.041	0.068
GT(I) =	22.337	W(I) =	474.293	VR(I) =	496.630		

RANGO DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.256	-0.488	-1.820	1.301	-0.699	-1.431	-0.937
EXIV(I,J) :	0.285	0.614	0.162	3.672	0.497	0.239	0.392
S(I,J) :	0.049	0.105	0.028	0.627	0.085	0.041	0.067
GT(I) =	23.181	W(I) =	677.580	VR(I) =	700.761		

S(J) :	0.062	0.078	0.024	0.642	0.079	0.037	0.079
R(J) :	UUUUUUUU	0.062	0.021	0.698	0.084	0.034	0.101
A(J) :	UUUUUUUU	-0.320	0.073	2.505	0.270	0.533	1.328

GASTO TTE (YT) : 21.39613 BENEF. CCNS. (WT) : 374.60910

CCSTO SOCIAL (CS) : 28.06560 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 367.93940

TARIFA OPTIMA DEL MOLC BUS : 12.229 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LOS CCNS. = 1.06274 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -1.03722 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL CCSTO SOCIAL = -0.00755 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (ESI) = 0.03296 (\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCCOMCCION COLECTIVA
CORREDORES LAS CONDES CENTRO, ZONA 5.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (\$/HR)

PARAMETROS FN. DE LDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 29 20.000 < I < 30.000 = 43 I > 30.000 = 15

MODE :	1	2	3	4	5	6	7
EFICAC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	8.010	5.810	51.750	9.970	11.490	35.040	14.170
F-CMG :	11.990	-5.810	3.250	3.590	2.070	8.520	19.390
CCNG :	-0.660	-5.260	-2.000	0.000	-1.378	-0.524	-0.173
AIFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	29.000	15.000	15.000	999.990	17.900	17.900	21.600
C :	20.000	74.600	55.000	999.990	20.000	43.560	33.560
MA :	0.000	1.000	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

RANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-1.253	-1.648	-2.553	-75.700	-1.368	-2.270	-1.338
DEV(I,J) :	0.286	0.193	0.078	0.000	0.255	0.103	0.262
ε(I,J) :	0.243	0.164	0.066	0.000	0.216	0.088	0.223

G(I) = 36.347 W(I) = 10.972 VR(I) = 47.319

RANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.562	-0.865	-1.976	-65.210	-1.159	-1.813	-1.505
DEV(I,J) :	0.210	0.421	0.139	0.000	0.314	0.163	0.222
ε(I,J) :	0.143	0.287	0.094	0.000	0.214	0.111	0.151

G(I) = 43.627 W(I) = 89.294 VR(I) = 132.922

RANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.535	-0.659	-1.902	-63.862	-1.027	-1.754	-1.460
DEV(I,J) :	0.215	0.517	0.149	0.000	0.358	0.173	0.232
ε(I,J) :	0.131	0.314	0.091	0.000	0.218	0.105	0.141

G(I) = 44.728 W(I) = 168.514 VR(I) = 213.242

ε(J) :	0.174	0.250	0.084	0.000	0.215	0.102	0.173
R(J) :	UUUUUUUU	0.248	0.093	0.000	0.276	0.119	0.263
A(J) :	UUUUUUUU	-1.442	0.303	0.000	0.572	1.015	5.103

GASTO TIF (YT) : 41.39056 BENEF. CCNS. (WI) : 76.84523

CCSTO SOCIAL (CS) : 51.76120 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 66.47459

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 13.560 (\$/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZCNA 5 : 6

MODO :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	11.571	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	25.131
CMG :	8.010	5.810	51.750	9.970	11.490	35.040	14.170
I-CMG :	3.561	-5.810	3.250	3.590	2.070	8.520	10.961
CCNG :	-0.660	-5.260	-2.000	0.000	-1.378	-0.524	-0.173
AIFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	25.000	15.000	15.000	999.990	17.900	17.900	21.600
C :	11.571	74.600	55.000	999.990	20.000	43.560	25.131
NA :	0.000	1.000	0.000	0.000	1.200	0.000	0.000

FANGC IF INGRESO = I1

V(I,J) :	-1.128	-1.648	-2.553	-75.700	-1.368	-2.270	-1.214
EXEV(I,J) :	0.324	0.193	0.078	0.000	0.255	0.103	0.297
S(I,J) :	0.259	0.154	0.062	0.000	0.204	0.083	0.238
GT(I) =	31.584	W(I) =	15.030	VR(I) =	46.614		

FANGC IF INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.526	-0.865	-1.976	-65.210	-1.159	-1.813	-1.469
EXEV(I,J) :	0.217	0.421	0.139	0.000	0.314	0.163	0.230
S(I,J) :	0.146	0.284	0.093	0.000	0.211	0.110	0.155
GT(I) =	40.907	W(I) =	91.804	VR(I) =	132.711		

FANGC IF INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.510	-0.659	-1.902	-63.862	-1.027	-1.754	-1.435
EXEV(I,J) :	0.221	0.517	0.149	0.000	0.358	0.173	0.238
S(I,J) :	0.133	0.312	0.090	0.000	0.216	0.104	0.144
GT(I) =	42.273	W(I) =	170.828	VR(I) =	213.101		

S(J) :	0.182	0.245	0.082	0.000	0.210	0.100	0.181
F(J) :	0.0000000	0.241	0.090	0.000	0.268	0.116	0.285
A(J) :	0.0000000	-1.401	0.294	0.000	0.555	0.985	3.121

GASTO TIF (YT) :	38.03452	BENEF. CCNS. (WT) :	79.83742
CCSTO SOCIAL (CS) :	51.34258	BIENESTAR SOCIAL (BS) :	66.52936

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 11.564 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LOS CCNS. =	2.99219	(\$/PASAJERO)
VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE =	-3.35605	(\$/PASAJERO)
VARIACION DEL CCSTO SOCIAL =	-0.41862	(\$/PASAJERO)
BENEFICIO NETO SOCIAL (EST) =	0.05476	(\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCOMOCION COLECTIVA
CORREDOR LAS CONDES-CINTRO, ZONA 6.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (\$/HE)

PARAMETROS FN. DE LDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 31 20.000 < I < 80.000 = 39 I > 80.000 = 2

MODC :	1	2	3	4	5	6	7
EFICIO :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	11.320	7.080	52.190	9.970	12.830	40.350	16.640
F-CMG :	8.680	-7.080	2.810	3.590	0.730	3.210	16.920
CCMG :	-0.780	-6.190	-2.440	0.000	-2.500	-0.986	-0.315
MIFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	34.000	21.000	21.000	999.990	20.500	20.500	25.700
C :	20.000	89.600	55.000	999.990	29.600	43.560	33.560
MA :	0.000	1.500	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGO DE INGRESO = I1

V(I,J) : -1.672 -2.578 -3.217 -80.907 -1.774 -2.661 -1.771

EXEV(I,J) : 0.188 0.076 0.040 0.000 0.170 0.070 0.170

S(I,J) : 0.263 0.106 0.056 0.000 0.238 0.098 0.238

G1(I) = 37.192 w(I) = -16.880 VR(I) = 20.312

FANGO DE INGRESO = I2

V(I,J) : -1.880 -1.186 -2.363 -65.372 -1.314 -1.984 -1.769

EXEV(I,J) : 0.153 0.305 0.094 0.000 0.269 0.138 0.171

S(I,J) : 0.135 0.270 0.083 0.000 0.238 0.122 0.151

G1(I) = 48.949 w(I) = 27.126 VR(I) = 76.075

FANGO DE INGRESO = I3

V(I,J) : -1.851 -0.948 -2.281 -63.887 -1.165 -1.919 -1.719

EXEV(I,J) : 0.157 0.387 0.102 0.000 0.312 0.147 0.179

S(I,J) : 0.122 0.302 0.080 0.000 0.243 0.114 0.140

G1(I) = 50.687 w(I) = 34.006 VR(I) = 134.693

S(J) : 0.174 0.224 0.073 0.000 0.239 0.112 0.177

K(J) : UUUUUUUU 0.178 0.080 0.000 0.314 0.134 0.295

A(J) : UUUUUUUU -1.259 0.224 0.000 0.229 0.430 4.986

GASTO TTE (YT) : 45.51558 BENEF. CCNS. (WT) : 27.13580

CCSTO SOCIAL (CS) : 59.32999 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 13.32140

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 15.930 (\$/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZCNA 6 : 6

MODC :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	14.587	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	28.147
CMG :	11.320	7.080	52.190	9.970	12.830	40.350	16.640
I-CMG :	3.267	-7.080	2.810	3.590	0.730	3.210	11.507
CCNG :	-0.780	-6.190	-2.440	0.000	-2.500	-0.986	-0.315
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	34.000	21.000	21.000	999.990	20.500	20.500	25.700
C :	14.587	89.600	55.000	999.990	29.600	43.560	28.147
MA :	0.000	1.500	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGC IF INGRESO = I1

V(I,J) :	-1.564	-2.578	-3.217	-80.907	-1.774	-2.661	-1.663
EXEV(I,J) :	0.209	0.076	0.040	0.000	0.170	0.070	0.190
S(I,J) :	0.278	0.101	0.053	0.000	0.225	0.093	0.251

GT(I) = 33.747 w(I) = -14.091 VR(I) = 19.656

FANGC IF INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.856	-1.186	-2.363	-65.372	-1.314	-1.984	-1.745
EXEV(I,J) :	0.156	0.305	0.094	0.000	0.269	0.138	0.175
S(I,J) :	0.137	0.269	0.083	0.000	0.236	0.121	0.154

GT(I) = 47.222 w(I) = 28.688 VR(I) = 75.910

FANGC IF INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.834	-0.948	-2.281	-63.887	-1.165	-1.919	-1.703
EXEV(I,J) :	0.160	0.387	0.102	0.000	0.312	0.147	0.182
S(I,J) :	0.124	0.300	0.079	0.000	0.242	0.114	0.141

GT(I) = 49.153 w(I) = 85.432 VR(I) = 134.585

S(J) :	0.180	0.221	0.072	0.000	0.234	0.110	0.183
F(J) :	UUUUUUUU	0.173	0.077	0.000	0.304	0.130	0.315
A(J) :	UUUUUUUU	-1.224	0.218	0.000	0.222	0.417	3.629

GASTO TTE (YT) : 43.27100 BENEF. CCNS. (WT) : 29.06799

CCSTO SOCIAL (CS) : 59.03200 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 13.30699

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 14.582 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LOS CCNS. = 1.93219 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -2.24458 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL CCSTO SOCIAL = -0.29799 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (BST) = -0.01440 (\$/PASAJERO)

PROGRAMA DE TARIFICACION OPTIMA DE LOCOMOCION COLECTIVA
 COMBIBUS LAS CONDES-CENTRO, ZONA 7.

IERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (1/HR)

PARAMETROS FN. DE LDA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 29 20.000 < I < 80.000 = 32 I > 80.000 = 2

MOIC :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	11.220	6.300	51.920	9.970	11.330	33.420	14.490
E-CMG :	8.780	-6.300	3.080	3.590	2.230	10.140	19.070
CCMG :	-0.680	-5.140	-2.170	0.000	-1.110	-0.469	-0.147
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	32.000	18.000	18.000	999.990	18.900	18.900	21.900
C :	20.000	89.600	55.000	999.990	29.600	43.560	33.560
MA :	0.000	1.300	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) : -1.424 -1.896 -2.692 -74.796 -1.492 -2.294 -1.327

EXIV(I,J) : 0.241 0.150 0.068 0.000 0.225 0.101 0.265

S(I,J) : 0.229 0.143 0.065 0.000 0.214 0.096 0.253

GT(I) = 39.962 w(I) = 3.496 VR(I) = 43.457

FANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) : -1.733 -0.955 -2.114 -64.295 -1.182 -1.836 -1.493

EXIV(I,J) : 0.177 0.385 0.121 0.000 0.307 0.159 0.225

S(I,J) : 0.129 0.280 0.088 0.000 0.223 0.116 0.164

GT(I) = 49.677 w(I) = 93.591 VR(I) = 143.268

FANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) : -1.715 -0.772 -2.066 -63.417 -1.051 -1.798 -1.464

EXIV(I,J) : 0.180 0.462 0.127 0.000 0.350 0.166 0.231

S(I,J) : 0.119 0.305 0.084 0.000 0.231 0.109 0.153

GT(I) = 51.015 w(I) = 165.649 VR(I) = 216.664

S(J) : 0.160 0.240 0.079 0.000 0.222 0.107 0.191

K(J) : UUUUUUUU 0.215 0.087 0.000 0.274 0.126 0.298

A(J) : UUUUUUUU -1.357 0.268 0.000 0.611 1.276 5.685

GASTO TIE (YT) : 46.74013 BENEF. CCNS. (WT) : 83.19829

CCSTO SOCIAL (CS) : 56.41972 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 73.51869

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 17.702 (\$/PASAJERO)

=====

ULTIMA ITERACION ZCNA 7 : 6

MCDC :	1	2	3	4	5	6	7
IFFCIC :	16.901	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	30.461
CMG :	11.220	6.300	51.920	9.970	11.330	33.420	14.490
F-CMG :	5.681	-6.300	3.080	3.590	2.230	10.140	15.971
CCNG :	-0.680	-5.140	-2.170	0.000	-1.110	-0.469	-0.147
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	32.000	13.000	18.000	999.990	18.900	18.900	21.900
C :	16.901	89.600	55.000	999.990	29.600	43.560	30.461
MA :	0.000	1.300	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGC II INGFESC = I1

V(I,J) :	-1.381	-1.896	-2.692	-74.796	-1.492	-2.294	-1.284
EXEV(I,J) :	0.251	0.150	0.068	0.000	0.225	0.101	0.277
S(I,J) :	0.235	0.140	0.063	0.000	0.210	0.094	0.258

GT(I) = 38.168 w(I) = 5.006 VR(I) = 43.174

FANGC II INGFESC = I2

V(I,J) :	-1.722	-0.955	-2.114	-64.295	-1.182	-1.836	-1.483
EXEV(I,J) :	0.179	0.385	0.121	0.000	0.307	0.159	0.227
S(I,J) :	0.130	0.279	0.088	0.000	0.223	0.116	0.165

GT(I) = 48.697 w(I) = 94.500 VR(I) = 143.197

FANGC II INGFESC = I3

V(I,J) :	-1.707	-0.772	-2.066	-63.417	-1.051	-1.798	-1.456
EXEV(I,J) :	0.181	0.462	0.127	0.000	0.350	0.166	0.233
S(I,J) :	0.119	0.304	0.083	0.000	0.230	0.109	0.153

GT(I) = 50.119 w(I) = 166.492 VR(I) = 216.612

S(J) :	0.163	0.239	0.078	0.000	0.220	0.106	0.194
F(J) :	0.000000	0.213	0.086	0.000	0.271	0.124	0.306
F(J) :	0.000000	-1.341	0.264	0.000	0.604	1.261	4.891

GASTO TIE (YT) : 45.50615 BENEF. CCNS. (WT) : 84.29407

CCSTO SOCIAL (CS) : 56.27676 BIENESTAR SOCIAL (BS) : 73.52345

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 16.898 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LOS CCNS. = 1.09578 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -1.23398 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL CCSTO SOCIAL = -0.14296 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (ESI) = 0.00476 (\$/PASAJERO)

=====

PROGRAMA DE TABIFICACION OPTIMA DE LICCOMCCION COLECTIVA
CORREDOR LAS CONDES-CENTRO, ZCNA 8.

ITERACION : 1

VALOR DEL TIEMPO DE VIAJE : 47.25999 (1/HR)

PARAMETROS FN. DE LTA. = -0.063 -0.025 0.271

PARAM. DE VAR. DUMMY I1= 0.51900 I2= 0.00000 I3= 0.10500

NUM. HABIT. I < 20.000 = 48 20.000 < I < 80.000 = 47 I > 80.000 =

MCLC :	1	2	3	4	5	6	7
EFECIC :	20.000	0.000	55.000	13.560	13.560	43.560	33.560
CMG :	11.520	7.940	52.480	9.970	12.830	38.850	16.220
F-CMG :	8.480	-7.940	2.520	3.590	0.730	4.710	17.340
CCNG :	-0.880	-7.040	-2.730	0.000	-2.534	-0.983	-0.317
ALFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
IV :	36.000	23.000	23.000	999.990	23.300	23.300	28.000
C :	20.000	90.000	55.000	999.990	28.000	43.560	33.560
MA :	0.000	1.200	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

FANGC DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-1.705	-2.374	-3.087	-76.245	-1.788	-2.634	-1.760
EXEV(I,J) :	0.182	0.093	0.046	0.000	0.167	0.072	0.172
S(I,J) :	0.248	0.127	0.062	0.000	0.229	0.098	0.235

GT(I) = 38.419 w(I) = -20.363 VR(I) = 18.056

FANGC DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.991	-1.325	-2.446	-64.589	-1.462	-2.126	-1.888
EXEV(I,J) :	0.137	0.266	0.087	0.000	0.232	0.119	0.151
S(I,J) :	0.138	0.268	0.087	0.000	0.234	0.120	0.153

GT(I) = 48.595 w(I) = -2.281 VR(I) = 46.313

FANGC DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.972	-1.137	-2.394	-63.661	-1.331	-2.086	-1.856
EXEV(I,J) :	0.139	0.321	0.091	0.000	0.264	0.124	0.156
S(I,J) :	0.127	0.293	0.083	0.000	0.241	0.113	0.143

GT(I) = 49.940 w(I) = 33.314 VR(I) = 83.253

S(J) :	0.189	0.203	0.075	0.000	0.232	0.109	0.191
R(J) :	0.0000000	0.190	0.086	0.000	0.300	0.132	0.294
F(J) :	0.0000000	-1.506	0.216	0.000	0.219	0.620	5.089

GASTO TIF (YT) : 43.89819 BENEF. CCNS. (WT) : -8.34729

CCSTO SOCIAL (CS) : 59.82329 BIENESTAR SOCIAL (BS) : -24.27240

TARIFA OPTIMA DEL MODO BUS : 16.158 (\$/PASAJERO)

ULTIMA ITERACION ZONA 8 : 6

MOLC :	1	2	3	4	5	6	7
EFFCIC :	14.849	0.000	55.000	13.500	13.500	43.500	28.409
CMG :	11.520	7.940	52.480	9.970	12.830	38.850	16.220
I-CMG :	3.329	-7.940	2.520	3.590	0.730	4.710	12.189
CCMG :	-0.880	-7.040	-2.730	0.000	-2.534	-0.983	-0.317
PLFA :	0.351	0.130	-0.794	2.092	-0.270	-0.498	0.000
TV :	36.000	23.000	23.000	999.990	23.300	23.300	28.000
C :	14.849	90.000	55.000	999.990	28.000	43.560	28.409
NA :	0.000	1.200	0.000	0.000	1.400	0.000	0.000

BANCO DE INGRESO = I1

V(I,J) :	-1.626	-2.374	-3.087	-76.245	-1.788	-2.634	-1.681
EXIV(I,J):	0.197	0.093	0.046	0.000	0.167	0.072	0.186
S(I,J) :	0.259	0.122	0.060	0.000	0.220	0.094	0.245
GI(I) =	35.373						
W(I) =				-17.820			
VF(I) =						17.553	

BANCO DE INGRESO = I2

V(I,J) :	-1.972	-1.325	-2.446	-64.589	-1.462	-2.126	-1.869
EXIV(I,J):	0.139	0.266	0.087	0.000	0.232	0.119	0.154
S(I,J) :	0.140	0.267	0.087	0.000	0.233	0.120	0.155
GI(I) =	46.959						
W(I) =				-0.775			
VF(I) =						46.185	

BANCO DE INGRESO = I3

V(I,J) :	-1.958	-1.137	-2.394	-63.661	-1.331	-2.086	-1.842
EXIV(I,J):	0.141	0.321	0.091	0.000	0.264	0.124	0.158
S(I,J) :	0.128	0.292	0.083	0.000	0.240	0.113	0.144
GI(I) =	48.450						
W(I) =				34.709			
VF(I) =						83.159	

S(J) :	0.195	0.200	0.074	0.000	0.227	0.107	0.196
F(J) :	UUUUUUUU	0.186	0.084	0.000	0.293	0.129	0.309
F(J) :	UUUUUUUU	-1.474	0.211	0.000	0.214	0.607	3.766

GASTO DE (YT) : 41.60925 BENEFC. CCNS. (WT) : -6.36094

CCSTO SOCIAL (CS) : 59.51256 BIENESTAR SOCIAL (BS) : -24.26425

TARIFA OPTIMA DEL MOLO BUS : 14.844 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL BENEF. DE LOS CCNS. = 1.98636 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL GASTO EN TRANSPORTE = -2.28894 (\$/PASAJERO)

VARIACION DEL CCSTO SOCIAL = -0.31073 (\$/PASAJERO)

BENEFICIO NETO SOCIAL (BSI) = 0.00815 (\$/PASAJERO)