

TM

27164

.E2

FEC

1995

G8



1020114065

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE ECONOMIA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

UN MODELO PARA EL CALCULO DE LA
INEFICIENCIA EN LA DISTRIBUCION DE VIAJES

Por

ERNESTO GUERRA GARCIA

Tesis Presentada a la Dirección de Estudios Superiores

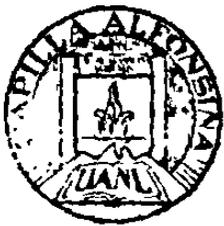
Como requisito parcial para obtener el Grado de MAESTRIA EN ECONOMIA
con Especialidad en Economía Industrial



AGOSTO 1995

TM
764
E
F
195
TS

7-60 6



FONDO TESIS

A mi Esposa María Eugenia

A mis Hijos: Belem, Ernesto y Omar

A mis Padres: Ernesto (Q.P.D.) y María Magdalena.

A mis Hermanos: Norberto y María Magdalena

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en especial al Dr. Hernán Villarreal por haberme mostrado una economía más científica y por su asesoría y ayuda en la elaboración de este trabajo.

Por otro lado han sido muy valiosas las observaciones del Dr. Alfredo Tijerina y del Dr. Pedro Villezca quienes pacientemente han revisado el contenido del documento original y cuyos comentarios han sido muy constructivos, sobre todo los que me han hecho al margen y en los que pude notar errores que tenía en algunos conceptos. No sé como agradecerles.

INDICE

| | Página |
|---|--------|
| CAPITULO 1 | |
| 1 1 INTRODUCCION | 1 |
| 1 2 OBJETIVOS DE LA TESIS | 3 |
| 1 3 ANTECEDENTES DE INGENIERIA DEL TRANSPORTE | 5 |
| 1 4 ECONOMIA DEL TRANSPORTE | 15 |
| 1 4 1 LA DEMANDA DE TRANSPORTE | 18 |
| 1 4 2 EL PROBLEMA DE LA CONGESTION | 23 |
| 1.4.3 EXTERNALIDADES | 26 |
| 1.4.4 COSTOS | 28 |
| 1 4 5 LA PLANIFICACION | 34 |
| 1 4 6 DEL MODELO DE ESTIMACION AL DE OPTIMIZACION | 43 |
| CAPITULO 2 | |
| PROCEDIMIENTOS | 48 |
| 2 1 METODO PARA EL ANALISIS DE EFICIENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN DE VIAJES ENTRE ZONAS | 48 |
| 2 1 1 APLICACION AL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY EN 1991 | 49 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 2.2 | RELACION DE LA PRODUCCION Y ATRACCION DE VIAJES EN CADA ZONA CON OTRAS VARIABLES ECONÓMICAS | 56 |
| 2.2.1 | PRODUCCION DE VIAJES | 57 |
| 2.2.2 | ATRACCION DE VIAJES | 60 |
| 2.3 | EVALUACION DE ACCIONES A SEGUIR | 63 |
| 2.3.1 | EJEMPLO DE EVALUACION CON CAMBIOS PROPUESTOS EN LAS ATRACCIONES | 66 |
| 2.3.2 | EJEMPLO DE EVALUACION CON CAMBIOS EN LA PRODUCCION DE VIAJES | 73 |
| CAPÍTULO 3 | | |
| | CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES | 77 |
| 3.1 | VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO | 77 |
| 3.2 | CONCLUSIONES | 80 |
| 3.3 | EL MODELO DE OPTIMIZACION EN EL TRANSPORTE | 82 |
| 3.4 | SUGERENCIAS | 84 |
| APENDICE 1 | ENCUESTA DE ORIGENES Y DESTINOS | 86 |
| APENDICE 2 | REAGRUPACION DE ZONAS DEL CET | 94 |
| APENDICE 3 | RESULTADOS DEL MODELO DE PRODUCCION MEDIANTE "SHAZAM" | 96 |
| APENDICE 4 | RESULTADOS DEL MODELO DE ATRACCION MEDIANTE "SHAZAM" | 98 |
| | BIBLIOGRAFIA | 100 |

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCION

En este trabajo se presenta una metodología para evaluar el costo social de los viajes cotidianos y a su vez analizar mediante un modelo de optimización las posibles alternativas a seguir respecto a las variables económicas de interés para la planeación urbana y en especial del transporte. Se presenta tomando el caso del área metropolitana de Monterrey, enmarcada en 1991 y considerando solamente los viajes en camión y en automóvil.

El área metropolitana de Monterrey ha mantenido un ritmo de crecimiento tan rápido que la congestión de una serie de bienes ya es notablemente evidente. Por lo tanto, es deseable tener una buena planeación urbana para reducir al mínimo los costos sociales que se pudieran ocasionar. Sin embargo los estudios que la soportan son aún escasos dejando sin fundamento a los modelos de decisión que se han venido aplicando

Es por ésto que este trabajo es importante, ya que aporta una metodología que puede ser auxiliar en las decisiones de planeación del transporte

Se iniciará exponiendo en el punto 1.3 los antecedentes principales de ingeniería del transporte en donde se hace incapié en la forma como se realiza técnicamente el proceso de la planeación.

Posteriormente en el punto 1.4 se explican algunos aspectos de economía del transporte que ayudan a entender mejor la problemática, de los cuales destaca primeramente en el punto 1.4.1 que la demanda y la producción de viajes dependen de variables económicas relacionadas con el tamaño de la población, el ingreso, la vialidad, el uso del suelo, etc., y que son diferentes de un medio de transporte a otro.

Por otro lado, desde el punto 1.4.2 se describe las características de los costos que intervienen en los viajes cotidianos incluyendo aquellos que se desprenden de externalidades como lo son la contaminación y la congestión. Hasta definir en el punto 1.4.4 la forma como serán calculados.

En el punto 1 4.5 se propone que debe existir la planificación en la que se contempla como estrategia de diseño la optimización simultánea de

beneficios para los usuarios, autoridades y operadores considerando las restricciones que el sistema urbano impone. Aunque en este trabajo se ejemplifica con un modelo de optimización desde el punto de vista del consumidor.

En el punto 1.4.6 se menciona que es tradicional *estimar la cantidad de viajes de una zona a otra en una ciudad utilizando el modelo de gravedad* el cual básicamente considera que entre más alejadas estén dos zonas, menos viajes habrá entre ellas. Entonces, utilizaremos esta estimación como punto de partida para calcular la ineficiencia en el sistema de transporte en general mediante la minimización de los costos cotidianos del transporte tomando como *restricciones las producciones y atracciones de viajes en cada zona*.

1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS

Son tres los objetivos:

El primero es presentar una metodología para la evaluación de la distribución de viajes estimados y el cálculo de la ineficiencia actual. Esta será ejemplificada para el caso del área metropolitana de Monterrey en 1991. Esto se explicará a detalle en el punto 2.1.

En la aplicación se encuentra que el costo total de los viajes cotidianos correspondientes a la distribución de viajes estimada es de \$6,448,044,000 pesos diarios (correspondientes a 1991) pero que una distribución óptima correspondería a un costo de \$3,980,814,000 pesos diarios por lo que la ineficiencia del sistema se calcula en 38.26%

El segundo objetivo es encontrar la relación de la producción de viajes con el promedio de personas por vivienda, el promedio del ingreso por persona y la población económicamente activa (PEA) para el caso citado y la relación de la atracción de viajes con el área habitacional, el número de comercios, el número de bancos y el número de empleados y empresas industriales. Se cree que existe una relación polinomial entre las variables aunque los resultados se presentan solo algunos de los posibles términos. Estas ecuaciones nos servirá posteriormente para evaluar las diferentes acciones a seguir para disminuir los costos en el sistema. Esto se desarrollará en el punto 2.2.

El tercer objetivo es presentar la metodología para la evaluación de acciones a seguir, las cuales modificarán los niveles de atracción y de producción creando nuevas condiciones en la matriz de viajes aumentando o disminuyendo las posibilidades de optimización. Esto se explicará en el punto

2 3 y se ejemplificará con dos casos, uno en el que se cambia el nivel de atracción y en el otro el nivel de producción

Los comentarios y conclusiones se expondrán en el capítulo 3.

1 3 ANTECEDENTES DE INGENIERIA DEL TRANSPORTE

Si el planeamiento del transporte quiere jugar un papel destacado dentro del proceso general de la planeación urbana, tiene que estar en disposición de prever y evaluar las transformaciones experimentadas por la posesión de vehículos y por la política de transportes públicos. En una situación de cambio continuo, tendría muy poca validez un planeamiento urbano realizado sin un conocimiento preciso de las características de la configuración de desplazamientos existentes y del modo en que se verían modificados, por ejemplo, por la inserción de una nueva línea del metro. También serían difícilmente justificables las grandes inversiones en transportes si sus efectos sobre los desplazamientos y sobre la comunidad no estuviesen previamente evaluados a través de encuestas y estudios gracias a los que se puede saber si soluciones semejantes o alternativas son válidas en otras zonas de la ciudad

Así se pueden llegar a planificar cuidadosamente las inversiones de tal manera que los cambios que inevitablemente van a producirse se orienten en aquella dirección que responda mejor a la política particular de cada ciudad. Los estudios de transporte han sido pioneros en este campo y los primeros en cumplir estos objetivos quizás porque se ocupan de las relaciones más fácilmente cuantificables dentro de la complejidad que conforma al sistema urbano

Como primer paso es necesario identificar los fines y objetivos en el contexto del sistema de transporte previsto para la ciudad. Estos determinan en parte el diseño y la organización y, en la medida en que los estudios de transporte suelen tardar varios años en terminarse, es de crucial importancia que esta etapa inicial dirija el trabajo hacia auténticos problemas básicos planteados por las más importantes necesidades y alternativas del futuro sistema del transporte en la ciudad. El Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León (C.E.T.) ha planteado ya sus objetivos y este trabajo está dirigido a tratar de contestar una de la serie de preguntas ya formuladas.

Después de la fase de definición de objetivos se prepara la toma de información en relación con las características de la población, las actividades económicas, los usos del suelo, los desplazamientos, las redes y los medios de transporte existentes. Esta fase de encuesta pone las bases para el

desarrollo de la siguiente de análisis y de construcción de modelos que utiliza los datos sobre las configuraciones de desplazamientos existentes. El C.E T realiza encuestas de origen destino cada dos años, de donde se obtiene la información para el desarrollo de modelos, los cuales se calibran con el objeto de realizar una simulación aceptable de las configuraciones de desplazamientos existentes, y se aplican utilizando los datos resultantes de las proyecciones de población, usos del suelo, etc..., con el fin de generar predicciones de futura demanda de transporte y poder formular los planes en relación con la futura disponibilidad de infraestructuras de transporte. Todo este proceso se basa en la hipótesis de que el comportamiento de los trabajadores y residentes de una ciudad, tiene, en lo que se refiere a sus desplazamientos, una racionalidad intrínseca que permite prever los comportamientos futuros y diseñar soluciones adecuadas a los nuevos problemas.

Los datos de las encuestas se suelen tomar sobre una serie de zonas de origen y destino delimitadas por una línea que rodea el área de estudio y en el interior de la cual se desarrollan todos los movimientos importantes objeto del análisis. La información recogida suele hacer referencia al lugar de donde parte el desplazamiento (origen) y al lugar a donde va dirigido (destino) ; al modo en que se realiza; a quien lo realiza; etc. Los datos resultantes se pueden agregar o desagregar, dependiendo de los objetivos específicos del

estudio de transporte para analizar una amplia gama de propuestas alternativas. Entre estas destacan la evaluación de los efectos que sobre la economía y los desplazamientos pueden tener distintas propuestas alternativas a la estructura de usos del suelo y de la configuración del sistema de transporte, la determinación del número de desplazamientos generados por los distintos usos del suelo, la evaluación económica de los beneficios que pueden producir determinados proyectos alternativos de transporte, etc.

Los desplazamientos generados y atraídos por las actividades urbanas y por los usos del suelo son la causa ordinaria de muchos de los problemas del transporte urbano. La mayoría de las actividades que atraen o producen desplazamientos no son fáciles de hacer coincidir en el espacio, y así las personas y las mercancías están obligadas a moverse de un punto de la ciudad a otro: de casa al trabajo, del trabajo a distintas oficinas, de casa al comercio, del taller al almacén y de aquí al minorista o a otro taller. El abanico de posibilidades es infinito y el tejido de circuitos resultante es muy complejo porque varía tanto en el tiempo como en el espacio y es estocástico. En la etapa de generación de viajes de un estudio de transporte se hace un esfuerzo por racionalizar las aparentemente caóticas configuraciones de desplazamientos mediante la utilización de modelos matemáticos que reproduzcan los flujos existentes de demanda del transporte identificados gracias a las encuestas de campo, y también se intentan predecir estas

configuraciones para la fecha de terminación del período objeto de estudio. El resto de los datos de entrada del proceso de generación y atracción se refieren a los usos del suelo y a determinadas variables económicas y demográficas que se utilizan para explicar las diferencias entre los números de desplazamientos generados por los distintos usos del suelo en diferentes puntos de la ciudad y en diferentes momentos.

Un sistema de transporte bien planeado y organizado en su operación es un promotor importante del bienestar de la comunidad (Chavarría, 1993). Mejora la ecología, optimiza el tiempo de transporte de las personas y las cosas, etc. Entonces, es importante resaltar el papel de la planeación del transporte en la optimización de los recursos de cualquier área urbana.

Antes de efectuar el proceso de planeación, la etapa de análisis es muy importante. La manera tradicional de trabajar muchos análisis de ingeniería consiste en aislar un componente del sistema y estudiarlo individualmente. También de esta misma forma se han estudiado los efectos de pequeños cambios en el sistema de transporte urbano, pero esto puede dar como resultado decisiones equivocadas. Por ejemplo, considérese un segmento congestionado de una arteria urbana. Para reducir la congestión, las autoridades locales de transporte y vialidad estudian los costos y beneficios de ampliar este segmento del camino. Dado los flujos actuales se juzga que

agregar un carril adicional sería suficiente para que el exceso de tráfico circule más ágilmente y con menores demoras. Los beneficios del proyecto calculados de esta manera, podían sin embargo estar equivocadas, toda vez que las decisiones de viaje o desplazamientos no han sido tomadas en consideración al análisis del riesgo (Popper, 1991)

Por ejemplo, puede ser que los automovilistas que no usan la arteria congestionada, subsecuentemente sí la utilizarán una vez que se encuentre mejorada, entonces las condiciones de tráfico sobre la calle ampliada pueden no ser tan buenas como se anticiparon debido a los incrementos del flujo, que a su vez causarán quizás una mayor congestión (efectos ingreso y sustitución). A su vez, las calles que conectan con la facilidad ampliada registrarán un mayor flujo debido a los vehículos que intentan llegar a la calle ahora mejorada. Adicionalmente, los caminos paralelos a la arteria ampliada disminuirán dado los intercambios de vehículos a la arteria supuestamente mejorada. Así ocurrirán una serie de cambios durante días o semanas después hasta que el sistema se estabilice en un nuevo punto de equilibrio.

En conclusión, tenemos que las soluciones de punto crean conflictos en la red en su conjunto, por lo que la simulación de los efectos en el sistema total podrá tomar ventaja y dar mejores soluciones. Con la ayuda de sistemas computacionales se podrá tomar decisiones más rápidas y acertadas.

El proceso formal de planeación del transporte urbano, es relativamente nuevo, ha evolucionado rápidamente en los últimos 40 años. Sin embargo, los problemas en los cuales es aplicado han existido casi desde el principio de la civilización. Casi sin excepción, la era del automóvil está plagada de los mismos problemas de la del Imperio Romano. Como en los tempranos días de Julio Cesar, la congestión y sus efectos sobre la vida urbana motivaron la restricción y el control del movimiento vehicular en el centro de Roma (Stopher y Arnim, 1975).

Hasta los inicios del siglo diecinueve, todo el transporte dentro del área urbana fue proveído en su mayor parte por los individuos en forma privada. El transporte público se limitó enteramente a movimientos interurbanos, de hecho, el origen de la interconexión de áreas es más bien de índole militar. A principios del siglo dieciocho, los cambios a este patrón fueron tomando lugar, y los intentos de diseñar derechos de vía como una parte integral de las ciudades fueron más coherentes.

Con el advenimiento de la locomotora, la industria privada entró al mercado del transporte entre ciudades y el transporte público se vio colapsado de tal forma que hace ya medio siglo, la provisión de la mayoría de los

servicios han sido asumidos por varios niveles de jurisdicción gubernamental en la mayoría de los países de la cultura occidental

Convencionalmente, el transporte comprende carreteras, calles, vías de ferrocarril, vías férreas, rutas de autobús y terminales. Todo esto junto constituye un sistema extraordinariamente complejo dentro del cual cada elemento se ve afectado con la ejecución de otro

Al mismo tiempo, el transporte es sólo un subconjunto de un sistema de comunicación más grande y como en general, los viajes no son demandados por si mismos sino que son derivados de una demanda más básica de bienes y servicios, el patrón de demanda de viajes urbanos es fuertemente determinado por el patrón de actividades urbanas. Entonces, el transporte urbano es un subsistema que influye y es influenciado por los otros subsistemas que conforman el sistema urbano (Stopher y Arnim, 1975).

En el proceso de planeación, es necesario que las interconexiones entre el sistema de transporte y los demás subsistemas sean observadas y definidas. Los objetivos del primero deben considerar a los de todo el sistema urbano

Todas estas interacciones, pueden ser más fácilmente estudiadas desde el punto de vista del " Análisis de Sistemas " ya que es una técnica de solución de problemas bajo condiciones de incertidumbre . En sí, no es una solución, pero permite el desarrollo de procedimientos sistemáticos y comprensibles de un problema específico Este enfoque es utilizado en base a que la capacidad y rapidez de los sistemas de cómputo van en aumento día a día (Brail, 1989)

Para que el proceso de transporte pueda ser modelado es necesario aceptar ciertas suposiciones:

* Primero, se asume que el modelo de tráfico a ser modelado es repetitivo y predecible

*Segundo, se asume que el fenómeno exhibe dependencia de cierto número de parámetros independientes del tiempo o con dependencia temporal es conocida

El proceso actual de planeación de transporte comprende una secuencia de siete pasos

1 Inventario (usos del suelo, población, viajes, y recursos de transporte)

- 2 Pronósticos de Usos del Suelo
- 3 Generación de Viajes
4. Distribución de Viajes
5. Estratificación de Modos (Modal Split)
- 6 Asignación de redes
- 7 Evaluación

El primer estudio de Origen y Destino realizado en México fue hecho en Monterrey, N.L. en 1951, para encontrar la ubicación óptima de cuatro puentes sobre el río Santa Catarina. Al construirse el canal que regularizó su cauce, se hacía necesario sustituir los vados que unían las dos secciones de la ciudad, por los puentes correspondientes. Durante dos semanas se realizó la encuesta directa con todos los conductores que usaban los mencionados vados. Al determinar los puntos de origen y destino de cada viaje, en el gabinete se trazó un plano ilustrando las líneas de " demanda del movimiento" al unir aquellos. Se formaron varios "haces" de líneas que se agruparon en cuatro zonas. Mediante un análisis matemático se encontró el "lugar geométrico" de dichas líneas al cruzar el eje del río. De esa manera se encontraron cuatro puntos de cruce. Como último ajuste se alinearon con las calles próximas más convenientes (González, 1960)

El C E T aparte de efectuar encuestas de orígenes y destinos, dirigidos a los hogares del área metropolitana, realiza estudios en el sector comercial e industrial para complementar los datos que serán utilizados en el proceso de planeación. En el Apéndice 1 se muestra el formato de la encuesta utilizada.

1.4 ECONOMÍA DEL TRANSPORTE

La economía del transporte estudia el hecho de que vastas cantidades de recursos escasos (mano de obra, materias primas, capital,etc) son utilizadas mediante la provisión de transporte, para satisfacer ciertas necesidades humanas, con el interés de que estos recursos se utilicen para satisfacer al máximo las necesidades humanas y que la asignación de ellos al transporte sea el óptimo, sujeto a las limitaciones de lo que sea técnicamente posible o políticamente permisible (Thomson, 1974).

Muchas de las cuestiones importantes del transporte tienen aspectos económicos. La planificación de la inversión, el nivel y estructura de precios, los impuestos y subvenciones, planes de organización y de utilización del suelo, etc.

Constituye uno de los sectores de la actividad económica que puede clasificarse como de servicio y no precisamente productora de bienes y

servicios destinados al consumo final. Aunque posee características de bien público también comparte algunas características de bien privado. (Quintanilla, 1982)

Se produce debido a las ventajas que ve la gente en hacer diferentes cosas en distintos lugares. Si uno supiera exactamente el tiempo y lugar de las actividades de cada persona durante una cierta jornada, se podría calcular el volumen del tráfico de viajeros entre un lugar y todos los demás. De aquí deducimos que es un reflejo preciso de la localización de los quehaceres individuales.

Entonces se presenta una aparente paradoja: el uso de servicios de transporte depende totalmente de la localización de actividades, lo cual a su vez depende de estos servicios. Esto parece ser un caso clásico de oferta que crea su propia demanda.

El consumo de servicios de transporte, puede clasificarse como uno con características de demanda derivada ya que no se demandan por tener una utilidad en sí mismos, sino que resultan debido a las actividades de compra-venta de otras mercancías. (Button, 1982)

Desde otro punto de vista, el transporte al igual que las demás industrias, requiere de equipo de capital, materias primas y mano de obra. Pero como característica especial una parte de su equipo es fijo y otra es móvil

La planta fija incluye carreteras, puentes, vías férreas, estacionamientos, puertos, aeropuertos, etc. a lo cual se le puede llamar infraestructura del transporte con las siguientes características : es muy costosa, es de duración relativamente larga, tiene pocos usos alternativos y ofrece economías de escala. La móvil como coches, trenes, aeroplanos, barcos, etc., está en contraste completo: las unidades móviles son relativamente baratas, la esperanza de vida de aviones y camiones es de unos 10 años y la mayoría de los vehículos tienen multitud de usos alternativos.

Una de las características de la infraestructura de transporte es que su capacidad no es ajustable rápidamente para hacer frente a los cambios en la demanda ya que sus estructuras generalmente son grandes y costosas. Por lo tanto, cuando la demanda crece, hay una tendencia a que el suministro de servicios vaya retrasado unos años

1.4 1 LA DEMANDA DE TRANSPORTE

El estudio de la demanda y producción de viajes puede realizarse a partir de las características del uso de la tierra, aunque hay que distinguir primero entre el transporte de productos o personas con motivos comerciales y aquellos que se originan domésticamente aún *con* su interrelación con las empresas. Cabe remarcar que en este trabajo me limitaré al estudio de los viajes de origen doméstico con motivos de trabajo, escuela, bancos, comercio y servicios públicos en general, para dar la dimensión adecuada a lo que está siendo tratado.

La demanda de transporte no es necesariamente la cantidad de viajes que la gente tiene en realidad o que le gustaría tener, es la que escogería en ciertas condiciones supuestas, es por tanto, una variable dependiente de un número de factores

Los factores de la demanda pueden considerarse como positivos y negativos. Los primeros tienden a incrementar el volumen deseado y los segundos a disminuirlo

El tamaño de la población, la vialidad y el ingreso pueden ser factores positivos y el costo, la pérdida de tiempo, la comodidad, el peligro y la incertidumbre pueden ser negativos

Mediante los negativos podemos llegar a entender lo que son los costos del usuario, ya que se pone en evidencia que paga más del precio en dinero.

De aquí que sea necesario establecer las ecuaciones de atracción y producción de viajes y sus relaciones con las actividades económicas más importantes.

La demanda no es una función instantánea. Transcurre siempre un lapso de tiempo hasta que responde a un cambio en los factores de que depende. Esto es especialmente importante en el transporte, porque es un reflejo directo de la localización de actividades cuyos cambios pueden tardar bastante tiempo en materializarse. Este efecto no podrá ser medido en el presente trabajo ya que se propone un estudio de corte transversal, solamente para 1991

La elevación de los costos del transporte en los centros urbanos induce a fábricas y oficinas a trasladarse fuera de ellos. El alza en los salarios o la

baja en los costos cotidianos de viaje, persuaden a los viajeros a trasladar sus viviendas a pueblos adyacentes. Pero estos desplazamientos de la actividad son raros con carácter inmediato, más bien parecen constituir la culminación de varios cambios, de los que el transporte sólo es uno. La decisión de trasladar la localización puede ser enteramente resultado de otros factores, por ejemplo casamientos, empresas que amplían sus locales, contratos de alquiler que se vencen, etc

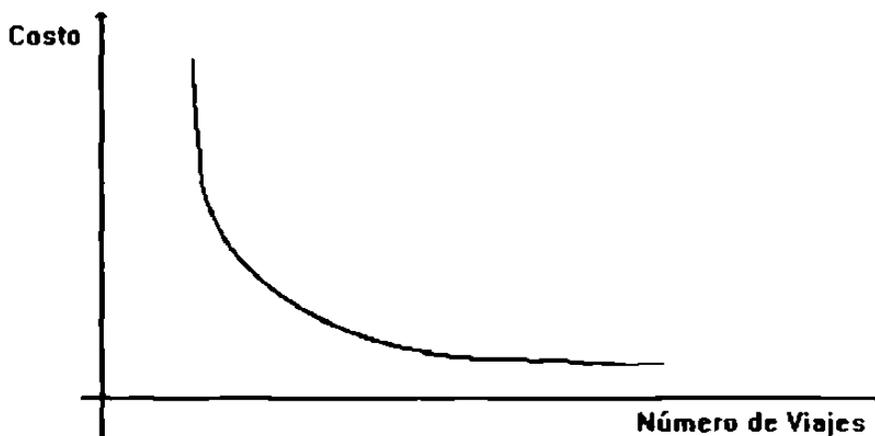
No cabe exagerar la importancia de todo esto. Dentro de veinte años habrá pocas personas que vivan en la misma casa y trabajen donde mismo. En casi todos los casos la elección de nueva casa o de nuevo puesto de trabajo tendrá en cuenta, más o menos conscientemente, la necesidad de desplazarse frecuentemente entre el hogar y el trabajo. Entonces surgirá un nuevo esquema o patrón de viajes que podrá ser análogo al actual o totalmente diferente, dependiendo de las opciones que se ofrezcan a los individuos. Los cambios en los servicios de transporte tardarán en surtir pleno efecto en la demanda (Thomson, 1974).

Por otro lado, los cambios en la demanda de modos alternativos, más que en la del transporte como tal, no implican cambios locacionales, y por tanto no exigirán tanto tiempo.

Al hablar de modos alternativos es necesario mencionar que en cada medio y motivo existe un comportamiento diferente en las elasticidades y distinguir a su vez entre elasticidades de demanda a corto y a largo plazo ya que se espera un mayor grado de elasticidad a largo plazo. Para su medición es necesario un estudio de series cronológicas antes y después de los cambios de precio. Lo cual no haremos aquí, pero sin embargo es importante recalcarlo, por ejemplo es de esperarse que en la demanda de los que no tienen auto su elasticidad es baja debido a que no tienen otra opción. Mientras que en la que sí tienen acceso a un coche es mucho más alta.

Teóricamente una función de demanda de viajes pudiera tener la forma que se muestra en la gráfica 1.1 en la que a menor costo se producirían más viajes y a mayor costo menos.

Gráfica 1.1 Función de demanda teórica



Al estudiar los factores que determinan el volumen de la demanda, se mencionan el tiempo y el costo de viaje, ambos están relacionados con la distancia lo que implica que en muchos casos ésta no sea un factor disuasorio

La unidad de medición de la demanda desde el punto de vista del consumidor son los viajes-pasajero (Thomson, 1974). Pero a medida que el transporte se abarata (en términos reales) y a medida que la gente se hace más rica, aumenta la demanda de transporte, no tanto en cuanto a número de viajes, como a las distancias cubiertas, y esto genera por sí sólo una transferencia de unos modos a otros.

El crecimiento de la población es quizás el generador principal de más viajes. Pero por otro lado, los desarrollos técnicos han disminuido el deseo de viajar dentro de una ciudad, la televisión ha reducido mucho tráfico recreativo; el uso de los nuevos sistemas computacionales y de telecomunicaciones han substituido a muchos viajes de trabajo.

1 4 2 EL PROBLEMA DE LA CONGESTION

La congestión locacional ocurre cuando un servicio es utilizado por más gente que el número óptimo de individuos, este problema es atribuible directa e indirectamente al servicio del transporte, aunque también es cierto que la restricción de estos servicios puede ser un modo de controlar el problema. El transporte más rápido y más barato tiende así a concentrar la demanda de lugares de mérito especial, creando problemas de congestión locacional.

La congestión vial ocurre cuando una avenida es utilizada por más gente que el número óptimo de individuos. aquí quisiera distinguir entre dos tipos de congestionamiento, la permanente que sistemáticamente aparece todos los días en ciertas zonas de una avenida, por ejemplo el ya conocido problema de la Avenida Gonzalitos a la altura de Constitución en Monterrey (no necesito hacer estudios para probarlo, aquel que haya vivido en Monterrey en los últimos 10 años lo afirmaría) y la temporal que por algún evento ocasional algunas avenidas se ven congestionadas, por ejemplo, la Avenida Universidad a la altura de Ciudad Universitaria al finalizar un partido de fútbol. Esta distinción es importante porque las soluciones al primer tipo tienden a ser de carácter definitivo (eso se intenta) y las segundas pudieran ser de carácter temporal, mientras pasa el evento.

Debido a la naturaleza de la encuesta origen destino del C.E.T la problemática que se detecte debe ser de carácter permanente, por lo que las soluciones tenderán a ser definitivas

La demanda de transporte, como la de otros servicios, está sujeta a bruscas fluctuaciones, de las cuales la más familiar se produce dos veces cada día laborable por los viajes de ida y vuelta al trabajo y escuelas; la segunda forma más importante de fluctuación es semanal, causada por el diferente patrón y volumen de movimiento durante el fin de semana sobre todo por motivos de recreación. La tercera viene quincenalmente orientada hacia los bancos y tiendas comerciales.

La cuarta es la estacional en la que según la época del año se presentan viajes por diferentes motivos, los más característicos son los de recreación en verano y los de compras en invierno. Por último hay fluctuaciones aleatorias de la demanda originadas por eventos esporádicos.

Los modelos de usos de suelos operan bajo el supuesto fundamental de que existen relaciones empíricas estables entre los patrones de usos de suelos y la demanda por servicios de transporte. La encuesta origen destino que se realiza especialmente por el C.E.T ha sido hasta el momento genérica

en donde se pregunta a algunas familias las actividades y los viajes realizados el día anterior al de la aplicación de la encuesta

Dejando de lado todos los posibles problemas de muestreo, hay relaciones estables que pudieran ser mejor captadas si se realizaran encuestas origen destino domésticas con motivos específicos. Es decir, sabemos que existe un flujo vehicular muy fuerte durante los fines de semana hacia el sur de la ciudad con motivos de recreación, que hay movimiento de personas hacia los bancos durante las quincenas, que las avenidas que están alrededor de los estadios se congestionan en día de juego, etc; ésto nos asegura que al realizar una encuesta dirigida hacia los motivos de mayor interés, podríamos realizar mejores cálculos de frecuencias y cantidades y en determinado momento realizar mejores predicciones.

De aquí que es mi sugerencia realizar estudios de origen destino, remarcando muy bien la diferencia entre viajes diarios, semanales, quincenales, mensuales y estacionales para tener una mejor idea de la *demanda*

Muchas de las dificultades del transporte se atribuyen a las fluctuaciones de las horas "pico" debido al hecho de que la demanda se concentra en ciertas horas de tal manera que la mano de obra y el equipo no

son necesarios en otros momentos. Una distribución más igual de la demanda en el tiempo reduciría indudablemente el costo, al igual que si distribuimos los recursos espaciales en una mezcla óptima, también reduciría el costo por congestión en horas pico.

Todas las industrias de servicios se enfrentan con el mismo problema. La gente prefiere, al parecer, comer, dormir, trabajar, jugar y tomar vacaciones al mismo tiempo, en general, que los demás. Estos hábitos sociales son costosos tanto desde el punto de vista del productor como desde el punto de vista del consumidor. Cambiando hábitos podríamos resolver muchos de estos problemas, pero sabemos que es difícil.

1.4.3 EXTERNALIDADES

Las externalidades son los costos y beneficios que surgen de la producción o consumo de mercancías o servicios y son sufridas sin compensación o disfrutadas gratuitamente por terceros.

El transporte es por excelencia, la industria de las externalidades ya que se lleva a cabo en sitios públicos, donde la gente vive, trabaja, compra y

va a sus ocupaciones diarias. El ruido, olor, peligro y otros rasgos desagradables se incluyen en el medio ambiente humano (Thomson, 1974)

El transporte ejerce una influencia muy importante sobre las actividades de consumo y producción, la contaminación incide en forma negativa y aumenta a mayor actividad en el transporte. Entonces, quiero remarcar que una distribución óptima de los recursos de una ciudad provocaría una actividad más moderada y reduciría en cierta medida esta externalidad

Por otro lado la congestión es también una externalidad y no sólo es provocada por un mal diseño en las avenidas y su consumo, otra vez, la mezcla de recursos: bancos, centros comerciales, zonas industriales, zonas habitacionales, etc, o no son suficientes o no están bien distribuidos o la falta de información de que éstos existen, ocasionan que por períodos algunos medios se congestionen. Ambos efectos, la congestión y la contaminación, originan costos que son pagados por la sociedad. Aquí se menciona otro aspecto interesante: la falta de información tanto en el productor como en el consumidor del sistema de transporte ocasiona también costos sociales. El análisis tradicional elude el problema, se supone que la empresa dispone de información acerca de la demanda y que el consumidor sabe los precios y las características del servicio, pero esto en realidad no es así. Por lo que el comportamiento de los viajes no es tan racional como se pretende que sea.

1 4 4 COSTOS

El costo del transporte es el precio que una nación paga por patrones especiales de actividad que explotan los recursos naturales y se aprovechan de la especialización, congregación y movilidad de las personas y cosas; pero así como algunas situaciones en el sistema de transporte de una ciudad provocan problemas urbanos, la distribución de los recursos de una zona tal como empresas, comercios, edificios públicos, etc, y la falta de información de la localización de los mismos pueden ocasionar que el consumidor presente costos que no necesariamente sean los óptimos.

No hay una fórmula fácil para calcular el costo a corto plazo y necesitamos tanto del sentido común como un buen criterio.

Una de las características del transporte es que implica un costo en el tiempo del consumidor; muchas veces un pasajero se preocupa más por la pérdida de tiempo que por el costo en dinero. Entonces es necesario realizar estudios para descubrir el valor que la gente asigna a su tiempo. En el presente trabajo consideramos el valor del tiempo como el ingreso que percibiría una persona si estuviera trabajando, aunque sabemos que en la realidad este valor dependerá de la urgencia o el motivo del viaje. John Kain y Baher El-Hinfnawi calcularon en 1993 que para la gente en Monterrey el

promedio del valor del tiempo oscila entre \$0 73 y \$1 54 dólares por hora, lo cual cae en el rango estimado para otros países (Kain et al, 1994)

En realidad el tiempo no tiene valor, es la oportunidad de emprender ciertas actividades deseables lo que tiene valor, y esta oportunidad depende de hallarse en el lugar preciso en el tiempo preciso. Por otro lado no existe ahorro de tiempo, se haga lo que se haga, el día tiene veinticuatro horas; pero sí se puede incrementar el tiempo disponible para ciertas actividades, reduciendo el que se gasta en otras.

Dentro del análisis de costos, la decisión para seleccionar el medio de transporte que se ha de demandar está determinada por las características de costos y precios de los diversos medios de transporte disponibles. Para nuestro caso, en el área metropolitana de Monterrey en 1991, el CET reporta los dos medios más importantes en esa época : el camión y el auto propio. Aunque los costos y precios para cada tipo de auto son diferentes y había otros medios de transporte público como las peseras que representan esquemas diferentes, decidí para este trabajo tomar sólo los costos en base a promedios, pero se sugiere continuar con los estudios al detalle del tipo de móvil a utilizar y poder calcular con más exactitud los costos totales

Cuando se trabaja con costos, en algún momento siempre es necesario definir criterios y seguirlos a lo largo de todo el trabajo. Por ejemplo para este trabajo se estimaron costos en base a un promedio de costos de mantenimiento, pero sabemos bien que el costo depende del uso y la antigüedad del móvil.

Otra problemática que se presenta con los medios de transporte en cuanto a la evaluación de sus costos es que la mezcla de medios, tipos y marcas por zona no se espera que sea uniforme, razón por la cual es importante llegar a más detalle en los estudios.

Comencemos con las bases para calcular los costos en camión y carro. Si una persona decide irse en camión tendrá que pagar una tarifa "p" e invertir cierto tiempo "t" en el viaje en horas. Si consideramos el salario por hora "s" como el costo asignado al tiempo de viajes, el costo de viaje en camión sería:

$$CU_c = p + s t \quad (1-1)$$

Donde CU_c es el costo unitario de viaje en camión .

Si decide irse en carro (propio) de entrada ya hay costos fijos que tiene que pagar, como la depreciación "D" que puede ser calculada por horas aún

si el carro no está siendo usado, el costo de mantenimiento "m" puede ser medido por kilometraje, se tiene que considerar el costo de la gasolina "g" que se gasta según la distancia "d" a caminar y el costo de la hora-hombre "s" en el tiempo de viaje considerando que viaja solo en el carro. Con todo esto tenemos que existen costos que deben ser medidos según el tiempo de viaje y hay otros costos que deben de ser medidos según la distancia a recorrer.

Una ecuación para el costo en auto quedaría :

$$CU_a = (D + s) t + (m + g) d. \quad (1-2)$$

Donde CU es el costo unitario de viaje en auto.

De tal manera que el costo total para todas las zonas en un año determinado sería :

$$CT = \sum_i \sum_j ((p + s t_{cij}) + (D + s) t_{aij} + (m + g) d_{ij}) \quad (1-3)$$

Donde

\sum_i representa la sumatoria desde $i=1$ hasta n , donde n es la cantidad de

zonas en la ciudad

\sum_j representa la sumatoria desde $j=1$ hasta n

t_{aj} Es el tiempo que un automovil realiza de la zona "i" a la "j"

t_{cij} Es el tiempo que un camión realiza de la zona "i" a la "j"

d_{ij} Es la distancia que hay entre el centro de la zona "i" y el de la "j".

Si se obtuvieran las ecuaciones de la tarifa, el salario, el costo de mantenimiento, el costo de la gasolina, proyectándolas en el tiempo. Podríamos encontrar la ecuación de costo para un período determinado de tiempo

Es decir, si $p_t = p(t)$, $s_t = s(t)$, $m_t = m(t)$, $g_t = g(t)$, entonces el costo total CT_2 en un período determinado de tiempo quedaría:

$$CT_2 = \sum_t \sum_i \sum_j ((p_t + s_t t_{cijt}) + (D + s_t) t_{ajjt} + (m_t + g_t) d_{ij}) \quad (1-4)$$

Donde

\sum_t Representa la sumatoria desde $t=1$ hasta p , donde p es la cantidad de periodos a sumar

t_{aijt} Es el tiempo promedio en auto desde la zona "i" a la zona "j" en el año "t"

t_{cijt} Es el tiempo promedio en camión desde la zona "i" a la zona "j" en el año "t"

Aunque para este trabajo se empleará la estimación para un sólo año, ya que no tengo información en el tiempo.

En realidad hay que hacer toda una ingeniería de costos para calcular con mayor exactitud el costo del viaje; hay muchas variantes a considerar por ejemplo, sabemos que hay muchos tipos de carros, chicos, medianos y grandes y una vez nuevos cada uno consume diferente cantidad de gasolina por kilómetro la función de costo de mantenimiento por kilómetro es diferente y a su vez varía con el uso de cada carro en particular.

Todo esto nos hace pensar en una idea que proviene de la estimación estadística entre más información se tenga será mejor mi estimación. Con esto quiero decir que los costos serán estimados cada vez mejor a medida que

más información sea conocida. Si las empresas se esperaran a tener cálculos exactos de sus costos muchas jamás operarían.

Por otro lado, en este trabajo emplearemos estas ecuaciones simples para calcular los costos, y tener una idea de la desviación entre los costos reales y los del estado óptimo.

Otra variante es que la distribución del salario varía de una zona a otra, pero para nuestro trabajo solo emplearemos el salario promedio total de 2.3 salarios mínimos (Calculado de los salarios promedio por zona según información del C.E.T.). Por otro lado hay costos que no serán incluidos, porque no se tiene estimación alguna como los de congestión y contaminación.

1.4.5 LA PLANIFICACIÓN

Hay muchas cosas equivocadas en el transporte, pero no son necesariamente problemas económicos. En algunos lugares un transporte malo o la no existencia de éste puede ser el óptimo económico, mientras en otros lugares, niveles mucho mejores pueden hallarse por debajo. En todas

partes la gente se queja del transporte, pero no siempre corresponden con los problemas reales desde un punto de vista económico.

Las acciones deben de partir del criterio de maximizar el beneficio social neto o al menos de minimizar el costo social, lo cual se refleja en la creación de normas que rijan la asignación de los recursos sujetas a restricciones políticas, sociales y administrativas. Un buen sistema de transporte debe de contemplar como estrategia de diseño la optimización simultánea de beneficios para los usuarios, autoridades y operadores (Chavarría, 1994).

Implícitamente, se acepta que debe de existir planificación en el transporte y que la doctrina "laissez faire" tiene pocas probabilidades de obtener un óptimo en las operaciones. Es necesario entonces tener una mayor apreciación de las fuerzas y principios económicos en los planes para la utilización del suelo y del transporte.

Una función importante de los gobiernos locales es el eliminar las externalidades producidas por fallas en el mercado, y que éste no podrá resolver por sí solo. En éste caso sí se justifica la intervención de las instancias del gobierno (Chavarría 1994)

Dado que la utilización del suelo y el transporte están íntimamente relacionados, es ilógico planificar uno independientemente del otro. Lo ideal sería hacerlo conjuntamente, diseñando todas las combinaciones posibles de utilización del suelo y de transporte con objeto de compararlas y escoger la mejor (Button, 1982).

El control sobre el desarrollo de la utilización del suelo es un potente medio para influir en el volumen del transporte, el decidir sobre la localización de un centro comercial, escuela o industria tiene importantes implicaciones.

La utilización del suelo es posible concebirla integrada por tres sectores residencias, empresas y transporte, o sea los lugares donde vive la gente, en donde hacen las cosas colectivamente, y los pasillos de conexión que les permitan desplazarse de un lugar a otro. Los movimientos son principalmente entre los sectores residenciales y de las empresas, aunque hay también muchos movimientos interresidencias, interempresas y externos. La disposición espacial de las áreas residenciales vis-à-vis de las empresariales, es factor muy importante al determinar el volumen de los deseos de desplazamiento

Las empresas necesitan ocupar los puntos focales del sistema de transporte dentro de las áreas de donde precisan extraer su mano de obra, sus

clientes y en general todos sus recursos (Button, 1982) Estos puntos tienden a localizarse en el centro geométrico del área, siguiendo el principio de localización central, a saber, que la distancia del desplazamiento global se reduce al mínimo localizando una actividad en el centro geométrico de la zona a que sirve, si esta zona es relativamente homogénea en sus relaciones con la actividad en cuestión.

Otra característica del transporte que es importante de señalar aquí, reside en el hecho de que la demanda por este servicio, es un sustituto y un complemento de la demanda por espacio, sobre todo en las áreas urbanas. En el centro del área urbana el espacio tiene un precio muy elevado, en tanto que en lugares más alejados es más bajo. Si un consumidor escoge vivir en el centro, hay un ahorro en costos de transporte para muchos motivos; si elige vivir en los límites de la ciudad sus costos personales en transporte aumentarán.

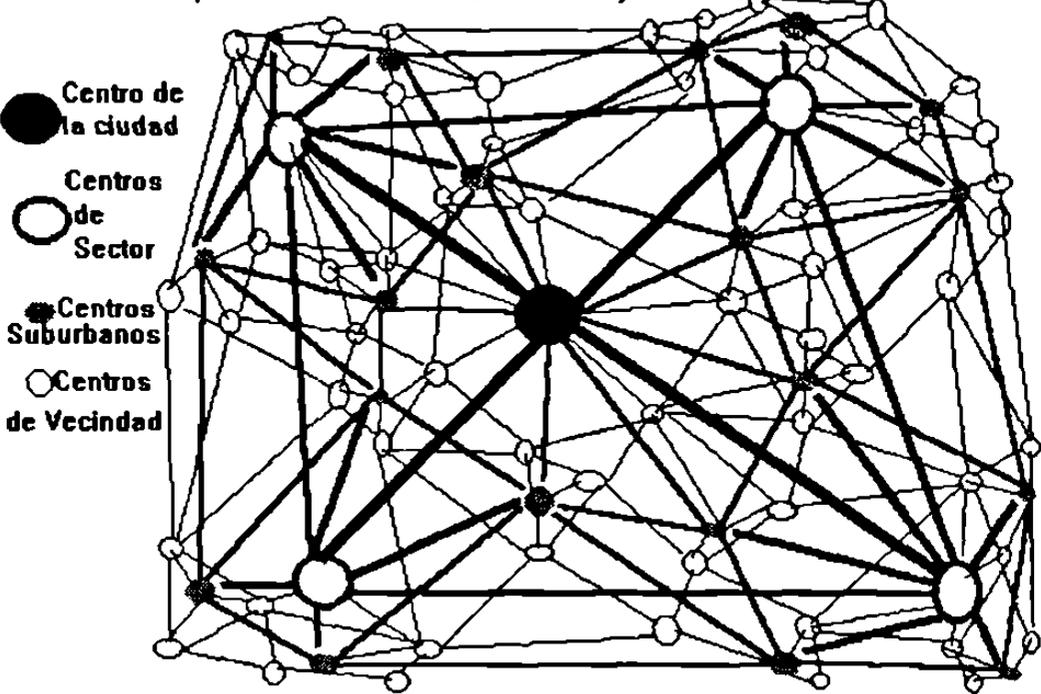
Cuando una zona urbana es lo suficientemente grande, puede tener una actividad económica importante en el centro de la ciudad y estar rodeada de pequeños subcentros económicos, que permitan concentrar las actividades más cotidianas filtrando sólo las más grandes, reduciendo en parte los costos de transporte desde el punto de vista de los consumidores.

Entonces en las grandes ciudades podemos identificar diferentes escalas geográficas de una empresa. La escala de ciudad: la administración pública, tribunales, entidades financieras, oficinas centrales, estadios, etc., sirven a la ciudad entera y necesitan establecerse en lugares de fácil acceso desde todas las partes de la ciudad. La de sector: a medida que las ciudades se hacen muy grandes, el mercado se hace lo bastante grande, en términos tanto de volumen de ventas como de distancia de viaje, para soportar centros comerciales fuera de la ciudad, sirviendo cada uno de ellos a un sector de la misma; la mayoría de sus vinculaciones de transporte con empleados, clientes y otras empresas, deben estar dentro del sector.

La escala de vecindad es de gran importancia porque cada pequeño viaje que se hace dentro de ésta puede considerarse como un sustituto de un viaje más largo, y como éstos se hacen a pie, en bicicleta o en coche, las consecuencias son evidentes; las tiendas de la esquina, bares locales, escuelas, iglesias, etc. pertenecen claramente a esta escala. Es importante fomentar otras actividades dentro de las vecindades en vez de a nivel suburbano para reducir aún más los costos sociales del transporte. (Thomson, 1974).

Enseguida se muestra la gráfica 1.2 en donde se representa gráficamente el esquema de una ciudad de viaje mínimo (las líneas no necesariamente representan las calles).

Gráfica 1.2. Representación de la Ciudad de Viaje Mínimo



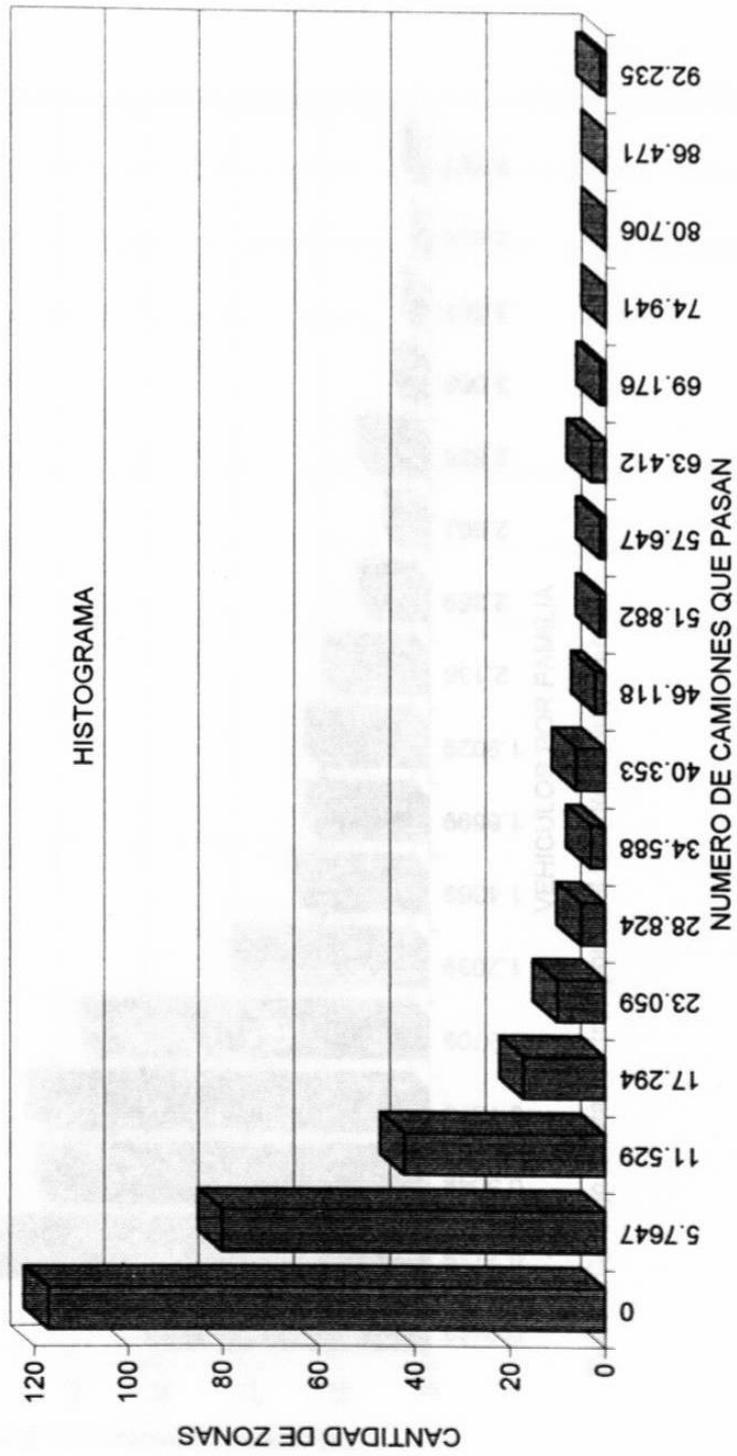
Debido a que se encierran muchos elementos conflictivos los planes de transportes puedan proporcionar rendimientos negativos. Es por eso que es muy importante fijar los objetivos desde el principio.

Uno de éstos es establecer los mecanismos para que la industria internalice los costos externos. Pero hay muchos peligros que deben ser remarcados. El proceso de satisfacer las demandas individuales de utilización del suelo y de transporte a través del mercado, incluso con impuestos y subsidios en razón de los efectos externos, podría conducir a un grado de desparramamiento urbano y contaminación.

Si se definen como la corrección de deficiencias existentes o predecibles, podemos comentar por ejemplo el caso de la cobertura; existen áreas que no han sido cubiertas por el sistema de transporte público (en 1991) y que se antoja necesario, en la gráfica 1.3 se puede ver el histograma correspondiente a la cantidad de zonas por las que pasan camiones, en la que se observa que en la mayoría no hay rutas que transiten. Esto no indicaría una deficiencia en la cobertura de no ser por el porque el promedio de vehículos por familia en la mayoría de las zonas es menor que uno según lo muestra la gráfica 1.4.

GRAFICA 1.3
HISTOGRAMA DE
CAMIONES POR ZONA

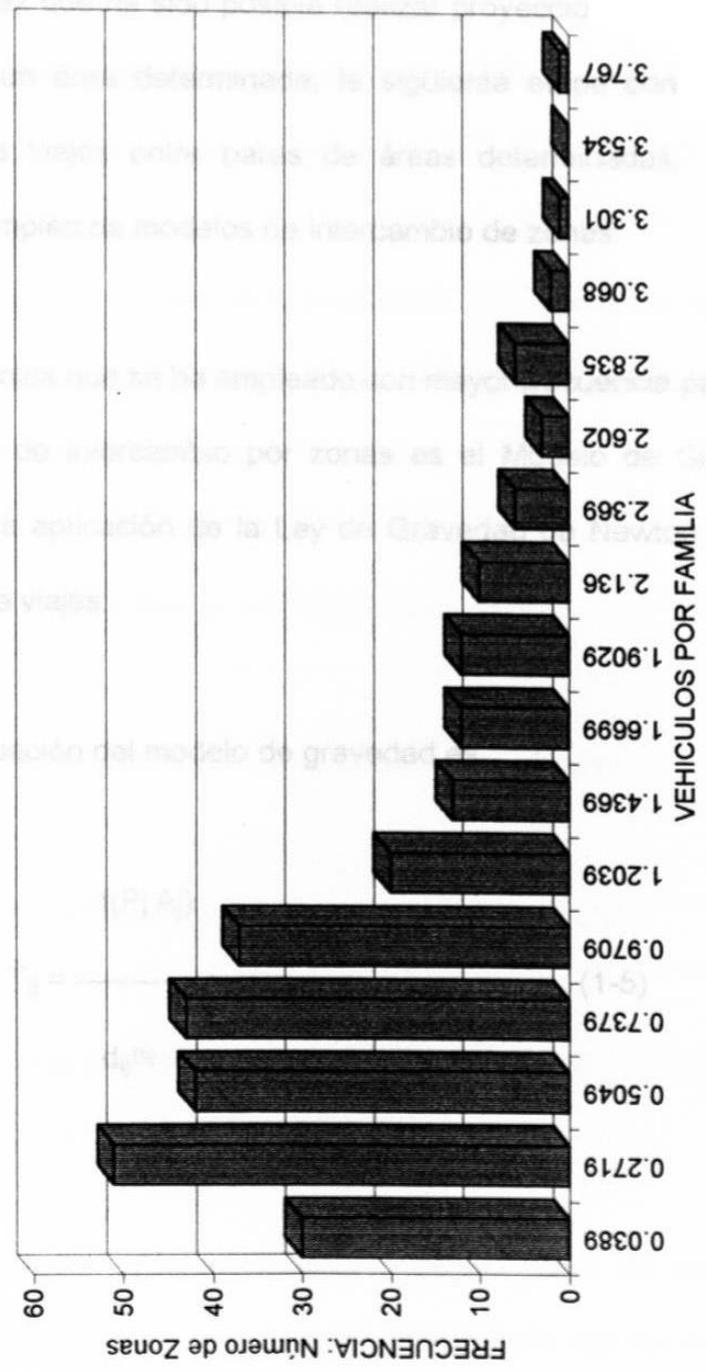
CAMIONES POR ZONA, AREA METROPOLITANA DE MONTERREY 1991



Fuente: Consejo Estatal del Transporte del Estado de Nuevo León.

AREA METROPOLITANA
DE MONTERREY 1993

GRAFICA 1.4
HISTOGRAMA DE VEHICULOS POR ZONA
PROMEDIO DE VEHICULOS POR FAMILIA Y POR ZONA



Fuente: Consejo Estatal del transporte del Estado de Nuevo León.

1.4.6 DEL MODELO DE ESTIMACION AL MODELO DE OPTIMIZACION

Una vez que ha sido posible realizar proyecciones de los viajes que se originan en un área determinada, la siguiente etapa consiste en tratar de proyectar los viajes entre pares de áreas determinadas, para lo cual se requiere el empleo de modelos de intercambio de zonas.

La técnica que se ha empleado con mayor frecuencia para la estimación de los flujos de intercambio por zonas es el Modelo de Gravedad, el cual consiste en la aplicación de la Ley de Gravedad de Newton a las relaciones espaciales de viajes.

La ecuación del modelo de gravedad es :

$$T_{ij} = \frac{f(P_i A_j)}{d_{ij}^{n_i}} \quad (1-5)$$

Donde

T_{ij} es el número de viajes generados durante un lapso determinado de tiempo (en nuestro contexto es un día) desde la zona "i" a la zona "j".

$f()$ es una función de la producción de viajes en la zona i " P_i " y la atracción " A_j " que se especifica para cada ciudad después de la fase de calibración.

P_i es la producción de viajes de la zona "i".

A_j es el número de viajes atraídos por la zona "j".

d_{ij} es la distancia entre la zona "i" y la zona "j"

n_{ij} es la potencia a la que deberá de elevarse la distancia entre la zona "i" y la zona "j".

Una primera observación que podemos hacer es que el modelo de gravedad contempla sólo un elemento relacionado con los costo del viaje de

una zona a otra: la distancia o el tiempo, siendo que existen otros que influyen fuertemente como lo son los relacionados con los medios y los motivos.

Por otro lado no nos arroja ningún indicador del grado de eficiencia en los viajes de una zona a otra, ni nos proporciona los medios para evaluar las posibles acciones al inducir cambios en las variables económicas.

El modelo resultante trata de simular lo que está ocurriendo con la distribución de viajes por zonas, pero ésta no es necesariamente la óptima. Entonces partiendo del hecho que las producciones y atracciones de viajes por zona ya han sido estimadas y que podemos calcular los costos unitarios de transporte entre zonas, podemos encontrar la distribución óptima de viajes, que es aquella que minimiza los costos totales.

De esta manera la eficiencia podrá ser medida mediante la comparación de los costos totales calculados de la distribución de viajes de la estimación y los costos totales de la distribución de viajes del modelo de optimización.

El modelo de optimización puede tener la siguiente ecuación:

$$\text{Min CT} = \sum_m \sum_i \sum_j c_{mij} v_{mij} \quad (1-6)$$

Sujeto a:

$$\sum_i v_{ij} < P_j \text{ para cada } j \text{ ésima zona} \quad (1-7)$$

$$\sum_j v_{ij} < A_i \text{ para cada } i \text{ ésima zona.} \quad (1-8)$$

Donde :

\sum_i es la sumatoria para todas las zonas origen "i", o sea la sumatoria desde $i=1$ hasta n , donde n es el último elemento (para nuestro caso $n=98$)

\sum_j es la sumatoria para todas las zonas destino "j", o sea la sumatoria desde $j=1$ hasta n , donde n es el último elemento. (para nuestro caso $n=98$)

\sum_m es la sumatoria por cada medio "m". Para nuestro caso tenemos dos medios: $m=1$ es camión y $m=2$ es automóvil.

CT es el costo total calculado.

C_{mij} son los costos unitarios ponderados en el modo m para los viajes de la zona i a la zona j .

V_{mij} es la cantidad de viajes estimados de la zona i a la zona j por unidad de tiempo (para nuestro caso la unidad de tiempo es el día), para el modo m .

P_j es la producción de viajes estimada para la zona j

A_i es la atracción de viajes estimada para la zona i

CAPITULO 2

PROCEDIMIENTOS

2.1 METODO PARA EL ANALISIS DE EFICIENCIA EN LA DISTRIBUCION DE VIAJES ENTRE ZONAS

Supóngase que se tienen "n" zonas en un área, entonces habrá una matriz n x n de costos unitarios cotidianos de viajes desde el punto de vista del consumidor C_{ij} diarios. los cuales pueden ser calculados en base a las distancias, la mezcla modal del transporte, el combustible promedio gastado por vehículo, el tiempo de viaje entre zonas, la tarifa del transporte en camiones, etc., según la ecuación 1-3.

Como resultado del modelo de estimación existe un vector de n dimensiones de la producción de viajes $P_0=(P_{01},P_{02},\dots,P_{0n})$ y uno de atracción $A_0=(A_{01},A_{02},\dots,A_{0n})$. De acuerdo con esto existirá una matriz n x n de viajes V_{0ij} de la zona "i" a la zona "j". El costo diario de producción estará dado por la ecuación :

$$CT_0 = \sum_m \sum_i \sum_j C_{mij} V_{mij} \quad (2-1)$$

La nomenclatura ya ha sido descrita al describir la ecuación 1-6.

El subíndice "0" ó la letra minúscula "o" indicarán que será la estimación inicial tal y como se cree están sucediendo las cosas en el área.

V_{0ij} no representa la distribución óptima de viajes, entonces podemos encontrar la matriz de viajes óptima V_{fij} minimizando el costo total de los viajes en un día según la ecuación 1-6. La letra minúscula "f" nos indicará que serán los valores obtenidos después de la optimización.

El problema básicamente es el del transporte y puede ser resuelto mediante el método simplex del transporte ya que ahorra una buena cantidad de cálculos con respecto al método simplex, lo cual es importante sobre todo si no se cuenta con un equipo con suficiente memoria (Bronson, 1983).

La diferencia entre CT_0 (antes de la optimización) y CT (resultado de la optimización) será un buen indicador de la eficiencia del sistema económico en cuanto al transporte.

2.1.1 APLICACION AL AREA METROPOLITANA DE MONTERREY EN 1991

Al área metropolitana de Monterrey la he dividido en 98 zonas, éstas corresponden a la unión de aproximadamente 3 zonas definidas por el C.E.T lo cual se encuentra definido en el Apéndice 2

Para calcular los costos unitarios comencé analizando los estudios y supuestos realizados en el C.E.T los cuales se pueden resumir en lo siguiente:

Primero tenemos que los costos asignados a los viajes pueden ser calculados según la distancia recorrida en Kilómetros y el tiempo de viaje en minutos. Se utilizarán estas unidades porque el C.E.T. cuenta con la matriz de distancia entre zonas d_{ij} en kilómetros y las matrices de tiempos en camión y en automóvil " $t_{c;ij}$ " y " $t_{a;ij}$ " respectivamente en minutos. De aquí que los costos en auto, camión y en general para los diferentes tipos de modos sean diferentes.

Para un automóvil el costo promedio estimado en *mantenimiento* en 1991 era de \$100 pesos por kilómetro y en gasolina de \$130 pesos (vigentes en 1991). Entonces el costo total en cuanto a kilometraje se tomó como $Cad = \$230$ pesos por kilómetro. Por otro lado si tomamos el costo de la hora de viaje como la del salario promedio resulta que costaría \$1,360 pesos por hora (se tomó el salario promedio en 1991 de 2.3 veces el salario mínimo el cual era en promedio \$14,190 pesos diarios). En el costo del tiempo se incluyó la depreciación de un auto en promedio la cual se tomó como \$380 pesos por

hora. Por lo que el costo total en cuanto al tiempo se estimó en \$1,740 pesos por hora ó $Cat = \$29$ pesos por minuto.

Hay que remarcar que es importante realizar estudios más detallados en cuanto a los costos de los diferentes medios y marcas y su distribución por zonas, para tener un resultado con mayor exactitud.

Para el camión de pasajero, el usuario paga una tarifa que, en promedio en 1991 sería de $T = \$660$ pesos ya que el 20% de los usuarios era estudiante y pagaba \$500 pesos mientras que los demás pagaban \$700 pesos.

El segundo costo que paga el pasajero es el tiempo que pudiera aprovechar en otra actividad. Tomando otra vez el costo del tiempo como \$1,360 pesos por hora llegamos a calcular el costo por minuto en $Cct = \$23$ pesos.

Por otro lado el C.E.T. tiene la información disponible en cuanto a viajes en auto " va_{ij} " y en camión " vc_{ij} ", distancias entre zonas " d_{ij} " y tiempos en automóvil " ta_{ij} " y en camión " tc_{ij} " para trasladarse entre ellas. Así es que el costo unitario total fue calculado de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$c_{ij} = \{ v_{aij} (d_{ij} * Cad + Cat * ta_{ij}) + v_{c_{ij}} (T + Cct * tc_{ij}) \} / (v_{aij} + v_{c_{ij}}) \quad (2-2)$$

para $v_{aij} \neq 0$ y $v_{c_{ij}} \neq 0$

$$c_{ij} = \{ (d_{ij} * Cad + Cat * ta_{ij}) + (T + Cct * tc_{ij}) \} / 2 \quad (2-3)$$

para $v_{aij} = 0$ y $v_{c_{ij}} = 0$

La ecuación 2-2 se refiere al costo promedio ponderado por viaje, y se calculó así por la capacidad limitada de cómputo para realizar la operación posterior de optimización (Teniendo un mejor esquema de sistemas se puede realizar la optimización con los costos separados por modo y por motivo, por lo que tendríamos un resultado más exacto).

La ecuación 2-3 se usó cuando por alguna razón no se estimaron viajes rutinarios entre una zona y otra, ya que el hecho de que el modelo de estimación no nos arroje posibles viajes no implica que éstos no se puedan realizar. Por consiguiente tenemos que los costos calculados por esta ecuación no son ponderados y se considera una probabilidad de 0.5 de que algún viaje sea en camión y la restante en carro.

Ahora bien, no podemos poner costo unitario cero porque en primer lugar si alguien quisiera ir de una zona a otra el tiempo y la distancia

implicarían un costo y en segundo lugar al optimizar la distribución de viajes habría una concentración ficticia en estas zonas lo cual nos impediría visualizar mejor el resultado.

La matriz de costos unitarios no es simétrica, ya que la mezcla modal no es uniforme entre una zona y otra.*

Los vectores de producción y de atracción pueden ser calculados a partir de la matriz de viajes estimados por el C.E.T.

Entonces de acuerdo a la ecuación 2-1 el costo total CT_0 de los viajes cotidianos para el área metropolitana de Monterrey en 1991 resulta de \$6,448,044,000 pesos diarios. Estos cálculos fueron realizados mediante una hoja de cálculo en Excel (Microsoft Corporation,1992).

Utilizando el método simplex del transporte podemos encontrar el costo mínimo requerido en los viajes cotidianos y la distribución óptima de viajes. Para esto se utilizó el paquete "QSB" Quantitative Systems for Business (Chang y Sullivan,1987) ya que su manejo de memoria facilitó las operaciones y tiene la opción de usar el método mencionado.

* El autor pone a disposición del lector cuando éste los solicite todos los datos utilizados para la realización de los estudios de este trabajo

En el siguiente cuadro 2.1 se muestra parte de la distribución óptima de los viajes cotidianos V_{ij} en la cual se puede observar la concentración de los viajes en dos o tres zonas contiguas.

CUADRO 2.1 Distribución Óptima de Viajes (primeras 10 Zonas)

| <i>DE</i> | <i>A</i> | <i>VIAJES</i> |
|-----------|-----------|---------------|
| Z1 | Z1 | 8776 |
| Z1 | Z5 | 1333 |
| Z1 | OTRA ZONA | 0 |
| Z2 | Z2 | 15325 |
| Z2 | Z5 | 19814 |
| Z2 | OTRA ZONA | 0 |
| Z3 | Z3 | 18070 |
| Z3 | Z5 | 13901 |
| Z3 | OTRA ZONA | 0 |
| Z4 | Z4 | 15541 |
| Z4 | Z5 | 11675 |
| Z4 | OTRA ZONA | 0 |
| Z5 | Z5 | 5616 |
| Z5 | Z6 | 10850 |
| Z5 | Z10 | 8432 |
| Z5 | OTRA ZONA | 0 |
| Z6 | Z6 | 9148 |
| Z6 | Z7 | 5872 |
| Z6 | Z23 | 15665 |
| Z6 | Z94 | 2177 |
| Z6 | OTRA ZONA | 0 |
| Z7 | Z7 | 24725 |
| Z7 | OTRA ZONA | 0 |
| Z8 | Z7 | 1655 |
| Z8 | Z8 | 10578 |
| Z8 | Z9 | 1449 |
| Z8 | OTRA ZONA | 0 |
| Z9 | Z9 | 26416 |
| Z9 | OTRA ZONA | 0 |
| Z10 | Z11 | 14643 |
| Z10 | Z12 | 794 |
| Z10 | OTRA ZONA | 0 |

Esta distribución óptima es la "ideal" bajo las condiciones que actualmente se presentan y representa un punto de referencia para la estimación de la ineficiencia.

El costo total mínimo "CT" resultó en \$3,980,814,000 pesos diarios. Entonces la ineficiencia del sistema "I" la podemos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$I = (CT_0 - CT) / CT_0 \quad (2-4)$$

La cual resulta del 38.26%.

Es importante remarcar que esta estimación es únicamente para camión y automóvil y no estamos calculando el costo de las externalidades. De aquí que si consideramos todos los medios la ineficiencia puede ser aún mayor. Chavarría (1994) estima que usando el Sistema de Transporte Integrado propuesto para optimizar simultáneamente el beneficio para los usuarios, autoridades y operadores se podría disminuir un 50% de los costos de viaje, lo cual desde esta perspectiva es factible.

Villarreal (1994) estima que las deficiencias detectadas en el sistema del transporte, alcanzan los N\$ 550' 000,000 al año. En la estimación que

se acaba de realizar $CT_0 - CT = \text{N\$ } 2,467,230$ nuevos pesos diarios los cuales anualizándolos nos resultan alrededor de $\text{N\$ } 900'000,000$ al año. En los cuales no solo se incluyen los mismos costos del transporte sino también a los que se deben a la configuración inadecuada de las zonas, pero aún sin considerar los costos de las externalidades y de otros medios.

Nótese también que estos últimos costos corresponden al ideal óptimo, el cual es difícil de alcanzar y que con este tipo de herramienta podemos calcular los valores máximos que se pudieran alcanzar debido a la ineficiencia.

2.2 RELACION DE LA PRODUCCION Y ATRACCION DE VIAJES CON OTRAS VARIABLES ECONOMICAS

Para poder evaluar las diferentes alternativas de acción y optimizar los costos cotidianos del viajero urbano es necesario conocer las relaciones que existen entre los viajes y las variables económicas que los provocan (Daniels y Wames, 1983). Aquí distinguiremos dos modelos : el de atracción y el de producción de viajes

Previamente se suponía que las ecuaciones son del tipo polinomial, en las que se encontraran términos con la multiplicación de variables elevadas a diferentes potencias. Esto es debido a que tanto la atracción como la

producción de viajes posiblemente sea el resultado de la combinación de los efectos de diferentes variables como las propuestas a continuación.

2.2.1 PRODUCCION DE VIAJES

Supóngase aquí que la producción de viajes "P" es función de "n" variables económicas, es decir :

$$P = f(x_1, x_2 \dots, x_n) \quad (2-5)$$

Para el área metropolitana de Monterrey en 1991 he encontrado tres variables que pueden explicar la producción de viajes: la primera es el ingreso por persona , ya que se espera que si éste es mayor las personas tendrán acceso a modos (autos) que les permitan viajar más, con menos tiempo, y la cantidad de veces que sea necesario. La segunda es la población económicamente activa (PEA), ya que si una zona tiene más personas que estén ligadas a la actividad productiva estas tendrán que viajar al menos por motivos de trabajo. La tercera y última variable es "personas por vivienda" ya que entre más personas convivan en una familia hay una mayor tendencia a la movilidad.

Después de una serie de intentos, he encontrado que el mejor modelo sigue la siguiente ecuación :

Si x_1 es personas por vivienda promedio por zona

x_2 es ingreso por persona promedio por zona

x_3 es PEA en la zona.

$$f_1 = x_1 x_3 / 1000$$

$$f_2 = (x_1 x_2^2) / (1000)^3$$

$$\text{Entonces } P = \beta_0 + \beta_1 (f_1)^{1/2} + \beta_2 (f_2) + e_1 \quad (2-6)$$

Donde : β_0 , β_1 y β_2 son los coeficientes a encontrar y "e₁" es el término de error en la ecuación de regresión.

Esta ecuación puede ser parte de una ecuación polinomial más grande en donde otros términos no han podido ser detectados quizás por la forma del muestreo o por la situación temporal de la ciudad. Una de sus características es la relación cruzada de variables más básicas, así la producción de viajes P depende de f_1 que es la multiplicación de x_1 y x_3 y de f_2 que según el análisis dimensional es halgo así como la multiplicación de ingreso por persona e ingreso por vivienda.

Los datos de la producción de viajes "P" corresponden al área metropolitana de Monterrey en 1991 y fueron calculados a partir de la misma información proporcionada por el C.E.T. y las demás variables : personas por vivienda, ingresos por persona y PEA fueron calculados a partir del XI censo de población y vivienda de 1990 para Monterrey (INEGI,1990).

En la regresión resulta una R-cuadrada de 0.28. En el análisis de varianza el estadístico F resulta 18.507 con lo que se rechaza la hipótesis nula de que los coeficientes de la ecuación son cero, ya que el valor crítico es de 3.09 al 5% de significancia (Johnston, 1991). Los coeficientes encontrados y sus características se muestran en el siguiente cuadro 2.2:

CUADRO 2.2 Característica de los coeficientes del modelo de producción

| Variable | Coeficiente | Error estándar | Estadístico t | Correlación Parcial |
|---------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| $(f_1)^{1/2}$ | 4330 | 1909 | 2.27 | 0.23 |
| f_2 | 0.31 | 0.064 | 4.82 | 0.44 |
| constante | 5032.9 | 5288.5 | 0.95 | 0.097 |

Los coeficientes de las variables de la ecuación son consistentes individualmente ya que todos pasan la prueba t al menos a un nivel de

significancia del 95% en donde el valor crítico de t es 1.96 para los datos mostrados. El resultado fué obtenido mediante el uso del paquete econométrico Shazam (White et al, 1988) y se muestra completamente en el Apéndice 3.

2.2.2 ATRACCIÓN DE VIAJES

Se supone también que la atracción de viajes "A" es función de "m" variables económicas, es decir :

$$A = f(z_1, z_2, \dots, z_m) \quad (2.7)$$

Para el área metropolitana de Monterrey en 1991 he encontrado cinco variables que pueden explicar en conjunto la atracción de viajes: el área habitacional, ya que al estar viviendo personas en una zona se asegura la atracción de viajes por diversos motivos, los datos son para 1993 y me fueron proporcionados por el C.E.T. . El número de comercios y de bancos fueron construídos a partir de los datos proporcionados por la CANACO (Cámara Nacional de Comercio en Monterrey) para 1993; es importante remarcar aquí que para realizar esta construcción se desarrolló la relación de colonias por AGEB (definidas por el INEGI) y AGEBs por zonas (definidas por el C.E.T).

Se definió un índice industrial el cual fue construido multiplicando el número de empresas por el de empleados en cada zona y los datos fueron obtenidos de la CAINTRA (Cámara de la Industria de la Transformación) para 1993.

Después de probar varios modelos, el mejor que encontré es :

Si z_1 es el área habitacional
 z_2 es el número de comercios
 z_3 es el número de bancos
 z_4 es el índice industrial

Entonces:

$$A = \alpha_0 + \alpha_1 (z_2)^6 + \alpha_2 (z_1 z_3)^{1/2} + \alpha_3 z_4^6 + e_2 \quad (2-8)$$

Donde $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ y α_3 son los coeficientes a encontrar y "e₂" es el término de error en la ecuación de regresión. Se encontró una R-cuadrada de 0.398 lo cual me parece una buena aproximación. El estadístico F del análisis de varianza resultó de 20.717 por lo que rechazamos la hipótesis nula de que

los coeficientes son cero. Los coeficientes de la ecuación y sus características se muestran en el siguiente cuadro 2.3 :

CUADRO 2.3 Características de los coeficientes del modelo de atracción

| Variable | Coeficiente | Error estándar | Estadístico t | Correlación Parcial |
|-------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|
| $(z_2)^6$ | 0.18E-12 | 0.44E-13 | 4.17 | 0.39 |
| $(z_1 z_3)^{1/2}$ | 3.285 | 0.983 | 3.34 | 0.33 |
| z_4^6 | 0.59E-35 | 0.14E-35 | 4.38 | 0.41 |
| constante | 16482 | 1888.2 | 8.73 | 0.67 |

Siguiendo un nivel de significancia de 0.05 encontramos que cada uno de los coeficientes pasa la prueba "t" en la que el valor crítico es de 1.96. El resultado completo dado por el paquete de econometría Shazam es dado en el Apéndice 4.

Nuevamente encontramos que ésta pudiera ser parte de una ecuación polinomial, pero en la que algunos factores no han sido lo suficientemente significativos para ser presentados.

2.3 EVALUACION DE ACCIONES A SEGUIR

Si se aceptan las ecuaciones 2-6 y 2-8 como válidas, tenemos que las ecuaciones 2-5 y 2-7 son ciertas, es decir:

$$P = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \text{y} \quad A = f(z_1, z_2, \dots, z_m)$$

Si en alguna zona se desea evaluar un cambio en algunas variables económicas x_i y z_i podemos calcular inversamente los valores estimados de P_f y A_f y averiguar si las acciones se dirigen hacia una reducción de los costos cotidianos del viajero o si por el contrario empeoran la situación actual. Para esto es necesario no perder de vista cual es la situación óptima ideal bajo las circunstancias que se presentan.

El costo óptimo de ninguna manera significará que los costos de viaje disminuyen en términos reales. El equilibrio indicará el punto en el cual se alcanza el costo mínimo percibido por todos los viajeros en cada par origen destino (Chavarría, 1994).

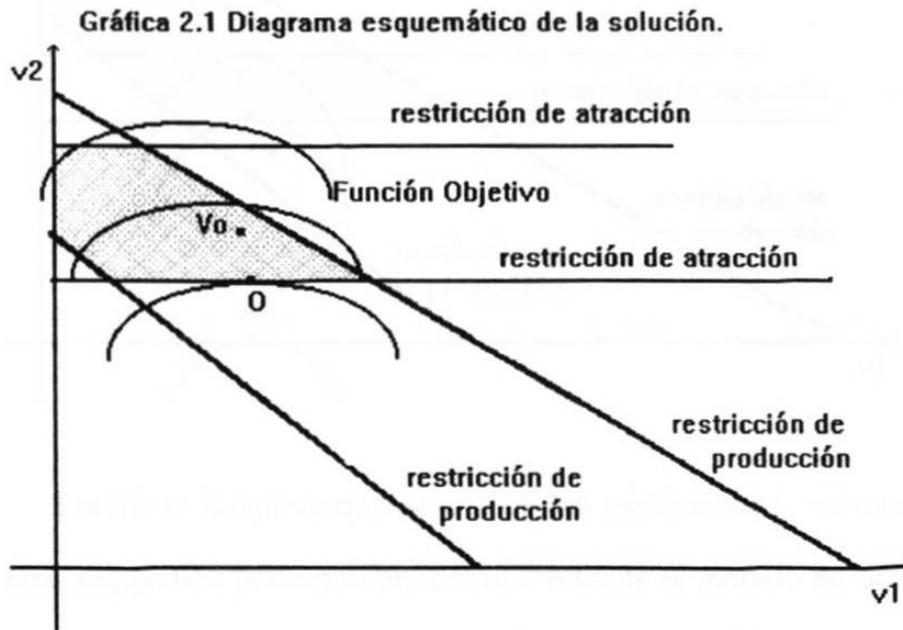
Lo que se propone mediante el modelo es que las variables económicas como PEA, personas por vivienda, área vial, comercios, empresas industriales, etc., influyen directactamente en las restricciones ; mientras que las tarifa del

transporte público, el costo de la gasolina, la depreciación de los autos, el cambio en los modos alternativos de transporte, etc influyen directamente en los costos unitarios por viaje y directamente en la función objetivo. Esto amplía o reduce la capacidad de optimización de los costos cotidianos en el sistema.

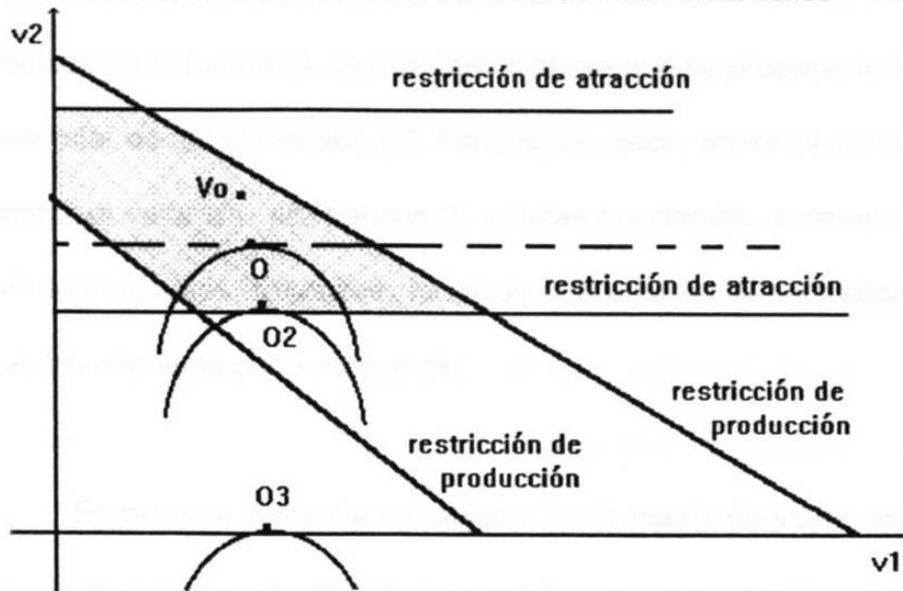
Analizando el tipo de solución que tiene este modelo se tienen que mencionar los principios matemáticos en los que se sustenta. Sea V el conjunto de todas las soluciones factibles al programa lineal estándar de la ecuación 1.6, entonces V es un conjunto convexo ya que en la teoría de la programación lineal se demuestra el teorema que dice que el espacio de solución de un conjunto de ecuaciones lineales simultáneas es un conjunto convexo que tiene un número finito de puntos extremos. Entonces la función objetivo logra su óptimo en un punto extremo de V siempre y cuando dicho óptimo exista (Bronson, 1991).

A continuación daré una explicación esquemática del modelo que se propone. En la gráfica 2.1 se muestra una función objetivo de costos y las líneas de restricción de producciones de viaje P y atracciones de viaje A . El punto " V_0 " representa la situación actual en el movimiento de viajes entre zonas y " O " el óptimo del sistema bajo esas circunstancias (óptimo local). En la gráfica 2.2 se muestra el efecto de variar los valores de las restricciones y de que manera se encuentra el nuevo valor óptimo representado en este caso por

O2. En la misma figura se muestra el óptimo absoluto O3, el cual se pudiera obtener liberando completamente las restricciones.



Gráfica 2.2 Efecto en el cambio de valores en las restricciones



Entonces tenemos que si una de las restricciones es modificada para un área específica podemos encontrar mediante el modelo de optimización los puntos óptimos, compararlos contra la situación real y establecer índices de eficiencia.

Esto se entenderá mejor mediante el siguiente ejemplo.

2.3.1 EJEMPLO DE EVALUACION CON CAMBIOS PROPUESTOS EN LAS ATRACCIONES

Ubicándonos en la zona 6, sus valores actuales en la función de atracción viajes son: viajes: 19,998 , área habitacional 1,256,500 m² , área

vial: 224,360 m², comercios: 38, bancos: 0, empresas industriales: 0, y empleos en industria: 0. Supongamos ahora que se propone instalar un centro comercial de 10 comercios y 2 bancos, es decir, ahora la variable comercios tomará el valor de 48, bancos 2 y todas las demás permanecerán con sus valores originales. Entonces tenemos que analizar si esta situación mejorará nuestro esquema o lo empeorará.

En primera instancia se observa en la matriz de viajes actual " V_0 ", que los viajes internos dentro de la zona 6 son menores (711) que los que se producen a otras áreas como por ejemplo a la zona 3 a la que se producen 5,659 viajes desde ésta. También observamos que en el ideal óptimo, se sugiere tener, de acuerdo a las actuales circunstancias, al menos 9,148 viajes internos. Podríamos suponer que el instalarse un nuevo centro comercial atraería más viajes internos y el resultado tendería al óptimo deseado, es decir, tendríamos ahorros sociales.

Entonces al calcular la nueva capacidad de atracción de la zona " $A6_f$ ", la cual usando la ecuación 2.8 sería de 21,689 viajes estimados y modificar este dato en el modelo de optimización nos resulta que el costo mínimo es de \$3,964,606,000 diarios el cual es aún menor que el anterior encontrado

Aquí cabe hacer varias observaciones: en primer lugar no hay que olvidar que cuando agregamos viajes de atracción a la zona 6, estos tienen que provenir de alguna parte y como ésto no se ha definido, el modelo crea una zona falsa que produce el excedente que se está marcando pero con un costo de envío cero, con lo que justificamos parte de la diferencia en el costo óptimo. La segunda observación es que debemos de definir aquí que la capacidad de atraer viajes no significa que éstos sean atraídos en su totalidad, por lo que no es necesario "gastar" todos los viajes extra asignados a la variable falsa. Por último sabemos que el punto de costo mínimo se puede mover al variar las condiciones de restricción y que si éste último es menor que el anterior se amplían las posibilidades de optimización del sistema.

El caso extremo es que todas las zonas tengan una capacidad ilimitada de atracción de viajes, lo cual querrá decir que el consumidor encontrará toda la variedad y mezcla de productos, servicios, oportunidades de empleo y recreación en la propia zona haciéndolo que cotidianamente no salga de ella, es decir, el resultado es que todos los viajes que se produzcan serán internos con lo cual encontraremos el costo mínimo absoluto desde el punto de vista de las atracciones. En nuestro caso, al correr el modelo con esta última característica resulta un costo mínimo absoluto de :

$$CT_m = \$3,244.326,000 \text{ diarios.}$$

Si comparamos esta cantidad contra el costo cotidiano encontrado tenemos:

$$CT_0 - CT_m = \$6,448,044,000 - \$3,244,326,000 = \$3,203,718,000 \text{ diarios}$$

En porcentaje esto representa el 49.68% de ineficiencia.

Por esto decimos que un cambio en las políticas macro o microeconómicas tendrá efectos sobre la movilidad metropolitana (Chavarría, 1994).

Ahora bien, de acuerdo a la discusión estamos esperando que los viajes internos aumenten, y quizás esta sea también la idea de los nuevos comerciantes. Pero, realmente ése es el reto: hacer que la mezcla de productos y servicios sea satisfactorio a la zona que está siendo dirigida.

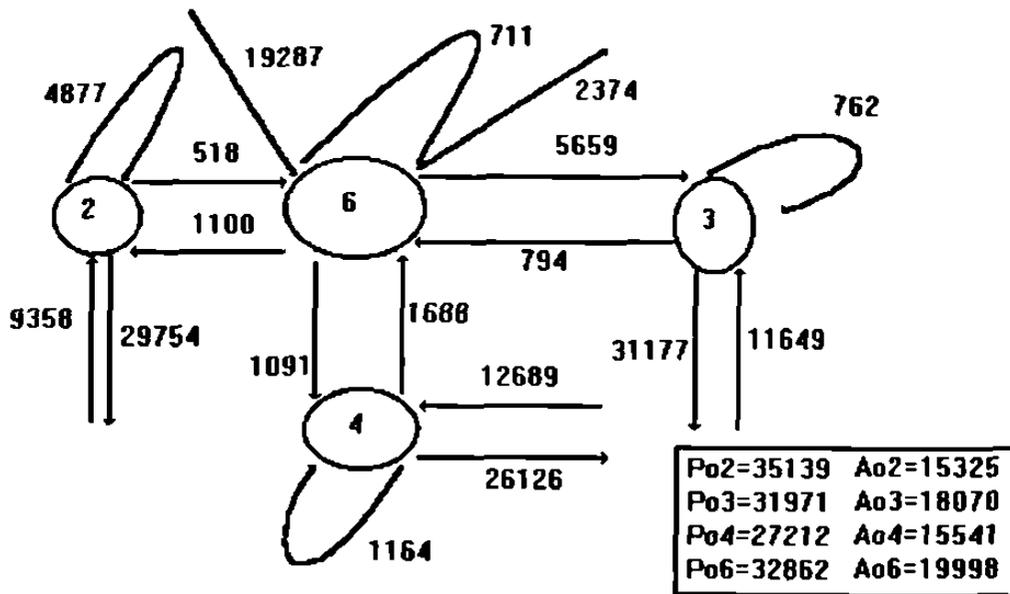
Es decir, en el modelo solo se especifican los números, pero se espera que los empresarios cuenten con la información perfecta como para que atraigan exactamente la cantidad de viajes necesarios.

En caso de que alguna modificación en las capacidades resulte en costos mínimos más elevados, la solución será inadecuada porque reduce el campo de posibilidades de optimización del sistema

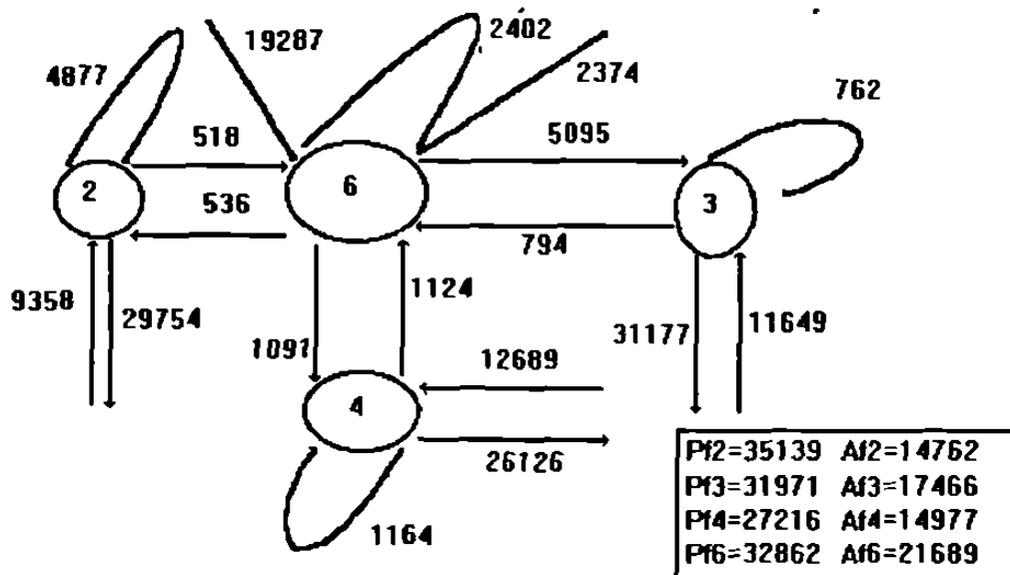
Siguiendo con nuestro ejemplo, supongamos también, que se tienen ya estimados los cambios en los valores de atracción y producción de viajes en cada zona que este nuevo centro comercial provocaría (generalmente éstos son parte de los estudios de mercado que se realizan previamente), entonces podríamos estimar también el ahorro en los costos cotidianos.

La gráfica 2.3 muestra la situación actual entre las zonas 2, 3, 4 y 6, mismas que se supone serán alteradas en su esquema de viajes según lo muestra la gráfica 2.4.

Gráfica 2.3 Distribución inicial de viajes en las zonas 2,3, 4 y 6.



Gráfica 2.4 Distribución estimada de viajes en las zonas 2,3,4 y 6 debido a la instalación del nuevo centro comercial.



Nótese que de acuerdo a los cambios propuestos lo único que se ve afectado son las atracciones de las zonas involucradas y no hay cambios en las producciones de viajes. Si calculamos nuevamente los costos totales, con

los cambios propuestos en la distribución de viajes, nos resulta un ahorro de \$1,148,000 pesos diarios ó \$ 419,000,000 pesos anuales.

De aquí concluimos que el centro comercial propuesto y la nueva distribución estimada nos llevaría a una mejora en los costos totales del viajero urbano.

Para el caso ejemplificado la situación mejoraría y se aceptaría la instalación del centro comercial.

Nótese aquí que hemos permitido que los niveles de atracción de las zonas cambien por el efecto del cambio en una, lo cual nos lleva a pensar que en un modelo dinámico las atracciones pueden depender fuertemente de los cambios en las atracciones de otras zonas cercanas.

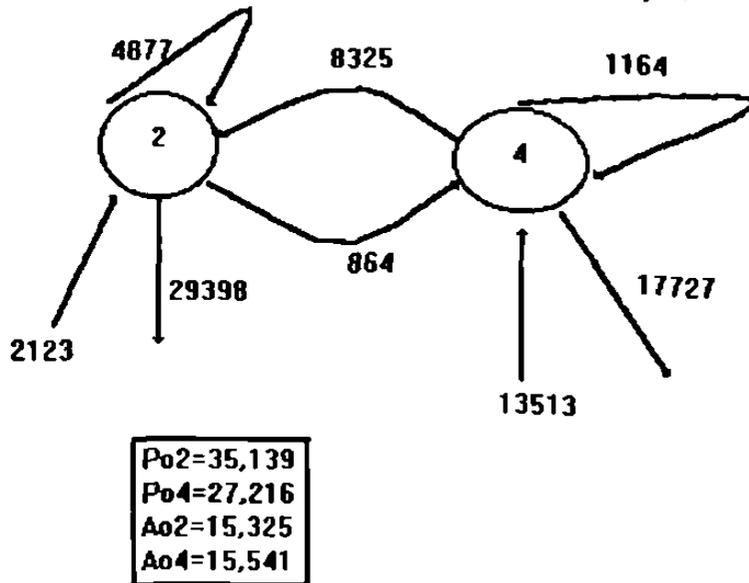
Existen todavía problemas por resolver, por ejemplo, si estimamos la cantidad de viajes iniciales mediante el modelo de atracción resultaría que en la zona 6 deberíamos de tener 16,482 viajes cuando en realidad tenemos 19,998. Esto nos refleja la necesidad de que las ecuaciones de regresión puedan ajustarse y predecir con buena exactitud los valores a ser usados en el modelo de optimización. Y esto aún no lo he logrado.

2.3.2 EJEMPLO DE EVALUACION CON CAMBIOS EN LA PRODUCCION DE VIAJES

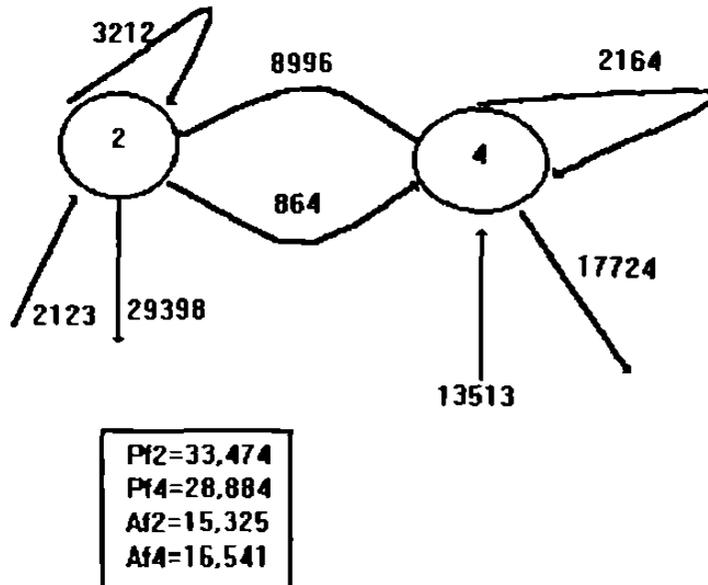
Situémonos en la zona 4 la cual produce 27,216 viajes cotidianos, tiene un promedio de 4.99 personas por vivienda, el ingreso promedio por persona es de 2.93 salarios mínimos y la población económicamente activa PEA es de 5994. Supongamos que se quiere desarrollar una colonia en donde se espera tener un incremento de 200 personas económicamente activas provenientes de la zona 2. Con esto la zona 4 disminuiría su promedio de personas por vivienda a 4.9. Inicialmente la zona 2 tiene 35,139 viajes cotidianos con un promedio de personas por vivienda de 4.89, un ingreso promedio por persona de 2,94 salarios mínimos y una PEA de 8,941 pero con el cambio esperado la nueva PEA sería de 8,741 y habría un cambio en el promedio de personas por vivienda a 4.88. Usando la ecuación 2-6 encontramos los valores estimados, para la zona 2 de 33,474 y para la zona 4 de 28,887.

La gráfica 2.5 muestra el esquema actual de viajes entre la zonas 2 y 4, mientras que la gráfica 2.6 muestra la distribución de viajes esperada según los cambios propuestos.

Gráfica 2.5 Distribución de viajes en las zonas 2 y 4.



Gráfica 2.6 Distribución esperada de viajes en las zonas 2 y 4, según los cambios propuestos.



Al calcular los costos totales esperados con los cambios se obtiene que éstos aumentan en \$2,382,000 pesos diarios, mientras que al calcular el nuevo punto óptimo éste cambia a \$3,983,321,000. lo cual es superior al costo óptimo estimado con el sistema sin cambios, por lo que podemos concluir que

los cambios propuestos cierran las posibilidades de optimización del sistema total.

Esto no quiere decir, que si aumentamos la producción de viajes en una zona nos va a llevar directamente a un aumento en los costos. Por ejemplo si aumentamos 1000 viajes más a la zona 6 y encontramos el costo óptimo este resultaría de \$3,976,058,000 pesos, el cual es menor que los \$3,980,814,000 estimados sin ninguna modificación a las restricciones.

Nótese como en este caso, los cambios en los niveles de producción entre las dos zonas provocaron cambios en los de atracción, por lo que supongo que debe de haber una relación entre las producciones de viajes de una zona a otra y el nivel de atracción de las más cercanas lo cual deberá de verse reflejado en un modelo dinámico y abierto.

Un caso extremo en las restricciones de producción sería proponer niveles de producción de viajes muy elevados y mantener los de atracción. La situación que tendríamos sería un lugar en donde existe tantas personas disponibles para la actividad económica de la zona que no sería necesario en la cotidianidad mandar traer otras personas de otras zonas, con lo que nuevamente encontramos un óptimo absoluto pero desde el punto de vista de la producción de viajes. Para el área metropolitana de Monterrey en 1991 éste

resultaría de $CT = \$3,364,140,000$ pesos el cual es mayor que el obtenido desde el punto de vista de las atracciones y representa el 47.8% de la ineficiencia del sistema

Ninguno de los dos óptimos absolutos calculados son los ideales perseguidos, el calculado desde el punto de vista de la atracción, representaría una inversión muy elevada para tener la mezcla de recursos propuesta y el calculado desde el punto de vista de la producción implica desempleo y no toma en cuenta los viajes realizados por ociosidad.

CAPITULO 3

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MODELO

El presente modelo representa una conceptualización de la problemática del transporte en general para cualquier ciudad, pero como resultado de los estudios realizados en Monterrey en 1991.

Relaciona algunas variables económicas importantes a las funciones de atracción y de producción, mismas que se incluyen al problema para la minimización de costos. Es decir, existe la integración de los principales conceptos en un todo que le llamaré modelo.

Los criterios se norman de acuerdo al costo social de los viajes cotidianos al estimar los costos actuales y los costos óptimos ideales.

Puede estimar los costos mínimos relativos y absolutos y con esto el cálculo del nivel de ineficiencia que servirá de indicador para la totalidad del sistema.

Presenta una metodología de evaluación de alternativas económicas basada en la utilización de los modelos de regresión para la producción y la atracción de viajes

El modelo de optimización está claramente definido, y ayuda a ubicar e identificar las variables en la función objetivo y las de las restricciones. Sirve de base para modelos futuros que tengan mayores expectativas de uso.

Pero cuenta con las siguientes desventajas:

La restricción más grande que tiene es que se basa en modelos estáticos, cuando el uso que se pretende dar es dinámico. Para esto es necesario coleccionar datos históricos que nos permitan de una manera confiable construir otros con más exactitud y que contemplen el pronóstico.

Otra desventaja es la falta de solidez en la estimación de los costos. Es necesario estar realizando continuamente estudios de costos en el transporte para calcular no solamente los valores sino las funciones involucradas en los diferentes modos y para los diferentes motivos.

Por otro lado, a pesar que los datos fueron tomados y manejados con todo el cuidado posible, muchos errores pudieran ser encontrados. Uno de

ellos es el que, aunque todos los datos provengan de un solo período de la vida de una ciudad: 1990-1993, no todas las variables son del mismo año.

Debo de aclarar que en el presente trabajo se presentó un modelo reducido y ésto en sí ocasionaba ciertos problemas en la estimación, porque al ir agregando datos de colonias a AGEBs y luego a zonas del C.E.T. y por último a las zonas definidas en este trabajo los promedios se han suavizado tanto que aparentemente no hay suficiente diferencia entre los de una zona y otra.

Otra desventaja es que los datos de algunas variables como el número de comercios, empleados, industria, etc. no se mantienen en bases de datos sino que se van modificando con el tiempo y no tienen la suficiente desagregabilidad deseada, por lo que se dificulta el realizar un estudio en el tiempo.

Una desventaja muy seria es que se requieren buenos modelos de regresión en los que los viajes puedan ser predecibles con un pequeño error y por experiencia se sabe que esto es especialmente difícil de conseguir.

Ahora bien, el hecho de tener una encuesta origen destino en general y no para actividades específicas en el tiempo nos hace tener también menos

precisión en el modelo presentado y otras variables de interés no han podido ser incluidas porque su efecto no se ha visto reflejado en los modelos de regresión propuestos

3.2 CONCLUSIONES

En conclusión, el modelo presentado puede servir de guía para medir la eficiencia del sistema y evaluar las acciones a seguir, las desventajas que se presentan pueden ser remediadas con más y mejores estudios.

En el ejemplo citado se ha podido estimar la ineficiencia del sistema en 38.26 % solo para los medios de camión y automóvil y sin considerar los costos de las externalidades. Esta ineficiencia se obtiene comparando los costos actuales contra el ideal óptimo, por lo que podemos pensar que no estamos hablando de un promedio sino del máximo valor.

Si las capacidades de producción y de atracción de viajes tienden al infinito, podemos encontrar óptimos absolutos que representarían los casos en los que o las personas no tengan que salir cotidianamente de su zona por encontrar todo lo que necesitan en ésta o las empresas encuentran todos sus recursos en la misma zona. Se observa que éstas situaciones no son los

ideales porque representarían costos excesivos ya sea del productor o del consumidor respectivamente.

El modelo arroja también la distribución óptima de viajes, en la que se puede observar que ésta implica una mayor concentración de actividades en áreas de aproximadamente del tamaño de dos zonas.

En el modelo presenta a las producciones y atracciones como dependientes de variables económicas. Las ecuaciones de regresión sugieren que son efecto de su interacción, es decir, se presentan términos de variables elevadas a cierta potencia multiplicadas entre sí, aunque por posibles efectos del muestreo o del momento en que fueron tomados los datos, se presentan solo algunos términos, pero se espera que sean más.

Al evaluar los efectos los cambios en las zonas, observamos que no necesariamente se manejan de la misma forma en atracciones como en producciones. El tener cambios en las variables de atracción no implica que se tengan cambios en la producción de viajes de las zonas involucradas, pero el tener cambios en la producción implicará necesariamente cambios en los niveles de atracción, por lo que concluimos que para un modelo dinámico, las atracciones dependerán de los cambios en las producciones de viajes. Lo cual también sugiere que las ecuaciones pudieran ser simultáneas

3.3 EL MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN EL TRANSPORTE

Si nos enfocamos en el modelo de optimización descrito por la ecuación 1.6, las acciones y alternativas pueden ser enmarcadas ya sea en la función objetivo o en las restricciones. Algunas, desde 1991 a la fecha ya han sido realizadas pero es importante identificarlas dentro del modelo.

Con el objetivo de mejorar la función objetivo (minimizar los costos) se tiene el continuar buscando modos alternativos de transporte más baratos, como lo fue la construcción de metro. El mejorar las condiciones de calles y carreteras para reducir los costos de mantenimiento. La instalación de rutas que pasarán por más zonas como lo son las periféricas. Promover el uso racional de los vehículos. Promover la organización de rutas que permitan más y mejores conexiones, etc. Ya que todas estas actividades impactan directamente a los costos unitarios inscritos en la función objetivo.

Con respecto a la modificación de las restricciones (la capacidad de producción y atracción en las zonas) está el determinar la mezcla óptima de productos y servicios e incentivar su instalación en cada zona, en esto entra la micro zonificación. Incentivar y promover las actividades cotidianas en los barrios. Dar información sobre los modos y costos alternativos de zona a zona para evitar el problema de la falta de información. Incentivar la actividad

industrial y comercial por zonas para abastecerse de mano de obra, proveedores y clientes preferentemente dentro de la zona Mayor vialidad en las zonas por ejemplo la instalación de corredores de transporte (Chavarria, 1994), etc. son actividades económicas que aumentan o reducen los niveles de atracción y de producción (Si acaso es aceptado que la relación existe)

El ideal óptimo se encuentra en los extremos en donde la mezcla de recursos en cada zona es suficiente como para no buscar cotidianamente ningún otro afuera y obligar a que los viajes se realicen en forma interna. Pero en la realidad los recursos están limitados y aunque se busque las mezclas óptimas a lo más que se puede aspirar "idealmente" es a óptimos locales enmarcados por las zonas de restricciones.

Los efectos de las políticas macro y micro económicas, se dejan sentir directamente en cada parte del modelo obligando al viajero urbano a cambiar continuamente sus esquemas de viaje.

Se entiende que el modelo debería de plantearse como dinámico y abierto para estudiar los niveles de atracción y de producción como interdependientes uno del otro y de las demás variables económicas incluyendo el tiempo.

3 4 SUGERENCIAS

Hay otros aspectos por desarrollar dentro de la metodología presentada. Uno de ellos es el desarrollar mejores modelos de atracción y producción de viajes, ya que estos nos servirán para calcular los efectos de las acciones propuestas. En estudios posteriores es importante probar con nuevas variables dependientes ya que si bien el número de viajes es un buen indicador de los niveles tanto de producción como de atracción, éste pudiera estar ligado a la magnitud de algunas variables como el área total , la población, etc. por lo que se perdería la característica intrínseca buscada.

Por ejemplo, si una zona tiene mayor población y tiene un área mayor que otra es de esperarse que produzca más viajes, pero si lo ponderamos por población ó por área obtendríamos un índice de producción cuyo sentido será diferente al de solamente contabilizar los viajes.

Por otro lado, es importante agregar nuevas variables económicas de interés para encontrar los cambios esperados en el número de viajes debido a acciones dirigidas a modificar las primeras. Pero para esto es necesario implementar nuevas metodologías de muestreo que permitan medir con mayor exactitud sus efectos.

También es importante seguir probando con variables alternativas a las ya usadas para mejorar la calidad de las predicciones

Por último, es interesante comentar que la matriz de viajes V_0 representa en sí un instrumento valioso y puede tener múltiples usos. Si la transformamos dividiendo cada elemento entre la cantidad total de viajes, podemos obtener una matriz de probabilidades de que una persona viaje de una zona a otra y con la de costos unitarios podemos solucionar problemas básicos de redes como por ejemplo el encontrar las rutas de mínimo costo entre dos zonas cualesquiera, lo cual ayudaría a seguir planteando estrategias en el transporte enfocadas a la minimización de los costos del viajero urbano.

APENDICE 1

ENCUESTA DE ORIGENES Y DESTINOS CONSEJO ESTATAL DEL TRANSPORTE

CONSEJO ESTATAL DEL TRANSPORTE

ENCUESTA DE ORIGENES Y DESTINOS

FOLIO _____

DATOS DE IDENTIFICACION:

1. Localización

1.1 Dirección.

| | | | |
|-------------|--------------|--------------|------|
| Calle | No. Exterior | No. Interior | Zona |
| Entre Calle | y | Calle | |
| Colonia | Municipio | Teléfono | |
| AGEB | Manzana | Estrato | |

1.2 Nombre del Entrevistado

1.3 Encuestador

1.4 Fecha de Entrevista

1.5 Supervisor

3 - Disponibilidad de Vehículos.

3.1. Cuántos automóviles tiene la familia?

3.2. Cuántas camionetas tiene la familia?

3.3. Cuántas motocicletas tiene la familia?

3.4. La empresa le proporciona automóvil?

3.4.1. Lo trae a casa?

3.5. Que otros tipos de vehículos tiene la familia para uso regular?

4 Viajes que se realizaron el día de ayer

4.1 Viajes de la persona No _____ de ayer

| No | Hora de Salida | Lugar de Origen, Sube | Lugar al donde llega Dirección o Señas | Motivo de Viaje | Seguimiento | En que se transporta | Cuadras a pie para llegar | Tiempo de espera | Tiempo de viaje | Cuanto Gasto? | Lugar de tránsito | No Ocupantes en el vehículo (Auto o Escolar) | Cuadras a pie para llegar a su destino final | Tien por de viaje total | No de viajes a la semana que realiza este viaje | Tiempo que tarda en hacer el viaje | Cuanto Gasto | | | |
|----|----------------|-----------------------|--|-----------------|-------------|----------------------|---------------------------|------------------|-----------------|---------------|-------------------|--|--|-------------------------|---|------------------------------------|--------------|--|--|--|
| 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |

Si hay mas viajes anotar en el reverso

5.- Uso de ecotaxi

5.1. Antes de que existieran los ecotaxis, que medio utilizaba para viajar? _____

5.2. Cuántas veces a la semana los miembros de su familia usan Ecotaxi? _____

5.2. Cuáles fueron los motivos por los que usaron Ecotaxi? _____

5.4. Uso de Ecotaxis la Semana Pasada?

| Uso de Ecotaxi | No. de Ecotaxis Abordados | Cuadras a Pie | Tiempo de espera |
|----------------------|---------------------------|---------------|------------------|
| Casa a Trabajo | | | |
| Trabajo a Casa | | | |
| Casa a Otro lugar | | | |
| Otro lugar a Casa | | | |
| Trabajo a Otro lugar | | | |
| Otro lugar Trabajo | | | |

6.- Equipamiento de la Vivienda

6.1. La vivienda es:

| | 1.- Si 2.- No |
|---------------------|------------------|
| 1.- Propia? | |
| 2.- Rentada? | |
| 3.- Otra Situación? | |

6.2. Tipo de vivienda: _____

6.3. No. de cuartos de la vivienda: _____

Observaciones: _____

PARENTESCO

- 1 Jefe
- 2 Esposo(a)
- 3 Hijo(a)
- 4 Padre o Madre
- 5 Hermano(a)
- 6 Nieto(a)
- 7 Sin relación
- 8 Otros

EDUCACION

1. No sabe leer ni escribir
2. Sabe leer sin haber ido a la escuela
3. Primaria
4. Secundaria
5. Carrera Comercial con Secundaria
6. Carrera Comercial sin Secundaria
7. Carrera Técnica con Secundaria
8. Carrera Técnica sin Secundaria
9. Preparatoria
10. Profesional
11. Otros

POSICION EN EL TRABAJO

1. Obrero
2. Empleado
3. Vendedor
4. Profesional Independiente
5. Trabajador por cuenta propia
6. Empleado (a) Domestico (a)
7. Patron o Empresario
8. Otros

ACTIVIDAD DEL NEGOCIO

1. Industria Extractiva
2. Industria Manufacturera
3. Comercio
4. Educación
5. Banca
6. Gobierno
7. Servicios

ZONA

1. My Centro
2. My Sur
3. My Norte
4. San Bernabé
5. Guadalupe
6. San Nicolás
7. Escobedo
8. San Pedro
9. Santa Catalina
10. Apodaca
11. Otros

TIPO DE TRANSPORTE

- 1- 299 Camión Local
- 300 Camión Foráneo
- 301 Pecera
- 302 Metro
- 303 Automóvil
- 304 Ecolaxi
- 305 Otros Medios
- 306 Ninguno

MOTIVO

- 1 Trabajo
- 2 Escuela
- 3 Diversion/Vista Familiar
4. Compras
5. Salud
- 6 Llevar Pasaje
- 7 Regreso a Casa
- 8 Otros

TIPO DE ESTACIONAMIENTO

- 1 De la empresa
- 2 Edificio Local
- 3 En la calle con parquimetro
- 4 En la calle sin parquimetro
- 5 Otros

TIPO DE VIVIENDA

- 1 Casa Individual
- 2 Casa no Individual
- 3 Edificio de 2 a 4 viviendas
- 4 Edificio de 5 a 10 viviendas
- 5 Edificio de más de 5 viviendas

APENDICE 2

REAGRUPACION DE ZONAS DEL CET

APENDICE 2

| REAGRUPACION DE ZONAS DEL C.E.T. | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--------------|-----|-----|------------|-----|-----|--------------|-----|-----|
| AREA METROPOLITANA DE MONTERREY 1991 | | | | | | | | | | | |
| NUEVA ZONA | | | ZONAS C.E.T. | | | NUEVA ZONA | | | ZONAS C.E.T. | | |
| 1 | | | 1 | 2 | 3 | 50 | 146 | 147 | 148 | | |
| 2 | | | 4 | 5 | 6 | 51 | 149 | 150 | 151 | | |
| 3 | | | 7 | 8 | 9 | 52 | 152 | 153 | 154 | | |
| 4 | | | 10 | 11 | 12 | 53 | 155 | 156 | 157 | | |
| 5 | | | 13 | 14 | | 54 | 158 | 159 | 160 | | |
| 6 | | | 15 | 16 | | 55 | 161 | 162 | 163 | | |
| 7 | | | 17 | 18 | 19 | 56 | 164 | 165 | 166 | | |
| 8 | | | 20 | 21 | 22 | 57 | 167 | 168 | 169 | | |
| 9 | | | 23 | 24 | 25 | 58 | 170 | 171 | 172 | | |
| 10 | | | 26 | 27 | 28 | 59 | 173 | 174 | 175 | | |
| 11 | | | 29 | 30 | 31 | 60 | 176 | 177 | 178 | 179 | |
| 12 | | | 32 | 33 | | 61 | 180 | 181 | 182 | | |
| 13 | | | 34 | 35 | | 62 | 183 | 184 | 185 | | |
| 14 | | | 36 | 37 | 38 | 63 | 186 | 187 | 188 | | |
| 15 | | | 39 | 40 | 41 | 64 | 189 | 190 | | | |
| 16 | | | 42 | 43 | 44 | 65 | 191 | 192 | 193 | | |
| 17 | | | 45 | 46 | 47 | 66 | 194 | 195 | 196 | | |
| 18 | | | 48 | 49 | 50 | 67 | 197 | 198 | 199 | | |
| 19 | | | 51 | 52 | 53 | 68 | 200 | 201 | 202 | | |
| 20 | | | 54 | 55 | 56 | 69 | 203 | 204 | 205 | | |
| 21 | | | 57 | 58 | 59 | 70 | 206 | 207 | 208 | 209 | |
| 22 | | | 60 | 61 | 62 | 71 | 250 | 211 | 212 | | |
| 23 | | | 63 | 64 | 65 | 72 | 213 | 214 | 215 | | |
| 24 | | | 66 | 67 | 68 | 69 | 73 | 216 | 217 | 218 | |
| 25 | | | 70 | 71 | 72 | | 74 | 219 | 220 | 221 | |
| 26 | | | 73 | 74 | 75 | | 75 | 222 | 223 | 224 | |
| 27 | | | 76 | 77 | 78 | | 76 | 225 | 226 | 227 | |
| 28 | | | 79 | 80 | 81 | 82 | 77 | 228 | 229 | 230 | |
| 29 | | | 83 | 84 | 85 | | 78 | 231 | 232 | 233 | |
| 30 | | | 86 | 87 | 88 | | 79 | 234 | 235 | 236 | |
| 31 | | | 89 | 90 | 91 | | 80 | 237 | 238 | 239 | |
| 32 | | | 92 | 93 | 94 | | 81 | 240 | 241 | 242 | |
| 33 | | | 95 | 96 | 97 | | 82 | 243 | 244 | 245 | |
| 34 | | | 98 | 99 | 100 | | 83 | 246 | 247 | 248 | |
| 35 | | | 101 | 102 | 103 | | 84 | 249 | 250 | 251 | |
| 36 | | | 104 | 105 | 106 | | 85 | 252 | 253 | 254 | |
| 37 | | | 107 | 108 | 109 | | 86 | 255 | 256 | 257 | |
| 38 | | | 110 | 111 | 112 | | 87 | 258 | 259 | 260 | |
| 39 | | | 113 | 114 | 115 | | 88 | 261 | 262 | 263 | |
| 40 | | | 116 | 117 | 118 | | 89 | 264 | 265 | 266 | |
| 41 | | | 119 | 120 | 121 | | 90 | 267 | 268 | 269 | |
| 42 | | | 122 | 123 | 124 | | 91 | 270 | 271 | 272 | |
| 43 | | | 125 | 126 | 127 | | 92 | 273 | 274 | 275 | |
| 44 | | | 128 | 129 | 130 | | 93 | 276 | 277 | 278 | |
| 45 | | | 131 | 132 | 133 | | 94 | 279 | 280 | 281 | 282 |
| 46 | | | 134 | 135 | 136 | | 95 | 283 | 284 | 285 | |
| 47 | | | 137 | 138 | 139 | | 96 | 286 | 287 | 288 | |
| 48 | | | 140 | 141 | 142 | | 97 | 289 | 290 | 291 | |
| 49 | | | 143 | 144 | 145 | | 98 | 292 | 293 | | |

APENDICE 3

**RESULTADOS DEL MODELO DE
PRODUCCION**

APENDICE 3
 RESULTADOS DEL MODELO DE PRODUCCION
 MEDIANTE EL PAQUETE COMPUTACIONAL SHAZAM

UNIT 6 IS NOW ASSIGNED TO spr1
 _GENR F2=SQRT(X1)*SQRT(X3)
 _GENR F6=(X2**2)*X1
 _GENR F8=(P)
 _OLS F8 F2 F6/RSTAT

REQUIRED MEMORY IS PAR= 11 CURRENT PAR= 278
 OLS ESTIMATION
 98 OBSERVATIONS DEPENDENT VARIABLE = F8
 NOTE SAMPLE RANGE SET TO 1, 98

R-SQUARE = 0.2804 R-SQUARE ADJUSTED = 0.2652
 VARIANCE OF THE ESTIMATE = 0.87780E+08
 STANDARD ERROR OF THE ESTIMATE = 9369.1
 MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 22821
 LOG OF THE LIKELIHOOD FUNCTION = -1033.76

MODEL SELECTION TESTS - SEE JUDGE ET AL (1985, P 242)
 AKAIKE (1969) FINAL PREDICTION ERROR- FPE = 0.90467E+08
 (FPE ALSO KNOWN AS AMEMIYA PREDICTION CRITERION -PC)
 AKAIKE (1973) INFORMATION CRITERION- AIC = 18.320
 SCHWARZ(1978) CRITERION-SC = 18.400

| ANALYSIS OF VARIANCE - FROM MEAN | | | | |
|----------------------------------|-------------|----|-------------|--------|
| | SS | DF | MS | F |
| REGRESSION | 0.32490E+10 | 2 | 0.16245E+10 | 18.507 |
| ERROR | 0.83391E+10 | 95 | 0.87780E+08 | |
| TOTAL | 0.11588E+11 | 97 | 0.11947E+09 | |

| ANALYSIS OF VARIANCE - FROM ZERO | | | | |
|----------------------------------|-------------|----|-------------|---------|
| | SS | DF | MS | F |
| REGRESSION | 0.54287E+11 | 3 | 0.18096E+11 | 206.150 |
| ERROR | 0.83391E+10 | 95 | 0.87780E+08 | |
| TOTAL | 0.62626E+11 | 98 | 0.63904E+09 | |

| VARIABLE NAME | ESTIMATED COEFFICIENT | STANDARD ERROR | T-RATIO 95 DF | PARTIAL CORR | STANDARDIZED COEFFICIENT | ELASTICITY AT MEANS |
|---------------|-----------------------|----------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| F2 | 4330.0 | 1909.0 | 2.2682 | 0.2267 | 0.20510 | 0.53631 |
| F6 | 0.31029 | 0.64397E-01 | 4.8184 | 0.4432 | 0.43570 | 0.24315 |
| CONSTANT | 5032.9 | 5288.5 | 0.95167 | 0.0972 | 0.00000E+00 | 0.22054 |

DURBIN-WATSON = 1.6182 VON NEUMAN RATIO = 1.6349 RHO = 0.18839
 RESIDUAL SUM = 0.38290E-09 RESIDUAL VARIANCE = 0.87780E+08
 SUM OF ABSOLUTE ERRORS = 0.67789E+06
 R-SQUARE BETWEEN OBSERVED AND PREDICTED = 0.2804
 RUNS TEST 51 RUNS, 43 POSITIVE, 55 NEGATIVE NORMAL STATISTIC = 0.3577
 COEFFICIENT OF SKEWNESS = 0.7797 WITH STANDARD DEVIATION OF 0.2438
 COEFFICIENT OF EXCESS KURTOSIS = 1.7330 WITH STANDARD DEVIATION OF 0.4830

GOODNESS OF FIT TEST FOR NORMALITY OF RESIDUALS - 6 GROUPS
 OBSERVED 3 0 6 0 46 0 32 0 6 0 5 0
 EXPECTED 2 2 13 3 33 4 33 4 13 3 2 2
 CHI-SQUARE = 16.5015 WITH 1 DEGREES OF FREEDOM
 _LSTOP

APENDICE 4

RESULTADOS DEL MODELO DE
ATRACCION

APENDICE 4
 RESULTADOS DEL MODELO DE ATRACCION
 MEDIANTE EL PAQUETE COMPUTACIONAL "SHAZAM"

UNIT 6 IS NOW ASSIGNED TO sar1

_GENR F2=(Z2)**6
 _GENR F3=(SQRT(Z1*Z3))
 _GENR F6=(Z4)**6
 _GENR F7=(A)

_OLS F7 F2 F3 F6/RSTAT

REQUIRED MEMORY IS PAR= 18 CURRENT PAR= 278
 OLS ESTIMATION
 98 OBSERVATIONS DEPENDENT VARIABLE = F7
 NOTE SAMPLE RANGE SET TO 1, 98

R-SQUARE = 0 3980 R-SQUARE ADJUSTED = 0 3788
 VARIANCE OF THE ESTIMATE = 0 18099E+09
 STANDARD ERROR OF THE ESTIMATE = 13453
 MEAN OF DEPENDENT VARIABLE = 22821
 LOG OF THE LIKELIHOOD FUNCTION = -1068 70

MODEL SELECTION TESTS - SEE JUDGE ET AL (1985 P 242)
 AKAIKE (1969) FINAL PREDICTION ERROR- FPE = 0 18838E+09
 (FPE ALSO KNOWN AS AMEMIYA PREDICTION CRITERION -PC)
 AKAIKE (1973) INFORMATION CRITERION- AIC = 19 054
 SCHWARZ(1978) CRITERION-SC = 19 159

| ANALYSIS OF VARIANCE - FROM MEAN | | | | |
|----------------------------------|-------------|----|-------------|--------|
| | SS | DF | MS | F |
| REGRESSION | 0 11249E+11 | 3 | 0 37497E+10 | 20 717 |
| ERROR | 0 17013E+11 | 94 | 0 18099E+09 | |
| TOTAL | 0 28263E+11 | 97 | 0 29137E+09 | |

| ANALYSIS OF VARIANCE - FROM ZERO | | | | |
|----------------------------------|-------------|----|-------------|--------|
| | SS | DF | MS | F |
| REGRESSION | 0 62287E+11 | 4 | 0 15572E+11 | 86 035 |
| ERROR | 0 17013E+11 | 94 | 0 18099E+09 | |
| TOTAL | 0 79301E+11 | 98 | 0 80919E+09 | |

| VARIABLE NAME | ESTIMATED COEFFICIENT | STANDARD ERROR | T-RATIO 94 DF | PARTIAL CORR | STANDARDIZED COEFFICIENT | ELASTICITY AT MEANS |
|---------------|-----------------------|----------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| F2 | 0 18387E-12 | 0 44114E-13 | 4 1680 | 0 3949 | 0 35244 | 0 45113E-01 |
| F3 | 3 2851 | 0 98347 | 3 3403 | 0 3257 | 0 28219 | 0 19755 |
| F6 | 0 59203E-35 | 0 13502E-35 | 4 3846 | 0 4121 | 0 35163 | 0 35097E-01 |
| CONSTANT | 16482 | 1888 2 | 8 7289 | 0 6691 | 0 00000E+00 | 0 72224 |

DURBIN-WATSON = 1 4682 VON NEUMAN RATIO = 1 4834 RHO = 0 26087
 RESIDUAL SUM = -0 36198E-09 RESIDUAL VARIANCE = 0 18099E+09
 SUM OF ABSOLUTE ERRORS= 0 98008E+06
 R-SQUARE BETWEEN OBSERVED AND PREDICTED = 0 3980
 RUNS TEST 33 RUNS, 34 POSITIVE 64 NEGATIVE NORMAL STATISTIC = -2 7834
 COEFFICIENT OF SKEWNESS = 1 4390 WITH STANDARD DEVIATION OF 0 2438
 COEFFICIENT OF EXCESS KURTOSIS = 2 5658 WITH STANDARD DEVIATION OF 0 4830

GOODNESS OF FIT TEST FOR NORMALITY OF RESIDUALS - 10 GROUPS
 OBSERVED 00 00 10 26 037 0 140 80 60 30 30
 EXPECTED 08 27 78 156 221 221 156 78 27 08
 CHI-SQUARE = 39 4680 WITH 4 DEGREES OF FREEDOM
 LSTOP

BIBLIOGRAFIA

Brail K Richard. 1989 Microcomputers in Urban Planning and Management. Center for Urban policy Research. New Jersey U S.A.

Bronson Richard. 1983. Investigación de Operaciones. Editorial Mc. Graw-Hill. Serie Schaum. México

Button K.J. 1982. Transport Economics Heinemann Educational Books Ltd. London.

Chang Yih-Ling y Sullivan Robert. 1987. QSB. Quantitative Systems for Business. Versión 3.0. Prentice Hall, Inc. N.J. USA.

Chavarría Garza Carlos. 1993. Modelación en Transporte y Vialidad Urbanas, enfoque usado por el CET. " El Viajero Urbano". Consejo Estatal del Transporte de Nuevo León. Edición Especial. Consejo Estatal del Transporte. Monterrey, N.L. México. Agosto pp 2-5.

Chavarría Garza Carlos 1994 Integración de Sistemas de Transporte. Ensayos Volumen XIII, número 2 Facultad de Economía. Centro de Investigaciones Económicas U A N L. Monterrey, N L México. Noviembre pp 59.

Daniels P W. y Warnes A M. 1983. Movimiento en Ciudades Transporte y Tráfico Urbanos . Colección Nuevo Urbanismo. Instituto de Estudios de Administración Local Madrid España.

Frank. J Popper. 1991. LP/HC and LULUs: The Political Uses of Risk Análisis in Land-Use Planning . Resolving Locational Conflict. Edited by Robert W. Lake. Center for Urban Policy Research. New Jersey. U.S.A.

Gonzalez Roldan Antonio Valdes. 1965. Ingeniería de Tráfico. Editorial Dossat. 3a Edición.México.

Johnston J. 1991.Econometric Methods. Third Edition. Mc. Graw Hill International Editions.

Kain John y El-Hifnawi. 1994. Modal Split model for the work trip in Monterrey. Ensayos. Volumen XIII, número 2. Facultad de Economía. Centro de Investigaciones Económicas. U.A.N.L Monterrey, N.L México. Noviembre pp 101

Microsoft Corporation. 1992. Microsoft Excel. Microsoft Corporation. USA

Quintanilla Ernesto. 1982. Economía de los Transportes Primera Parte. Centro de Investigaciones Económicas, Facultad de Economía, U.A.N.L. Monterrey, N.L. México.

Stopher Peter R. y Meyburg Arnim H. 1975. Urban Transportation Modeling and Planning. Lexington Books. U.S.A.

Thomson J.M. 1976. Teoría Económica del Transporte. Alianza Aditorial. Madrid, España.

Villarreal Rodríguez Hernán. 1994. Ineficiencia y Equidad en el Sistema de Autobuses de Pasajeros de Monterrey. Ensayos. Volumen XIII, número 2. Facultad de Economía. Centro de Investigaciones Económicas. U.A.N.L. Monterrey, N.L. México. Noviembre pp 153.

White Kenneth J. et al. 1988. Shazam. Econometrics Computer Program. User's Reference Manual. Versión 6.1 Mc Graw Hill Book Company. Canadá.

