

Este documento fue digitalizado como producto del proyecto BIBLIOTECA DIGITAL, a cargo de la Biblioteca y del Laboratorio de Geomática del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Baja California.



Advertencia:

En este proceso se encontraron documentos incompletos, con páginas ilegibles, entre otros errores, atribuibles al documento impreso y no a la digitalización.

UNA APROXIMACION AL ANALISIS  
ESTRUCTURAL DE LOS FLUJOS DE  
TRANSPORTE URBANO.  
MEXICALI. BC. 1991.

Alumno.

Ing. Luis Morales Ballesteros.

Director de tesis.

M.C. Martha Stamatis Maldonado.

Jurado examinador.

Presidente.

Secretario.

Sinodal.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA.  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES.  
MAESTRIA EN CIENCIAS SOCIALES APLICADAS OPCION:  
DESARROLLO URBANO Y REGIONAL.

Mexicali. B.C. 1993.

(017-01-93)

ADQUIRIDO por **DONACION**

Fecha de Ingreso **APR 11 1997**

REG \_\_\_\_\_

CLASIFIC. \_\_\_\_\_

NOTACION \_\_\_\_\_

No. ELEM. \_\_\_\_\_

EJEMPLAR \_\_\_\_\_

BIBLIOTECA

INST. INVEST.  
SOCIALES

U. A. B. C.

INDICE

## INDICE

Página.

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| PREFACIO                                                | 5   |
| CAPITULO I.- ANALISIS URBANO Y MODELOS GRAVITACIONALES. | 7   |
| INTRODUCCION                                            | 8   |
| LO URBANO                                               | 9   |
| MODELOS DE ANALISIS URBANO                              | 13  |
| MODELOS GRAVITACIONALES                                 | 15  |
| EL PRIMER MODELO GRAVITACIONAL DE DISTRIBUCION          | 17  |
| DERIVACIONES DEL MODELO A PARTIR DE LA ESTADISTICA Y    |     |
| EL MODELO GRAVITACIONAL CLASICO DE TRANSPORTE DE WILSON | 18  |
| FORMULACION GENERAL DEL MODELO GRAVITACIONAL DE ALONSO  | 19  |
| CONTRIBUCIONES POSTERIORES AL MODELO GENERAL DE         |     |
| GRAVITACION                                             | 22  |
| CAPITULO II.- ANTECEDENTES DE LA URBANIZACION EN        |     |
| MEXICALI                                                | 26  |
| ASPECTOS HISTORICOS                                     | 27  |
| ASPECTOS DEMOGRAFICOS                                   | 29  |
| ACTIVIDADES ECONOMICAS                                  | 39  |
| CAPITULO III.- DISTRIBUCION DE LOS FLUJOS DEL           |     |
| TRANSPORTE URBANO                                       | 49  |
| ESPECIALIZACION SECTORIAL POR TIPO DE ACTIVIDAD         | 55  |
| INTERACCION SECTORIAL                                   | 65  |
| CAPITULO IV.- INTERACCION DE LOS FLUJOS DEL             |     |
| TRANSPORTE URBANO                                       | 72  |
| MODELO GRAVITACIONAL DE DOBLE RESTRICCION               | 73  |
| DIAGRAMA DE COLIN LEE                                   | 85  |
| CONCLUSIONES SOBRE EL USO DEL MODELO                    | 88  |
| BIBLIOGRAFIA                                            | 101 |

## AGRADECIMIENTOS.

El suscrito expresa su agradecimiento al personal administrativo del Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Baja California, Unidad Mexicali, especialmente a Laura, Tani, Aurora y Noely.

A Ana María Avilez, iniciadora de esta incursión en un mundo para mí desconocido, a Rosa Imelda Rosas que me dió ánimos y respaldo, a Agustín Sandez por sus sugerencias, amistad y participación decidida; de particular manera y con toda mi estimación por su amabilidad, confianza, paciencia y comprensión a Martha Stamatis; a Gabriel, a Pablo, en general a todos los investigadores de este Centro que compartieron sus experiencias e inquietudes conmigo, tanto dentro de las aulas como en el trato diario.

A Moisés Galindo y Héctor, por su ayuda eficaz, clara y oportuna.

A Edna, Dolores, Lupita, Willie y Alex, que con su juvenil estado de ánimo y participación de sus conocimientos me ayudaron a mantener el ritmo y para los cuales guardo un grato recuerdo y una deuda personal.

Al Ing. Humberto Bastidas, Director de la Escuela de Ingeniería-Mexicali, por las facilidades otorgadas y su buena disposición para poder continuar de estudiante.

Al Conacyt, por recordarme sutilmente cada mes que debería seguir en la escuela.

A Tere, mi esposa por compartir su tiempo con el Instituto.

Luis Morales Ballesteros.

## PREFACIO

La planificación del transporte es solo una parte del proceso de planificación de ciudades o regiones, pero es una parte importante. Casi todo lo que hacemos depende en mayor o menor medida del transporte.

Por tanto, la planificación de los usos del suelo, del empleo, de la educación, debe estar relacionada con los medios de transporte, aunque la planificación del transporte no debe imponer una determinada distribución de usos del suelo.

Los problemas que pueda crear un transporte eficaz estan casi siempre en conflicto con la planificación del medio ambiente, y las necesidades de éste a menudo tienen mayor importancia.

La planificación del transporte es un intento de predecir el tipo de distribución de viajes en diferentes areas servidas por diferentes sistemas de transporte.

No puede hablarse de que la planificación del transporte sea una ciencia exacta, desde el momento en que se intentan aplicar relaciones matemáticas a la descripción de los desplazamientos de los individuos, cuyos recorridos particulares no obedecen a reglas que puedan ser expresadas matemáticamente.

A pesar de todo, ciertas técnicas, siempre que sean utilizadas correctamente, pueden servirnos para establecer criterios cuantitativos susceptibles de ser aplicados a una serie de diferentes cursos de acción a seguir o a la evaluación de propuestas particulares sobre el transporte.

En las páginas siguientes trataremos de utilizar uno de los metodos convencionales mas utilizados en la planeación del transporte, mostrando sus alcances y limitaciones.

Existen dos tendencias extremas ante el estudio del transporte. En una de ellas se piensa que todos los problemas pueden ser resueltos mediante las matemáticas; en la otra se cree que en el mejor de los casos, los modelos no son mas que un pobre sustituto para el sentido común.

La planeación del transporte no soluciona todos los problemas, cuando se aplica apropiadamente y se interpreta con inteligencia nos ayuda a intuir las consecuencias de los diferentes cursos de acción.



CAPITULO I

ANALISIS URBANO  
Y  
MODELOS GRAVITACIONALES.

## 1.- ANALISIS URBANO Y MODELOS GRAVITACIONALES.

### 1-1.- Introducción.

Los modelos gravitacionales, como otros modelos matemáticos, pueden aplicarse con tres propósitos diferentes: llevar a cabo un análisis estructural, que nos permite conocer las relaciones entre las variables involucradas; realizar pronósticos, que nos dan las variaciones que resultarían como consecuencia, por un lado, de la incorporación de ciertas modificaciones -naturales- que se presentaran en el futuro, y por otro, al modificar deliberadamente las condiciones reales por condiciones supuestas; y por último, para evaluar políticas, lo que nos permitiría estimar que sucedería si cambiamos una reglamentación ya establecida.

En nuestro caso el propósito de aplicar un modelo gravitacional es realizar un análisis estructural, describir el comportamiento de los flujos de transporte urbano.

Los modelos de gravedad presentan algunos problemas en su aplicación, de los cuales el principal es que carecen de una teoría de lo urbano, y se sustentan en la sola analogía de las ciencias físicas con las ciencias sociales. Por ejemplo Schneider (1959) señala que el problema principal es que estos modelos no proporcionan explicaciones y ni siquiera intentan hacerlo; y que, pese a que son capaces de describir la interacción, no son capaces de explicarla.

Los modelos gravitacionales, "...aunque inadecuados, están entre los mejores de cuantos se dispone actualmente..."

(Lee. 1973: p.95). Aunque esta afirmación fue hecha hace mas de dos décadas, sigue siendo totalmente válida, por un lado por que aun carecen de una teoría de lo urbano, a pesar de los intentos hechos para teorizar a partir de algunas regularidades empíricas; y por lo otro, por que el desarrollo de las computadoras y la informática, junto a ser " los mas usados entre los modelos de interacción (Haynes et al. 1988), permiten obtener descripciones con precisión y confiabilidad, a pesar de ser <sup>0</sup>medelos que utilizan muy pocas variables y que no permiten generar explicaciones ni conocer relaciones de causalidad.

#### II-2.- Lo urbano.

Si bien desde la antigüedad existieron importantes ciudades, el fenómeno urbano moderno tiene sus raíces en la revolución industrial, iniciada en Inglaterra en el siglo XVII. Las zonas urbanas surgen como resultado de la necesidad de concentración espacial de los factores productivos, a partir de cierto nivel de desarrollo económico y social. La producción industrial, al requerir de la concentración espacial de población, de insumos y de productos, hizo necesaria su movilización, ademas de la que ya se hacia entre las diferentes localidades, al interior de éstas, dando lugar al transporte intraurbano.

La distribución espacial de la areas urbanas es una función directa de la relación distancia-costos, por lo que las relaciones inter e intraurbanas deben atender a elementos

de transporte y comunicación que tiendan a optimizar el movimiento de personas, bienes e información.

Podemos distinguir tres tipos de razones que ejercen influencia sobre las distribuciones espaciales urbanas (Goodall, 1977): a)- cuando las áreas urbanas aparecen en localizaciones estratégicas de las redes de transporte, dando lugar a una pauta puramente lineal; b)- como resultado de concentraciones de actividades especializadas, dando lugar a la formación de centros especializados; y c)- como lugares centrales que satisfacen las necesidades de los servicios que presenta una zona de influencia, dando lugar a distribuciones regulares.

Como de hecho se presentan combinados estos tres tipos de razones, la relación entre el tamaño y el espaciamiento de las áreas urbanas da lugar a una distribución irregular, donde las áreas están vinculadas entre sí por las relaciones económicas existentes.

En la actualidad, se presentan diversas teorías del conocimiento de lo urbano. La teoría positivista, basada en el método de las ciencias naturales, busca la generalización y la obtención de leyes como medio de explicación y de pronóstico, (Harvey, 1969). Esta teoría asume que existe un orden identificable en el mundo material y recurre a símbolos abstractos, como las matemáticas y la estadística, para representarlo, (Johnston, 1980 a).

En este enfoque, se tiende a enfatizar los patrones espaciales del fenómeno urbano, en su distribución o en su

interacción. Para la representación escrita de la distribución espacial se pueden considerar cuatro categorías: Puntos, Redes, Superficies y Regiones.

Los Puntos representan en el plano los diferentes lugares de interés -como mercados, escuelas, bancos- que cuando actúan de acuerdo se presentan arracimados, o se presentan mas o menos dispersos si están en competencia; las redes representan por medio de líneas las diferentes vías de comunicación, diferenciandose los nodos o puntos de entrecruzamiento en sus zonas de interconexión, reflejando los flujos de tráfico de la ciudad o región; las superficies se representan por medio de isolíneas que indican la densidad de población, los niveles de ingreso u otra característica importante; y las regiones que comprenden áreas territoriales de condiciones naturales o sociales semejantes, que pueden ser intraurbanas si estan dentro de los límites de la ciudad o interurbanas si se dan en un sistema de ciudades.

Las regiones pueden ser uniformes y nodales(funcionales) las primeras representan patrones o características comunes en sus componentes, como por ejemplo, niveles semejantes de ingreso, educación y tamaño familiar; las segundas se caracterizan por una diferenciación funcional que genera fuerte interacción hacia dentro. En las ciudades se presentan patrones de interacción espacial, como movimientos de carácter temporal, por ejemplo los viajes para ir de compras, en lo que hace a su comportamiento como consumidores; o, los cambios de residencia como movimientos permanentes,

considerando los usos y precios del suelo y el valor de las casas habitación.

El enfoque positivista de la interacción espacial ha sido criticado en sus principales supuestos: por la suposición de que las ciencias sociales pueden generar leyes a manera de regularidades empíricamente confirmadas (Sayer, 1982); por suponer que el discurso científico es neutral o libre de valores (Gregory, 1978); y la suposición de que las leyes pueden generarse donde el espacio se considera independiente del tiempo y la materia (Sack, 1980). Por otro lado, la teoría del comportamiento enfatiza el proceso de toma de decisiones de las personas para moverse dentro de la ciudad, para lo que deben aprender, reconocer, obtener información y formarse una actitud, lo que genera los diferentes patrones espaciales de la ciudad. Esta corriente, al concentrarse en las diferencias y rechazar las similitudes, no puede participar en el desarrollo de una teoría verificable; mas bien se presenta como una crítica a la tendencia de abstracción extrema de la tradición positivista (Entrikin, 1976).

Y la teoría estructuralista, que enfatiza el ambiente político-económico en el que se toman las decisiones. Por ejemplo, en el mercado de transporte no son los usuarios los que deciden el tipo de servicio sino los prestadores del servicio y los agentes públicos y privados que intervienen en la implementación de las redes de transporte. Este enfoque considera las relaciones de poder y la intervención

gubernamental decisivas en los asuntos urbanos.

### 3.- MODELOS DE ANALISIS URBANO.

En consecuencia, es dentro de la tradición positivista que se desarrollan los modelos simbólicos como representaciones de la realidad, que se obtienen al separar una parte del mundo real y fijarla en el tiempo, a través de ecuaciones matemáticas. Sin embargo, en los modelos podemos encontrar elementos de las otras teorías ya que si bien buscan extraer tendencias generales, lo hacen a partir de las decisiones individuales señaladas por la teoría del comportamiento; y aunque las relaciones de poder son externas al modelo, pueden considerarse en esos términos o incluso incluirse en el en la medida en que se operacionalizan.

Al ser representaciones ideales son el resultado de datos parciales, los modelos no conducen a soluciones totalmente ciertas y aplicables a todos los problemas. Sin embargo, los modelos nos permiten obtener resultados con cierta precisión y confiabilidad; es decir, resultados no en términos determinísticos, sino en términos de probabilidad.

Los modelos de interacción son formulas matemáticas que se usan ampliamente para analizar y pronosticar patrones de interacción espacial, entendiendo por ésta el resultado de cualquier proceso humano de moverse en el espacio y, que hacen explícita y operacional la idea de relatividad en oposición a la idea de localización absoluta. Es decir, la interacción espacial es el comportamiento geográfico de la movilidad intra e interurbana de población, bienes y

servicios, como por ejemplo, los viajes de compras, de negocios, de trabajo, de recreación o los flujos de información.

La importancia de los conceptos de interacción espacial y localización relativa se aprecian en la localización y perfeccionamiento de los modelos gravitacionales de los últimos cincuenta años, al ser usados por planificadores de las ciudades, analistas de transportes, firmas de ventas al menudeo, inversionistas en centros comerciales, promotores urbanos de fraccionamientos, entre otros. Además, es uno de los primeros modelos de las ciencias sociales, utilizados para analizar los conceptos que son básicos en las relaciones sociales, describiendo y haciendo generalizaciones de las características de comportamiento social con comportamientos geográficos similares (Haynes et al., 1988).

Parte importante de las relaciones intraurbanas son los diferentes traslados que ejecutan los habitantes de una ciudad moderna para satisfacer sus necesidades y cumplir sus obligaciones. De los muchos métodos para analizar los viajes de diferentes áreas, los modelos gravitacionales no solo son los mas ampliamente utilizados, sino que desde mediados de los años cincuenta a la actualidad, se constituyen en la herramienta por excelencia utilizada en los estudios de transporte.

Son precisamente, estos estudios de transporte los que proporcionan los primeros casos de aplicación de los modelos gravitacionales, en que estos se utilizaron junto a las



teorías de la probabilidad, de la economía y del comportamiento, con la intención de formular modelos predictivos de transporte urbano basados en el análisis de los flujos observados.

#### 1-4.- MODELOS GRAVITACIONALES.

Por analogía con la ley de gravedad de Newton, el modelo gravitacional simple asume que el número de viajes, -grado de atracción- entre dos áreas, es directamente proporcional a los tamaños de sus poblaciones e inversamente proporcional a la distancia entre ellas.

Esta versión original del modelo gravitacional se ha ido mejorando como resultado de numerosas y sucesivas aplicaciones. De las modificaciones mas importantes resulta que, el tamaño de la población se ha ido substituyendo por el número de viajes que se originan en i y se destinan a j, y se ha reemplazado la distancia física por un valor obtenido empíricamente, que mide el grado de separación entre i y j mediante un factor que capta las influencias económicas y sociales sobre el patrón de viajes.

Sin embargo, dado que estas modificaciones se basan en el supuesto original, tenemos que la ecuación del modelo gravitacional básico es:

$$T_{ij} = (P_i P_j) / d_{ij}.$$

donde:

$T_{ij}$  = Interacción entre los sectores i y j.

$P_i$  = Tamaño de la población del sector i.

$P_j$  = Tamaño de la población del sector j.

$d_{ij}$  = Distancia entre el sector  $i$  y el sector  $j$ .

Para adaptarlos a la diversidad de situaciones en que se pueden utilizar los modelos gravitacionales, se le hicieron tres modificaciones (Haynes et al., 1988).

1) El elemento distancia se ajusta con un exponente  $b$  para indicar la proporcionalidad del impacto de la distancia, derivada de que la fricción o resistencia variará en función de ciertas características económicas, culturales o sociales, aun que siendo siempre un impacto negativo.

A mayor exponente, mayor fricción de la distancia, lo que reduce el nivel de interacción entre las dos áreas.

2) El elemento tamaño de la población se ajusta añadiendo los exponentes  $l$  y  $a$  a cada una de las ciudades, para considerar otras características de estas, además del tamaño, tales como la capacidad adquisitiva o la calidad de los servicios. Aunque los exponentes pueden ser positivos o negativos, este último indica que cuando la población crece la interacción decrece, lo cual es escasamente probable. Generalmente se presentan exponentes positivos y a mayor exponente mayor es el efecto del tamaño de la población en la interacción.

3) Se añade una constante  $k$  para ajustar el modelo extraemos un valor promedio, eliminando las variaciones temporales o individuales en el número de flujos.

El modelo gravitacional resultante es:

$$T_{ij} = k (P_i^l) (P_j^a) / (d_{ij}^b).$$

o de la forma:

$$T_{ij} = k (P_i^l) (P_j^a) (d_{ij}^{-b}).$$

Si bien el modelo gravitacional en el estudio del transporte se inició a partir de la formula de Newton, fue subsecuentemente modificado incorporando las restricciones externas. Estas fueron por un lado, de producción,  $O_i$ , referidas a los posibles viajes que pueden producirse en una zona de origen  $i$ ; y por el otro, de atracción  $D_j$ , a los posibles viajes que pueden entrar a una zona de destino  $j$ .

#### LAS MODIFICACIONES MAS RELEVANTES AL MODELO GRAVITACIONAL ORIGINAL.

##### 1-4-1.- EL PRIMER MODELO GRAVITACIONAL DE DISTRIBUCION.

Lo anterior da lugar a un modelo gravitacional de distribución, que fue primeramente formulado por Voorhees, con la siguiente ecuación: (Philbrick 1973, en S. Koloutsou 1990)

$$T_{ij} = O_i ( D_j C_{ij}^{-x} ) \text{ Sumatoria } j ( D_j C_{ij}^{-x} ).$$

donde:

$T_{ij}$  = Número de viajes entre  $i$  y  $j$ .

$O_i$  = Número de viajes producido en  $i$ .

$D_j$  = Fuerza de atracción de  $j$  (Tamaño de la cual depende de las características del uso del suelo en la zona  $j$  y el propósito del viaje).

$C_{ij}$  = Tiempo de viaje entre  $i$  y  $j$ .

$x$  = Exponente determinado por observación del patrón de viajes.

I-4-2.- DERIVACIONES DEL MODELO A PARTIR DE LA ESTADISTICA Y EL MODELO GRAVITACIONAL CLASICO DE TRANSPORTE DE WILSON.

La tendencia a subestimar los modelos gravitacionales en las ciencias sociales fue revertido a partir de que Wilson (1967) publicó una derivación estadística del modelo gravitacional utilizado en estudios de transporte. Wilson lo derivó a partir del concepto de entropía junto con la estadística y la teoría de la información; y una contribución particularmente importante se refiere a la maximización de la entropía respecto a un conjunto de flujos restringidos, cuyas ecuaciones son:

$$\text{Sumatoria } j \text{ de } T_{ij} = O_i$$

$$\text{Sumatoria } i \text{ de } T_{ij} = D_j.$$

donde:

$O_i$  = Número de viajes originados en  $i$ .

$D_j$  = Número de viajes destinados a  $j$ .

Wilson maximiza la ecuación:

$T_{ij} = O_i (D_j / C_{ij}^x) / \text{sumatoria } (D_j / C_{ij}^x)$  y propone la ecuación general de los modelos de transporte:

$$T_{ij} = (A_i B_j O_i D_j) (C_{ij}^{-b})$$

donde:

$$A_i = ((\text{Sumatoria de } j B_j D_j) (C_{ij}^{-b}))^{-1}.$$

$$B_j = ((\text{sumatoria de } i A_i O_i) (C_{ij}^{-b}))^{-1}.$$

Ademas, Wilson (1971) en Fotheringham (1984) señala que diferentes modelos de interacción surgidos hasta entonces, son miembros de la misma familia de modelos gravitacionales;

y que se diferencian entre si en función de que son o no conocidos los flujos totales de origen y de destino, dando lugar a su clasificación en cuatro tipos de modelos gravitacionales. Estos son:

1) Modelo restringido de flujo total; Cuando conocemos solo el número total de interacciones en el sistema.

2) Modelos de producción restringida: cuando conocemos el número de flujos de salida del origen  $i$ .

3) Modelos de atracción restringida: cuando conocemos el número de flujos de entrada al destino  $j$ .

4) Modelos doblemente restringidos: cuando conocemos el número de flujos de salida del origen  $i$  y el número de flujos de entrada al destino  $j$ .

Este último tipo de modelos son los de la forma:

$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j (C_{ij}^{-b})$ . Con el, Wilson demostró que la teoría estadística permite la interpretación de los factores  $A_i$  y  $B_j$  como factores de balance, los cuales se relacionan con el concepto de atractividad, mientras que lo contrario a ellos son los conceptos de accesibilidad al destino y oportunidad en el origen; y que también permite la interpretación del parámetro de función de la distancia  $C_{ij}$ .

#### I-4-3.- FORMULACION GENERAL DEL MODELO GRAVITACIONAL DE ALONSO.

A partir de los cuatro tipos de la familia tradicional de modelos propuestos por Wilson, Alonso, (1978) en Fotheringham (1984) propuso un modelo generalizado de interacción espacial, que comprende en una sola fórmula la

generación de viajes, la atracción de viajes y la distribución de viajes. El sistema de interacción de Alonso está compuesto de las siguientes ecuaciones:

$$T_{ij} = k O_i [A_i^{(a-1)}] [D_j B_j^{(a-1)}] C_{ij}. \quad (1)$$

$$A_i = \text{Sumatoria } j D_j [B_j^{(a-1)}] C_{ij} \quad (2)$$

$$B_j = \text{Sumatoria } i O_i [A_i^{(a-1)}] C_{ij} \quad (3)$$

$$\text{Sumatoria } j T_{ij} = k O_i (A_i^a) \quad (4)$$

$$\text{Sumatoria } i T_{ij} = K D_j [B_j^g] \quad (5)$$

donde:

$T_{ij}$  = Interacción entre  $i$  y  $j$ .

$O_i$  = Propulsividad de  $i$  determinada por las características del origen  $i$ .

$D_j$  = Atractividad de  $j$  determinada por las características del destino  $j$ .

$A_i$  = Oportunidades disponibles para salir de  $i$  y llegar a  $j$ , es grande para destinos accesibles y pequeña para los inaccesibles.

$a, g$ , elasticidades del total de flujos de salida o del total de flujos de entrada, respectivamente.

$k$ : restricción de flujo total cuyo valor es 1.0, ya sea impuesta por  $A_i$  o por  $B_j$ .

$A_i$  y  $B_j$  son variables sistémicas que son similares en estructura a los factores de equilibrio de los modelos doblemente restringidos de Wilson, y expresan la localización relativa de  $i$  de  $j$ .

Los análisis posteriores tratan de aclarar algunas propiedades del modelo y explorar como se comporta como

herramienta de pronóstico.

Como resultado de las contribuciones del modelo de Alonso, para utilizar el modelo gravitacional en sus últimas expresiones de generalización y amplio campo de aplicación, se han introducido las siguientes expansiones:

a) A través del concepto de potencial: se generaliza el modelo de un flujo entre dos centros a una serie de flujos entre todos los centros del sistema, sumando todos los posibles modelos gravitacionales estimados de todos los pares de centros. Al estimar una serie de flujos de un centro (capacidad de envío) y todos los otros centros (capacidad de recepción) en un proceso de par por par, se obtiene un subtotal de flujo centralizado que se denomina interacción potencial del centro; la estimación del flujo total en un sistema de centros se obtiene sumando estos subtotales.

b) La separación de atributos de origen y destino: se hace distinción entre las características de los orígenes y los destinos y se representa la importancia de esas variables nombrando ( $V_i$ ) a la lista o vector de atributos de flujo, impulsados en el origen y ( $W_j$ ) a la lista o vector de los atributos de los flujos atraídos en el destino.

c) La identificación de los impactos de oportunidad y aglomeración: Dado que no solo la distancia afecta negativamente las interacciones, sino que también intervienen los destinos alternos, no podemos confiar en una sola medida de la distancia. Las oportunidades de intervención están constituidas por los destinos intermedios que disminuyen la

interacción entre  $O_i$  y  $D_j$ . Por otro lado, los destinos intermedios que se presentan agrupados, pueden recibir mas flujos de los que se recibirían si esos destinos se presentaran dispersos por el efecto de aglomeración generando un impacto negativo en la interacción entre  $O_i$  y  $D_j$ . Por ello, se deben incorporar los vectores o variables cuyos atributos representen los impactos negativos de la separación espacial entre  $i$  y  $j$ , para lo que sustituimos la distancia por un sector general ( $S_j$ ).

d) La incorporación de los efectos de la estructura espacial en las interacciones: respecto a valor espacial de orígenes y destinos conocido como estructura espacial, se deben considerar los patrones de desaliento que tienden a ser menos negativos para los orígenes accesibles (centrales) que para los orígenes inaccesibles (periféricos) considerando como ejemplo, la tendencia que muestran los residentes de los orígenes mas accesibles a percibir la distancia como menos desalentadora, que como la perciben los residentes de los orígenes menos accesibles. (Haynes, Preston y Schirring, 1973).

El modelo general expandido estimará la interacción  $T_{ij}$  con tres vectores:

$$T_{ij} = f ( V_i'', W_j'', S_{ij}'' )$$

donde:

$V_i''$  = Atributos del vector de origen.

$W_j''$  = Atributos del vector de destino.

$S_{ij}''$  = Atributos del vector de separación.



#### 1-4-4.- CONTRIBUCIONES POSTERIORES AL MODELO GENERAL DE GRAVITACION.

En cuanto a lo que parece ser la principal contribución del modelo de Alonso,  $a$  y  $g$ ,. Puesto que  $a$  y  $g$  se interpretan como la elasticidad del flujo total de salida y la elasticidad del flujo total de entrada, con respecto a la inversa de la distancia entre  $i$  y  $j$ , esta elasticidad medirá la relación entre  $A_i$  y  $B_j$ .

Sin embargo, los valores de  $a$  y de  $g$ , en las ecuaciones (4) y (5) se determinan, en principio, por la exactitud con que  $O_i$  y  $D_j$  representan la sumatoria  $j T_{ij}$  y la sumatoria  $i T_{ij}$ . Así, si  $O_i$  se define como el flujo total de salida conocido o como un vector de atributos del origen muy aproximado a este flujo, entonces  $a = 0$  a pesar de cualquier relación entre Sumatoria  $j T_{ij}$  y  $A_j$ ; y, si  $D_j$  se define como el flujo total de entrada conocido como un vector de atributos del destino muy aproximado a este flujo, entonces  $g = 0$ . Por tanto, los parámetros  $a$  y  $g$  reflejan la relación entre  $A_i$  y  $B_j$ , solamente cuando la correspondencia entre  $O_i$  y sumatoria  $j T_{ij}$  o entre  $D_j$  y sumatoria  $i T_{ij}$  sea escasa o nula; es decir cuando no se cumplen las restricciones de origen y destino.

Una interpretación mas consistente de los parámetros  $a$  y  $g$  debe tomar en cuenta la manera como se definieron  $O_i$  y  $D_j$ . En la ecuación (1)  $O_i$  y  $D_j$  son las variables de sitio, ya que son una función de una localización particular; y  $A_i$  y  $B_j$  son las variables de situación dado que describen la localización

relativa de  $i$  y  $j$  y estan en función de muchas localizaciones. Los valores de  $a$  y  $g$  dependeran entonces de la importancia relativa de las variables de sitio y de las variables de situación respecto de los flujos totales de salida y de entrada. (Fotheringham, 1984).

De esta operacionalización que hace Fotheringham del modelo de Alonso, podemos obtener los siguientes casos:

1) cuando  $O_i$  es conocida.

$A_i$  factor de equilibrio.

$$a = 0.$$

cuando  $D_j$  es conocida.

$B_j$  factor de equilibrio.

$$g = 0.$$

2) cuando  $O_i$  no es conocida.

$A_i$  variable explicativa.

$$a = 1$$

cuando  $D_j$  no es conocida.

$B_j$  variable explicativa.

$$g = 1.$$

$D_j$  factor de equilibrio.

3) cuando  $O_i$  es medio conocida.

$A_i$ :  $1/2$  variable explicativa,  $1/2$  factor de equilibrio.

$$0 < a < 1$$

cuando  $D_j$  es medio conocida.

$B_j = 1/2$  variable explicativa,  $1/2$  valor de equilibrio

$$0 < g < 1$$

Así la variable original de población, con el uso de los exponentes  $a$  y  $g$ , es una variable sustituta que se ha usado para indicar la fuerza de impulso del origen  $i$  y la fuerza de atracción del destino  $j$ . Cuando contamos con información, como es nuestro caso, podemos medir esas fuerzas de impulso o de atracción directamente, utilizando simplemente el número de flujos  $O_i$  y  $D_j$ , y así distinguimos entre orígenes  $i$  y destinos  $j$ .

El caso 3 se refiere a los modelos casi restringidos que proponen Fotheringham y Dignan, mientras que el caso (1) se refiere al modelo doblemente restringido de transporte, que propuso Wilson (1971). Es decir, en este último caso, aun con todas las explicaciones introducidas o generadas a partir del modelo de Alonso, el modelo clásico de transporte de Wilson, sigue siendo completamente válido y su ecuación no sufre ninguna modificación.

CAPITULO II

ANTECEDENTES DE LA  
URBANIZACION EN  
MEXICALI.

## II-1.- Antecedentes de la urbanización en Mexicali. BC.

La urbanización, según Hope Tilsdale Eldridge, es un proceso de concentración de la población que se manifiesta por la multiplicación de puntos de concentración y por el incremento de tamaño de las concentraciones individuales. Por lo que las ciudades se pueden definir como puntos de concentración.

En el intento de describir someramente y en forma ordenada, la urbanización de la Ciudad de Mexicali, la presentación de este capítulo se desarrollará dentro de los siguientes títulos: ASPECTOS HISTORICOS, ASPECTOS POBLACIONALES, ASPECTOS DEMOGRAFICOS, ACTIVIDADES ECONOMICAS, POLITICAS DE ORDENAMIENTO, INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO URBANO.

### ASPECTOS

### HISTORICOS.

La fecha de la fundación de las ciudades que no siguen un procedimiento oficialmente establecido: con intervención de autoridades y elaboración de actas certificadas; se presta a interpretaciones muy variadas de acuerdo a los intereses de los participantes; con la intención de ser imparciales en el reconocimiento de los datos aceptados, se presentan las acciones que dieron como resultado la definición de la fecha de fundación de la Ciudad de Mexicali:

"..... el 29 de agosto de 1968, a convocatoria del C. José María Rodríguez Mérida, Presidente Municipal del II. V Ayuntamiento, principió el simposium sobre la fundación de la

Ciudad de Mexicali, con la participación de intervenciones verbales de los sobrevivientes y de los trabajos preparados especialmente por escritores y estudiosos del pasado de la ciudad.....Por ser una población relativamente reciente, no puede hablarse de fundación formal, pero si hay elementos de prueba suficientes para considerar el 14 de marzo de 1903. como la fecha de fundación virtual.(Origen de Mexicali. Adalberto Walther M. Ed. UABC. México 1991. p. 128).

El Municipio de Mexicali posee fuentes propias de riqueza basadas, fundamentalmente en la agricultura que le permiten desvincularse notablemente de la dependencia del turismo, lo cual no se presenta en la ciudad de Tijuana; sin embargo frecuentemente la población mexicalense y los migrantes que se quedan por diversas circunstancias, optan por trasladarse a residir o a trabajar en Norteamérica para mejorar mas su situación económica, generando problemas para el país al grado de obligarlo a generar políticas especiales debido al movimiento masivo de conciudadanos del macizo continental.

Si bien la emigración de mexicanos a los Estados Unidos no es un fenómeno nuevo, este adquiere proporciones significativas a partir de la llegada del presente siglo.

El movimiento migratorio nacional ha sido estimulado desde Estados Unidos, puesto que existe una estrecha relación entre la expansión del capital norteamericano y sus fluctuaciones cíclicas con el flujo y reflujo del movimiento migratorio mexicano, los factores de expulsión fueron anteriormente y

ahora, entre otras mas: las condiciones generales de atraso del país, la muy escasa producción, el fuerte desequilibrio en la distribución de la riqueza tanto a nivel personal como regional; las grandes diferencias culturales y sociales, tanto en las ciudades mismas como de región a región, etc. El destino final de los emigrantes solía ser, básicamente en Texas, seguido por California y Arizona. Quizá la razón se encontraba en las facilidades de medios de comunicación entre la meseta central de México y el sur de Texas, ya que desde temprana hora del Porfiriato quedaron enlazadas por medio del ferrocarril, mientras que la emigración a California para los mexicanos del este y del centro era mas difícil por falta de estas comunicaciones, era mas accesible a los habitantes de Sonora y Sinaloa por su cercanía, además tenemos que Baja California, por su debilidad demográfica, no podía proporcionar emigrantes. (Carey McWilliams. *III fares the land*. Boston 1944. p. 193).

El éxito agrícola de la región norteamericana de California, descansaba fuertemente en el uso de la fuerza de trabajo no calificada proveniente de México en cantidad abundante y a la que se le podía imponer arbitrariamente las condiciones salariales, esto es y era factible en virtud del ejército de reserva de trabajadores mexicanos existente al otro lado de la frontera.

#### II-1-2.- ASPECTOS POBLACIONALES.

Por causas políticas mas que económicas, el Gobierno Federal impulsó y promovió diversos medios tendientes a

poblar la Baja California, dando como resultado un crecimiento inusitado de la población según se muestra en el cuadro 1.

| INCREMENTO DE LA POBLACION EN B. C. |             |               |
|-------------------------------------|-------------|---------------|
| Año                                 | Habitantes. |               |
| 1851                                | 7,000       | Península     |
| 1880                                | 23,195      |               |
| 1895                                | 42,245      |               |
| 1900                                | 7,583       | Territorio N. |
| 1930                                | 43,327      |               |
| 1960                                | 520,165     | Estado.       |
| 1970                                | 870,421     |               |
| 1980                                | 1,177,886   |               |
| 1990                                | 1,660,855   |               |

Cuadro 1.

#### DATOS GENERALES DE LA POBLACION EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA.

Fuente: Baja California en Cifras.

Dirección General de promoción económica e Industrial.

Gobierno del Estado. Segunda Edición. 1970.

Censos generales de población y vivienda, 1970-1990.

México y Estados Unidos han propiciado conjuntamente el crecimiento en la franja fronteriza, ya que simultaneamente a los cambios que sufrian los estados del sudoeste americano, tambien la frontera mexicana sufre profundas transformaciones que cambian completamente su fisonomía y razon de ser.

A principios de siglo, las hoy grandes ciudades no pasaban de ser ranchos o pueblos, este fenómeno era notable en la Baja California donde Tijuana y Mexicali eran juntas, mas pequeñas que Ensenada, con respecto al total de habitantes. El crecimiento demográfico de estas ciudades es.



sencillamente notable, en relación a cualquier patrón que se aplique.

Es sorprendente que una región como Mexicali, que nace como apendice del Valle Imperial cuando este se abre al cultivo en los primeros años de 1900, se transforme en una ciudad de 65,000 habitantes en 1950 convirtiendose de paso en la ciudad mas poblada de la frontera, siendo que no pasaba de los 10,000 habitantes hacia 1910.

Mexicali, debe en buena medida su crecimiento al desarrollo de la actividad económica del Valle Imperial..... y al hecho de poseer tierras de estupenda calidad. Esta tierras situadas en la margen izquierda del Rio Colorado inician su desarrollo cuando se empieza la construcción de canales artificiales para conducir las aguas del rio a los dos valles.

La California Development Co y la Subsidiaria Sociedad de Irrigación y Terrenos de la Baja California. S.A. organizada en 1896, fueron las que introdujeron las aguas para riego en ambos lados de la frontera.

Esta obras comenzaron en 1900, y en el mes de junio de 1901 se entregó la primera agua, aqui comienza la conquista del desierto y el surgimiento de Mexicali.

(Julio Riquelme Inda. El problema del agua en la region mexicana del Colorado. B. C. Boletin de la SMGE. volumen LX No 4. Julio-Agosto 1945. p .51).

Las décadas comprendidas entre 1910 y 1920, son decisivas en la conformación inicial, o mejor dicho en la

aparición de los elementos que darían a esta zona fronteriza características distintivas, que son, en última instancia inseparables de su proximidad geográfica de los Estados Unidos.

Así mientras el país se sumía en la anarquía revolucionaria, en Baja California pasada la invasión de 1911, apenas se aparecían los primeros signos de su desarrollo; resalta el contraste entre la destrucción que sufría la nación y la calma prevaleciente aquí.

El éxito del gobierno local consistió en buena medida en lograr hacerse autosuficiente en sus gastos al recurrir a fuertes impuestos, ya que las contribuciones federales, que el mismo gobierno manejaba, consistían en un 60% sobre todo aquello que estaba sujeto a contribución municipal o del distrito. (Pablo L. Martinez. Historia de Baja California. México 1956. pp. 535-536).

La población aumentó de 9760 en 1910 a 23,537 en 1921 lo que representa un incremento del 140 por ciento. De este total, aproximadamente había 3000 chinos, 400 japoneses y 500 americanos.

El intenso tráfico fronterizo como nunca antes visto es un elemento acelerador del cambio social y durante el tiempo que dura la ley seca -Octubre 18 de 1919 hasta el 5 de diciembre de 1933- se desarrollan económicamente todas las ciudades fronterizas.

(Birley Robert. Speeches and documents in american history. Vol. IV Oxford press. London 1942. pp 44-48)

En 1929 la depresión en Estados Unidos obliga que millares de mexicanos se vean en la necesidad de abandonar la región por lo que el gobierno mexicano vio la necesidad de conceder a las ciudades de Ensenada, Tijuana y después Mexicali, los perímetros libres, por medio de los cuales se podía introducir mercadería extranjera sin pagar impuestos, también varias decenas de miles de mexicanos que trabajaban en los estados sureños de la union americana son repatriados y muchos de ellos se establecen en poblaciones fronterizas. (Investigaciones economicas. Informes de la comision mixta intersecretarial, relativos al territorio norte de la baja california. Departamento técnico fiscal Mexico. 1936. p.29)

Las juntas federales de mejoras materiales son uno de los primeros esfuerzos en la formulación de una política diseñada especialmente para la frontera. Fueron organizadas en 1924 y dependian directamente de la Secretaría del Patrimonio Nacional.

El objeto de dichas juntas es el de ejecutar trabajos que redunden en el biestar general del área donde esten asignadas. Con este esfuerzo se pretendía proveer de más y mejores servicios públicos a aquellas partes del país dedicadas a la actividad del comercio internacional.

Las juntas estaban autorizadas para realizar obras públicas, las referentes al suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, luz y energía electrica, pavimentado de calles, construcción de puentes en las ciudades, construcción de escuelas y edificios municipales y, desarrollo de nuevos campos de trabajo que puedan beneficiar

la economía de la ciudad.

Por decreto de 10 de junio de 1937 se creó la zona libre parcial para el Territorio Norte de la Baja California, mismo que se publicó en el Diario oficial del 25 de junio de 1937. Mas tarde y mediante el decreto del 25 de mayo de 1939 publicado en el diario oficial del 3 de junio de 1939, se extendió la franquicia de la zona libre a toda la península. El Presidente de la República general Lázaro Cárdenas lanzó un manifiesto a la nación donde se esbozaba un amplio programa de acción nacional para desarrollar los territorios del país, norte y sur de BC y Quintana Roo. (El problema de los territorios federales. Mensaje dirigido a la nación el 28 de septiembre de 1936. Talleres graficos de la Nación. México. 1936).

El Estado de Baja California se encuentra, a la fecha 1993, dividido politicamente en cuatro municipios: Mexicali, Tijuana, Ensenada y Tecate. Los datos generales son:

| Municipio | Población |           |         |         |
|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
|           | total     | 1990      |         |         |
|           | 1960      | total     | hombres | mujeres |
| total     | 520,165   | 1,660,855 | 832,090 | 828,765 |
| Ensenada  | 64,934    | 259,979   | 130,462 | 129,517 |
| Mexicali  | 281,333   | 601,938   | 300,629 | 301,309 |
| Tecate.   | 8,208     | 51,557    | 26,367  | 25,190  |
| Tijuana.  | 165,690   | 747,381   | 374,632 | 372,749 |

Cuadro 2.

Baja California. 1960-1990.

Fuente: XI Censo general de población y vivienda. 1990.

La población urbana muestra un mayor crecimiento que la población rural del Estado debido a varias razones, entre ellas se piensa que el crecimiento natural de la población rural con la consecuente emigración de los hijos que salen a estudiar y no regresan de la ciudad, con la menor ocupación de mano de obra debido a la utilización de maquinaria moderna producto del avance tecnológico, con el hecho de que la superficie cultivable no ha sido incrementada por las limitaciones ya conocidas del abastecimiento de agua, con la creciente migración de otros estados, han contribuido a que la población urbana muestre un crecimiento mayor que el de la población rural.

| Año  | Urbana    | %    | Rural   | %    |
|------|-----------|------|---------|------|
| 1930 | 26,228    | 54.4 | 22,059  | 45.6 |
| 1940 | 39,877    | 50.5 | 39,030  | 49.5 |
| 1950 | 146,391   | 64.5 | 80,574  | 35.5 |
| 1960 | 404,063   | 77.7 | 116,102 | 22.3 |
| 1969 | 678,931   | 81.1 | 175,630 | 18.9 |
| 1980 | 917,000   | 77.7 | 263,000 | 22.3 |
| 1990 | 1,369,862 | 82.5 | 290,993 | 17.5 |

Cuadro 3.

Crecimiento porcentual de la población  
Urbana y Rural del Estado de Baja California.

Fuentes: Baja California en cifras. Gobierno del Estado 1970.  
Dirección General de Promoción económica e Industrial  
INEGI. XI Censo general de Población y vivienda. 1990.

#### II-1-3.- ASPECTOS DEMOGRAFICOS.

El Estado de Baja California, debido a su gran extensión

territorial conformada con desiertos, es uno de los más deshabitados de la Republica, sabemos por los censos nacionales que en 1990 tiene 23.688 habitantes por kilometro cuadrado, sin embargo, la población se concentra en un 78.7% en las tres Ciudades de 100,000 y mas habitantes que ocupan unicamente el 0.2 % de la superficie del estado, el municipio de Tijuana ha experimentado un incremento de su población en los ultimos años, el municipio de Mexicali presenta una tendencia opuesta, mientras que Ensenada ha incrementado su población gradualmente, sin embargo Tecate presenta un mayor crecimiento de su población.

| Localidad | 1970    | 1980      | 1990      |
|-----------|---------|-----------|-----------|
| Estado.   | 870,421 | 1,177,886 | 1,660,855 |
| Ensenada. | 13.3    | 14.9      | 15.7      |
| Mexicali. | 45.5    | 43.4      | 36.2      |
| Tecate.   | 2.1     | 2.6       | 3.1       |
| Tijuana.  | 39.1    | 39.2      | 45.0      |

Cuadro 4.

Distribución de la población por Municipios. 1970-1990.

Fuente: Censos generales de Poblacion y Vivienda. 1970 - 1990

El promedio de hijos nacidos vivos por mujer ha disminuido en los ultimos 20 años segun los registros a nivel estatal, bajó de 3.0 en 1970 a 2.3 en 1990, solamente en Mexicali se tiene un promedio de 2.4 hijos, según el censo general de población y vivienda 1970-1990; como se ve la

natalidad en el Estado ha venido disminuyendo, sin embargo la mortalidad general ha venido disminuyendo tambien, aun cuando no lo suficiente para incrementar las tasas de crecimiento: la de Mexicali marca en 1990 solamente un 1.7 por cada 100 habitantes en razón al aumento de la corriente migratoria de otros estados, que aunque permanece ya no tiene la misma intensidad de los años 70's, cuando 6 de cada 10 habitantes del estado habian nacido en otros estados de la Nacion y los que inicialmente eran migrantes de Sonora y el territorio de Baja California se incrementaron con la participación de los compatriotas de Jalisco, Sinaloa, Michoacan, Guanajuato, Zacatecas y Durango; de todo este volumen de población, el municipio de Mexicali ha absorbido un 55 %, Tijuana un 40 % y Ensenada y Tecate el resto de la corriente migratoria de los años de 1970 cuando un 47 % de la población declaró haber nacido fuera del estado a la fecha de 1990 los resultados censales indican un mayor registro de los nacidos en el estado ya que al interior de los municipios el porcentaje de la población no nativa es de un 36.8 %.

Paralelamente la mortalidad infantil ha descendido tambien, ya sea en sus estratos prenatales y preescolares, y como resultado tangible, la población urbana de la Ciudad de Mexicali ha crecido debido a la salud pública, la fuerte corriente migratoria, los altos índices de natalidad y el descenso de los índices de mortalidad.

| Años. | Nacimientos. | Poblacion Femenina. | Tasa general de fecundidad. |
|-------|--------------|---------------------|-----------------------------|
| 1950  | 5,654        | 28,641              | 197                         |
| 1960  | 11,390       | 58,729              | 194                         |
| 1970  | 15,595       | 88,360              | 176                         |
| 1980  | 16,395       | 143,973             | 114                         |
| 1990  | 19,120       | 193,737             | 99                          |

Cuadro 5.

Tasa general de fecundidad. Mexicali. BC. 1950-1990.

Fuente: Estadísticas Generales de Baja California.  
Coplade de Baja California, Mexico. s/f.

La tasa general de fecundidad hace referencia al numero de hijos que tienen en promedio 1000 mujeres en edad reproductiva (de 15 a 49 años).

| Años | Poblacion total. | Defunciones | T.B.M. |
|------|------------------|-------------|--------|
| 1950 | 124,362          | 1,238       | 10.0   |
| 1960 | 281,333          | 1,957       | 7.0    |
| 1970 | 396,324          | 3,094       | 7.8    |
| 1980 | 582,755          | 3,091       | 5.3    |
| 1990 | 705,614          | 3,737       | 5.3    |

Cuadro 6.

Tasa bruta de mortalidad. Mexicali.BC. 1950-1990

Fuente: Agenda estadística del Municipio de Mexicali.BC. 1990



Las principales causas de muerte en el Estado fueron:

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| Enfermedades de la infancia. | 108 por 100,000 hab. en 1967. |
| Influenza y neumonia.        | 74 por 100,000 hab. en 1970.  |
| Gastroenteritis.             | 58 por 100,000 hab. en 1967.  |
| Accidentes urbanos.          | 55 por 100,000 hab. en 1967.  |
| Tuberculosis.                | 28 por 100,000 hab. en 1967.  |

Cuadro 7.

Fuente: Sección de bioestadística de los Servicios coordinados del Estado de Baja California.

Los problemas en la infancia se debieron a la falta de atención y educación médicas, principalmente en la madre y a las características socio culturales que privan en la entidad. Los problemas de gastroenteritis se debieron a la falta de atención al saneamiento del medio, al abastecimiento del agua potable, a la recolección de aguas negras.

Los problemas de accidentes se debieron a los accidentes del hogar, de tránsito, de envenenamiento por sustancias químicas y de plaguicidas.

#### 11-1-4.- ACTIVIDADES ECONOMICAS.

Sin lugar a dudas la reforma agraria fue un factor clave para iniciar el desarrollo industrial de Baja California. Una vez que se supera el problema del campo y el estado reafirma su poder en la región, se crean las condiciones apropiadas que permitieran que el proceso de la industrialización se apoye en los recursos naturales para iniciar su desarrollo.

La economía del Municipio es muy variada como una

consecuencia lógica del tipo de habitantes que conforman la población que es también muy variada, para tener una idea más completa sobre la participación de la población, se muestran a continuación varios cuadros indicadores.

| Rama de actividad | 1960   | 1970   | 1980    | 1990    |
|-------------------|--------|--------|---------|---------|
| Totales           | 90,376 | 98,738 | 194,961 | 246,797 |
| Agropecuaria      | 47,623 | 32,820 | 37,662  | 53,564  |
| Extractiva        | 398    | 434    | 310     | 1,454   |
| Transformación    | 9,329  | 15,193 | 31,611  | 48,308  |
| Construcción      | 2,891  | 4,329  | 16,195  | 4,305   |
| Electricidad      | 512    | 542    | 1,449   | 2,181   |
| Comercio          | 9,936  | 12,469 | 34,251  | 40,872  |
| Transporte        | 3,168  | 2,713  | 11,225  | 2,907   |
| Servicios         | 13,307 | 23,519 | 54,110  | 75,483  |
| No especific.     | 3,212  | 6,719  | 8,149   | 17,724  |

Cuadro 8.  
Población económicamente activa por ramas de actividad en el Municipio, de Mexicali. 1960-1990.

Fuentes: Plan Municipal de Desarrollo 1987-1989.

H. XII Ayuntamiento de Mexicali.

Encuesta continua de población de Baja California.  
(Resultados 1988) CONEPO-UABC.

| trabajo.        | 1980    | %      | 1990    | %      |
|-----------------|---------|--------|---------|--------|
| Totales.        | 170,675 | 100.00 | 246,797 | 100.00 |
| Obrero.         |         |        | 161,810 | 65.56  |
| Jornalero.      | 91,310  | 53.50  | 31,926  | 12.94  |
| Por su cuenta.  | 16,514  | 9.68   | 32,541  | 13.19  |
| Patron.         | 11,799  | 6.91   | 10,400  | 4.21   |
| No remunerado.  | 9,322   | 5.46   | 2,628   | 1.06   |
| No especificado | 41,730  | 24.45  | 7,492   | 3.04   |

Cuadro 9.

Población económicamente activa por posición en el trabajo.  
Municipio de Mexicali. 1980-1990.

Fuentes: Plan Municipal de desarrollo 1987-1989.

H. XII Ayuntamiento de Mexicali.

Encuesta continua de población de Baja California.

Resultados de la encuesta Mexicali, 1990.

Cuadernos de estudios y proyectos #2. Spt 1990.

XIII Ayuntamiento de Mexicali.

El Gobierno Federal a principios de los años 60, ideó lo que vino a llamarse el programa nacional fronterizo PRONAF, en el que Nacional Financiera actuaría como institución fiduciaria del Gobierno Federal, de acuerdo a la disposición presidencial de enero 10 de 1961.

En el aspecto urbano se contruyeron las puertas de México, con el objeto de dignificar la apariencia al entrar a nuestro país.

(El programa nacional Fronterizo. Economía Política vol 1 No 1. Oct-Dic 1964. pp. 188-191).

| PRODUCTO INTERNO BRUTO |            |           |                            |          |
|------------------------|------------|-----------|----------------------------|----------|
| A precios corrientes   |            |           | A precios constantes 1980. |          |
| Año                    | BC.        | Mexicali. | BC.                        | Mexicali |
| 1970                   | 13,276     | 5,081     | 62,057                     | 22,092   |
| 1980                   | 101,075    | 37,947    | 101,075                    | 37,947   |
| 1990                   | 18,060,500 | 6,412,935 | 111,553                    | 40,454   |

Cuadro 10.

Producto interno bruto. Baja California y Mexicali. 1970-1990

A Precios corrientes y precios de 1980, cifras en millones de pesos.

Fuentes: Para BC., de 1970 a 1980 Gaceta informativa INEGI.

Vol.II No. 1. Enero-marzo 1990. pp. 31 y 32.

Para Mexicali se tomó la misma estructura de participación relativa del PIB Municipal en el de B. C. según el anexo estadístico del plan municipal de desarrollo del XII Ayuntamiento de Mexicali. La estimación de 1990 es a mitad de año.

El programa nacional fronterizo tenía como objetivo atacar la pobreza creciente de amplios segmentos de la sociedad urbana fronteriza, ya que al ser el bienestar social una fuerte atracción migratoria, ésta constituye un elemento de presión poderoso sobre el mercado de trabajo y la creación de mas y mejores servicios urbanos.

Como complemento, para impulsar el desarrollo industrial de la región el Gobierno comprendió la urgente necesidad de crear un ambiente que ofreciera a las compañías americanas una alternativa para su creciente uso de mano de obra barata, situación que logró mediante el programa de industrialización de la frontera norte, PIF, mas conocido como operaciones de maquiladoras, ya que dentro de las actividades económicas de las ciudades de la frontera norte, donde se localiza Mexicali la industria de la transformación es parte relevante del sector secundario y opera como multiplicador en el resto de la economía regional, como se puede apreciar en los datos siguientes:

| ACTIVIDAD       | 1980 | 1983 | 1986 | 1989 | DA   | TMC.   | PR.    |
|-----------------|------|------|------|------|------|--------|--------|
| Ind.Total       | 751  | 1294 | 2195 | 2603 | 2944 | 53.51% | 100.0% |
| Ind.Trnsfcn.    | 499  | 843  | 1495 | 1591 | 1092 | 50.90  | 61.1   |
| Alims.Bevids.   | 240  | 333  | 535  | 464  | 224  | 28.71  | 17.8   |
| Txtl.Vest.Calz  | 51   | 70   | 103  | 101  | 50   | 27.49  | 3.9    |
| Madera,Muebles  | 9    | 18   | 78   | 149  | 140  | 174.79 | 5.7    |
| Quimica,Plastco | 26   | 55   | 80   | 118  | 92   | 68.16  | 4.5    |
| Prdcts minerals | 75   | 174  | 385  | 338  | 263  | 80.35  | 13.0   |
| Ensabl.Rep.Maq. | 57   | 83   | 149  | 214  | 157  | 56.25  | 8.2    |
| Ind.Edit.Impres | 38   | 66   | 148  | 183  | 145  | 73.86  | 7.0    |
| Otras Ind.Mfctr | 3    | 44   | 17   | 24   | 21   | 448.83 | 0.9    |
| Ind. Constren.  | 184  | 343  | 521  | 768  | 584  | 61.91  | 29.5   |
| Ind. Maquila.   | 68   | 108  | 179  | 244  | 176  | 53.63  | 9.4    |

Cuadro 11. Número de establecimientos del sector secundario (industrias). Municipio de Mexicali. 1980 -1989.

Fuentes: COPLADE en base al resumen de causantes de la Sria de Finanzas de BC y de acuerdo al catalogo Mexicano de Acxtividades Economicas de la SPP e INEGI para 1986 y 1989.

Secretaria del Desarrollo de Baja California.

DA Diferencia Absoluta de 1980 y 1989.

TMC Tasa media de crecimiento como el promedio de las tasas anuales de crecimiento de 1980 y 1989.

PRM Participacion Relativa en 1989.

| Años                       | # de<br>Emp. | Persnl<br>ocupado | Precios<br>Corrientes<br>Constantes<br>1980 | Precios<br>Corrientes<br>Constantes<br>1980 | Precios<br>Corrientes<br>Constantes<br>1980 | Precios<br>Corrientes<br>Constantes<br>1980 |
|----------------------------|--------------|-------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1980                       | 75           | 7,264             | 500                                         | 500                                         | 790                                         | 790                                         |
| 1981                       | 76           | 7,204             | 771                                         | 625                                         | 1,005                                       | 815                                         |
| 1982                       | 66           | 6,324             | 677                                         | 311                                         | 882                                         | 406                                         |
| 1983                       | 60           | 8,306             | 2,815                                       | 593                                         | 5,377                                       | 1,132                                       |
| 1984                       | 67           | 10,264            | 5,229                                       | 680                                         | 10,000                                      | 1,301                                       |
| 1985                       | 85           | 10,586            | 5,242                                       | 433                                         | 10,025                                      | 829                                         |
| 1986                       | 87           | 13,671            | 19,032                                      | 828                                         | 37,831                                      | 1,646                                       |
| 1987                       | 99           | 17,105            | 58,377                                      | 1,025                                       | 122,515                                     | 2,150                                       |
| 1988                       | 122          | 19,486            | 140,762                                     | 1,250                                       | 248,208                                     | 2,204                                       |
| 1989                       | 127          | 20,280            | 180,759                                     | 1,363                                       | 358,360                                     | 2,703                                       |
| Tasa de crecimiento anual. |              |                   |                                             |                                             |                                             |                                             |
| 1981                       | 1.33         | - 0.83            | 54.20                                       | 25.00                                       | 27.22                                       | 3.13                                        |
| 1982                       | -13.16       | -12.22            | -12.19                                      | -50.18                                      | -12.24                                      | -50.21                                      |
| 1983                       | - 9.09       | 31.34             | 315.81                                      | 90.33                                       | 509.64                                      | 179.06                                      |
| 1984                       | 11.67        | 23.57             | 85.75                                       | 14.78                                       | 85.98                                       | 14.92                                       |
| 1985                       | 26.87        | 3.14              | 0.25                                        | -36.29                                      | 0.25                                        | -36.29                                      |
| 1986                       | 2.35         | 29.14             | 263.07                                      | 91.10                                       | 277.37                                      | 98.62                                       |
| 1987                       | 13.79        | 25.12             | 206.73                                      | 23.72                                       | 223.85                                      | 30.62                                       |
| 1988                       | 23.25        | 13.92             | 141.13                                      | 22.01                                       | 102.59                                      | 2.52                                        |
| 1989                       | 4.10         | 4.07              | 28.41                                       | 9.06                                        | 44.38                                       | 22.62                                       |

Cuadro 12.

Evolución de la industria maquiladora.  
Municipio de Mexicali. 1980 - 1989.

Fuentes: Informes de gobierno del Estado de BC.  
Plan Municipal de Desarrollo del H. XIII Ayuntamiento de

Mexicali.

Secretaria del Desarrollo del Gobierno del Estado de BC.

Las cifras de 1982 son estimadas, de 1983 a 1986 se estimó también el concepto de salarios, sueldos y prestaciones, los precios corrientes fueron deflactados con el índice general de precios al consumidor de Mexicali.

| Años.                     | 1980  | 1983  | 1986  | 1989   | TMC   |
|---------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Total giros servicios.    | 2,777 | 4,802 | 8,651 | 13,319 | 69.0  |
| Inst.Credito y Seguros    | 117   | 223   | 402   | 749    | 85.7  |
| Colat. Ind. Financieras   | 17    | 25    | 36    | 64     | 56.3  |
| Bienes Raices. Inmubles   | 958   | 1,459 | 1,941 | 2,501  | 38.1  |
| Profesionales Tecnicos    | 186   | 865   | 2,216 | 3,906  | 199.2 |
| Alquiler. Excep.Inmubles  | 15    | 37    | 63    | 95     | 89.2  |
| Alojamiento temporal      | 58    | 78    | 105   | 115    | 26.2  |
| Prparacn:Alimentos,Bev    | 787   | 1,167 | 2,268 | 3,271  | 62.3  |
| Recreativos y Esparc.     | 130   | 194   | 269   | 369    | 41.7  |
| Personales. Hogar,Divs    | 496   | 725   | 1,277 | 2,066  | 61.4  |
| Enseñanza,Invgtg.Ctf,Cltl | 8     | 17    | 36    | 65     | 101.6 |
| Medicos.Asistncis.Socls   | 5     | 12    | 38    | 118    | 189.1 |

Cuadro 13.

Numero de establecimientos del sector terciario.(servicios)  
Municipio de Mexicali. 1980 - 1989

Fuentes:COPLADE, INEGI Y SPP.Sria de Desarrollo de BC.  
1986 y 1989.

TMC. Tasa media de crecimiento como el promedio de las tasas anuales de crecimiento.

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mexicali.  | 8.9  | 14.7 | 13.0 | 10.8 | 16.8 | 10.8 |
| Sn Felipe. | 9.1  | 7.9  | 11.0 | 17.2 | 14.5 | 21.5 |
| Tijuana.   | 40.8 | 33.7 | 36.0 | 14.8 | 18.4 | 12.8 |
| Rosarito.  | 8.1  | 11.2 | 10.9 | 14.2 | 13.8 | 12.9 |
| Ensenada.  | 21.1 | 22.9 | 17.5 | 22.8 | 17.3 | 23.4 |
| Tecate.    | 9.3  | 5.0  | 6.0  | 12.2 | 16.6 | 11.1 |
| Sn Quintin | 1.2  | 1.2  | 1.1  | 2.5  | 0.5  | 1.2  |
| B.Angeles  | 1.0  | 1.2  | 1.1  | 2.5  | 0.5  | 1.2  |
| Otros.     | 0.4  | 2.2  | 2.5  | 3.9  | 1.2  | 5.8  |

Cuadro 14.

Destino final del visitante.  
Zonas turísticas de BC. 1980 - 1989.

Fuente: Secretaria de Turismo de B. C.

El estado de Baja California está dividido en Municipios y cada uno de ellos se representa por una de las ciudades más importantes, en cuanto a población, servicios y economía.

| Municipio.    | Kmts2.   | %     |
|---------------|----------|-------|
| Mexicali.     | 13,689.2 | 19.5  |
| Tecate        | 3,079.1  | 4.4   |
| Tijuana       | 12,392.4 | 2.0   |
| Ensenada.     | 51,952.3 | 74.1  |
| Total Estado. | 70,113.0 | 100.0 |

Cuadro 15

Distribución de la superficie del Estado de B. C.  
Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 1987 - 1989.



## H. XII Ayuntamiento de Mexicali.

Para mantener la oferta de servicios al ciudadano ya sea en el area habitacional o de comercios o industria la Ciudad de Mexicali, ofrece lo siguiente: ✓

| Uso                        | Mexicali. |
|----------------------------|-----------|
| Total                      | 258,390.3 |
| Municipal                  | 25,575.9  |
| Comercial                  | 4,290.0   |
| Hoteles                    | 5,398.8   |
| Industrial                 | 18,630.1  |
| Domestico                  | 203,875.2 |
| 98,513 Tomas domiciliarias |           |

Cuadro 16.

Distribucion de agua potable. Metros cubicos. 1989.

Fuente: Comision Estatal de Servicios Publicos de Mexicali.

|                                  |         |       |
|----------------------------------|---------|-------|
| Viviendas.                       | 165,318 | 100 % |
| Ocupantes                        | 705,614 |       |
| Propia.                          | 125,859 |       |
| No propia.                       | 38,580  |       |
| Ocup/vivienda.                   | 4.27    |       |
| Muros de adobe.                  | 27,397  | 16.7  |
| Muros de tabique.                | 107,631 | 65.1  |
| Muros de madera.                 | 19,101  | 11.5  |
| Otros materiales.                | 11,309  | 6.8   |
| Disponibilidad de agua entubada. |         |       |
| Dentro de la vivienda            | 150,124 | 91.3  |
| Fuera de la vivienda.            | 14,314  | 8.7   |

|                            |         |      |
|----------------------------|---------|------|
| Condiciones de drenaje.    |         |      |
| Si tiene                   | 116,689 | 71.0 |
| No tiene                   | 47,749  | 29.0 |
| Situacion de electricidad. |         |      |
| Si tiene                   | 157,785 | 96.0 |
| No tiene                   | 6,654   | 4.0  |

Cuadro 17.

Vivienda en Mexicali 1990. Tenencia, ocupacion, material predominante en muros, disponibilidad de agua, drenaje y electricidad.

Fuente: Resultados de la encuesta Mexicali. 1990.  
Cuaderno de Estudios y Proyectos No. 2.  
H. XIII Ayuntamiento de Mexicali.

De acuerdo a la ley de egresos del Estado de la Baja California, en su ejercicio fiscal de 1990 el personal burocrático que labora al servicio de la comunidad es de 2328 empleados, que corresponden a 2.6 empleado burocráticos por cada 1000 habitantes.

CAPITULO III

DISTRIBUCION  
DE LOS FLUJOS DEL  
TRANSPORTE URBANO.

Distribución de los flujos de transporte Urbano en la Ciudad de Mexicali en el año de 1991.

Con el objeto de conocer como se mueve la población de Mexicali para cumplir con sus diarios requerimientos, se procederá a dividir la ciudad en sectores y de acuerdo a ello podremos observar que el número de viajes que se generan seran el reflejo de su nivel socioeconomico.

En base a lo anterior mantendremos como hipótesis:

- 1.- "La mayoría de los destinos de los flujos de transporte tendrán origen en otro sector y presentarán especialización por motivo de viaje en el sector de destino" .
- 2.- "La mayoría de los flujos de transporte tendrán como destino el mismo sector de origen y presentarán diversificación por motivo de viaje"

Para poder estimar la interacción de los flujos de transporte urbano, cuando se conocen los datos de viajes entre los diferentes sectores de la ciudad, es recomendable la aplicación de modelos gravitacionales (Haynes et. al., 1988). Si la aplicación de la ecuación del modelo gravitacional nos permite conocer las interacciones que se presentan en determinados sectores de la ciudad, merced a los flujos reportados en la encuesta; con motivo de traslados hacia o de la vivienda, para cumplir con la obligación de trabajar, para la obtención de servicios, con fines de recreación u otros, no nos permite estimar un patrón de

y diversificación; por lo que calcularemos si la interacción es intrasectorial o intersectorial y si existe especialización sectorial o una diversificación.

Basandonos en la cantidad de viajes que tienen como destino su mismo sector de origen y la cantidad de viajes que tienen como destino otro sector procedemos a elaborar el cuadro III-1 que nos permitirá conocer los totales de los viajes intrasectoriales o intersectoriales, que a su vez nos servirán para conocer los índices de especialización en cada uno de los diferentes sectores para cada uno de los diferentes motivos de viaje .

CUADRO III-1.-

| Interacción intrasectorial e intersectorial por sector de origen, para la Ciudad de Mexicali. BC. en 1991. |                |    |                |    |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|----------------|----|---------|
| Viajes                                                                                                     | Intrasectorial |    | Intersectorial |    | Totales |
| Sector.                                                                                                    | Viajes         | %  | Viajes         | %  |         |
| 1                                                                                                          | 207            | 19 | 877            | 81 | 1084    |
| 2                                                                                                          | 237            | 21 | 884            | 79 | 1121    |
| 3                                                                                                          | 235            | 9  | 2352           | 91 | 2587    |
| 4                                                                                                          | 250            | 19 | 1061           | 81 | 1311    |
| 5                                                                                                          | 334            | 22 | 1148           | 78 | 1482    |
| 6                                                                                                          | 50             | 9  | 504            | 91 | 554     |
| 7                                                                                                          | 77             | 10 | 668            | 90 | 745     |
| 8                                                                                                          | 86             | 12 | 638            | 88 | 724     |
| 9                                                                                                          | 374            | 22 | 1303           | 78 | 1677    |
| 10                                                                                                         | 99             | 17 | 466            | 83 | 565     |
| 11                                                                                                         | 204            | 19 | 855            | 81 | 1059    |
| 12                                                                                                         | 2              | 2  | 108            | 98 | 110     |
| Totales                                                                                                    | 2155           | 16 | 10864          | 84 | 13019   |

Al observar el cuadro anterior podemos encontrar que la zona correspondiente a la Universidad en el sector 9, tiene una cantidad de 374 viajes que se originan y terminan dentro

del mismo sector, mientras que 1303 viajes de los 1677 originados en el sector tienen como destino otros sectores; el centro tradicional de la ciudad marcado como sector 3, contiene el mayor número de interacciones: 2587, de los cuales solo 235 tiene como origen y destino el mismo sector mientras que 2352 tienen como destino otros sectores.

En el cuadro III-2, se presentan las interacciones inter e intra sectoriales en porcentajes, podemos observar en el sector Universidad, representado con el sector 9, que solo un 22 % de los viajes originados en el sector se destinaron dentro del mismo; en comparación del 78 % que tuvieron como destino otros sectores, resalta también el sector 3, el centro tradicional de la ciudad, con un 9 % de los viajes con origen y destino internos mientras que el 91 % de los viajes se destinan a los otros sectores, la ciudad toda nos muestra un 16 % de viajes intrasectoriales en relación a un 84 % de viajes intersectoriales, lo cual significa que la hipótesis I, hasta este nivel se cumple, al observarse que la mayoría de los destinos de los flujos de transporte tienen origen en otro sector.

CUADRO

III-2.-

| Interacción intrasectorial e intersectorial por sector de origen, para la Ciudad de Mexicali. BC. en 1991. |    |                |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------|---------|
| Viajes Intrasectorial                                                                                      |    | Intersectorial | Totales |
| Sector.                                                                                                    | %  | %              | %       |
| 1                                                                                                          | 19 | 81             | 100     |
| 2                                                                                                          | 21 | 79             | 100     |
| 3                                                                                                          | 9  | 91             | 100     |

|         |    |    |     |
|---------|----|----|-----|
| 4       | 19 | 81 | 100 |
| 5       | 22 | 78 | 100 |
| 6       | 9  | 91 | 100 |
| 7       | 10 | 90 | 100 |
| 8       | 12 | 88 | 100 |
| 9       | 22 | 78 | 100 |
| 10      | 17 | 83 | 100 |
| 11      | 19 | 81 | 100 |
| 12      | 2  | 98 | 100 |
| Totales | 16 | 84 | 100 |

Para conocer la especialización sectorial de la ciudad se elabora el cuadro: III - 3.- que contiene los viajes del sector de destino manifestados por todos los motivos de viaje, de acuerdo a los datos proporcionados por la encuesta IIS de 1991.

Cuadro III - 3.

| Motivos de viaje destinados a cada sector. |         |         |        |         |
|--------------------------------------------|---------|---------|--------|---------|
| Motivo/Sector                              | Orizaba | P.Nuevo | Centro | Reforma |
| Compras                                    | 17      | 22      | 345    | 66      |
| Escuela                                    | 63      | 83      | 147    | 149     |
| No contesto                                | 18      | 26      | 34     | 26      |
| Otros                                      | 13      | 29      | 71     | 52      |
| Recreacion                                 | 51      | 38      | 101    | 26      |
| Servicios                                  | 15      | 20      | 87     | 55      |
| Trabajo                                    | 147     | 234     | 1613   | 459     |

  

| Motivo/Sector | Pro-Hogar | Perif.Ote | Xochimilco | Rio |
|---------------|-----------|-----------|------------|-----|
| Compras       | 28        | 15        | 2          | 10  |
| Escuela       | 112       | 28        | 27         | 27  |
| Hogar         | 816       | 408       | 593        | 394 |
| No contesto   | 17        | 4         | 8          | 7   |
| Otros         | 41        | 13        | 7          | 18  |
| Recreacion    | 34        | 9         | 21         | 22  |
| Servicios     | 27        | 6         | 18         | 21  |
| Trabajo       | 415       | 75        | 63         | 212 |

  

| Motivo/Sector | Univers | Indust | Nvo.Mxcli | Interur |
|---------------|---------|--------|-----------|---------|
| Compras       | 50      | 11     | 10        | 1       |
| Escuela       | 204     | 13     | 19        | 10      |
| Hogar         | 843     | 362    | 748       | 3       |
| No contexto   | 30      | 7      | 7         | 2       |
| Otros         | 45      | 22     | 14        | 2       |
| Recreacion    | 57      | 5      | 27        | 11      |
| Servicios     | 20      | 5      | 9         | 1       |
| Trabajo       | 419     | 135    | 206       | 76      |

| Resumen de motivos de viaje destinados a cada sector. |      |  |            |       |  |
|-------------------------------------------------------|------|--|------------|-------|--|
| Motivo                                                |      |  | Motivo     |       |  |
| Compras                                               | 577  |  | Otros      | 327   |  |
| Escuela                                               | 882  |  | Recreación | 402   |  |
| Hogar                                                 | 6307 |  | Servicios  | 284   |  |
| No contesto                                           | 186  |  | Trabajo    | 4054  |  |
| Total                                                 |      |  |            | 13019 |  |

Con el fin de tener una matriz de datos mas manejable, se agruparan ahora los motivos: escuela, no contesto, otros, recreacion y servicios; bajo la denominación comun de: otros con los siguientes resultados:

CUADRO III - 3.-

| Motivos de viaje destinados a cada sector. |         |       |         |       |       |
|--------------------------------------------|---------|-------|---------|-------|-------|
| Motivo                                     | compras | hogar | trabajo | otros | total |
| Sector                                     |         |       |         |       |       |
| Orizaba                                    | 17      | 751   | 147     | 160   | 1075  |
| P.Nuevo                                    | 22      | 669   | 234     | 196   | 1121  |
| Centro                                     | 345     | 225   | 1613    | 440   | 2623  |
| Reforma                                    | 66      | 495   | 459     | 308   | 1328  |
| Pro-Hogar                                  | 28      | 816   | 415     | 232   | 1491  |
| Perif.Ote                                  | 15      | 408   | 75      | 60    | 558   |
| Xochimilco                                 | 2       | 593   | 63      | 81    | 739   |
| Rio                                        | 10      | 394   | 212     | 95    | 711   |
| Universidad                                | 50      | 843   | 419     | 356   | 1668  |
| Industrial                                 | 11      | 362   | 135     | 52    | 560   |
| Nvo.Mexicali                               | 10      | 748   | 206     | 76    | 1040  |
| Interurbano                                | 1       | 3     | 76      | 26    | 106   |
| Total                                      | 577     | 6307  | 4054    | 2082  | 13020 |



Se representará el cuadro anterior a manera de resumen y con los porcentajes correspondientes a cada uno de los motivos para visualizar el agrupamiento en el concepto de otros y en base a esta información añadir un motivo mas a la agrupación de los motivos.

CUADRO III - 3.-

| Motivos de viaje destinados a cada sector. |       |     |             |       |     |
|--------------------------------------------|-------|-----|-------------|-------|-----|
| Motivo                                     | total | %   | Motivo      | Total | %   |
| Compras                                    | 577   | 4   | Compras     | 577   | 4   |
| Hogar                                      | 6307  | 48  | Hogar       | 6307  | 48  |
| Trabajo                                    | 4054  | 31  | Trabajo     | 4054  | 31  |
| Otros                                      | 2082  | 16  | No contesto | 186   | 1   |
|                                            |       |     | Servicios   | 284   | 2   |
|                                            |       |     | Otros       | 327   | 3   |
|                                            |       |     | Escuela     | 882   | 7   |
|                                            |       |     | Recreacion  | 402   | 3   |
| Total                                      | 13019 | 100 | Total       | 13019 | 100 |

CUADRO III

3.-

| Porcentajes de motivos de viaje destinados a cada sector. |         |       |         |       |       |
|-----------------------------------------------------------|---------|-------|---------|-------|-------|
| Motivo                                                    | compras | hogar | trabajo | otros | total |
| Sector                                                    |         |       |         |       |       |
| Orizaba                                                   | 17      | 751   | 147     | 160   | 1075  |
| P.Nuevo                                                   | 22      | 669   | 234     | 196   | 1121  |
| Centro                                                    | 345     | 225   | 1613    | 440   | 2623  |
| Reforma                                                   | 66      | 495   | 459     | 308   | 1328  |
| Pro-Hogar                                                 | 28      | 816   | 415     | 232   | 1491  |
| Perif.Ote                                                 | 15      | 408   | 75      | 60    | 558   |
| Xochimilco                                                | 2       | 593   | 63      | 81    | 739   |
| Rio                                                       | 10      | 394   | 212     | 95    | 711   |
| Universidad                                               | 50      | 843   | 419     | 356   | 1668  |
| Industrial                                                | 11      | 362   | 135     | 52    | 560   |
| Nvo.Mexicali                                              | 10      | 748   | 206     | 76    | 1040  |
| Interurbano                                               | 1       | 3     | 76      | 26    | 106   |

|                 |         |                     |
|-----------------|---------|---------------------|
|                 | destino | 50 viajes ( 8.7 %). |
| Industrial (10) | origen  | 33 viajes ( 5.7 %); |
|                 | destino | 11 viajes (11.9 %). |
| Nuevo Mexi (11) | origen  | 71 viajes (12.3 %); |
|                 | destino | 10 viajes ( 1.7 %). |
| interurbano(12) | origen  | 1 viajes ( 0.2 %);  |
|                 | destino | 1 viajes ( 0.2 %).  |

Al analizar la frecuencia de los viajes reportados y considerando los sectores como destino, podemos observar 3951 viajes (30.3%) que corresponden a 2623 viajes (20.1%) hacia el centro de la Ciudad y 1328 viajes (10.2%) hacia el sector Reforma-especializado en compras y trabajo-originados en los diferentes sectores, mientras que 1668 viajes (12.8%) se dirigen al sector de la Universidad-especializado en otros: posiblemente servicios y educación-mientras que el resto 56.9% con 7401 viajes, se distribuyen en la ciudad para atender diversos motivos de trabajo, servicios, educación, recreación y compras lo cual nos da un primer indicio de que la Ciudad no tiene un patrón de especialización aun cuando encontramos actividades predominantes por sector y presenta sectores claramente especializados, ni presenta un patrón de diversificación, ya que la diversidad de actividades por zona no es tal que permita una cierta autosuficiencia, al parecer la ausencia de un eficaz ordenamiento del crecimiento horizontal de la Ciudad de Mexicali ha generado una distribución de las actividades urbanas que obligan a la utilización de un sistema de transporte urbano basado en un

61.1% (7952) de unidades de propiedad privada y un 38.9% (5068) de unidades de transporte público para minimizar los desgastes en tiempo, energéticos y personales, al cubrir los recorridos para cumplir con las actividades ciudadanas.

CAPITULO IV

INTERACCION  
DE LOS FLUJOS DEL  
TRANSPORTE URBANO.

En este capítulo, se aplicará el modelo gravitacional de doble restricción con el propósito de estimar la interacción urbana a través de los flujos del transporte de la ciudad de Mexicali en 1991.

Para ello, se estimarán los parámetros y el comportamiento esperado de la interacción en términos del modelo, con la aplicación de la ecuación  $\hat{T}_{ij}$ , que nos producirá las nuevas Interacciones .

Se calcularán los indicadores de la relación entre las variables en términos del comportamiento real de la interacción mediante los valores obtenidos en la encuesta de vialidad y transporte aplicada a los habitantes de la ciudad de Mexicali.BC, en 1991., y se evaluará la adecuación del modelo mediante la relación entre el comportamiento esperado y el comportamiento real.

Para estar en condiciones de aplicar el modelo se describirá el procedimiento a seguir y así obtener, a) los datos de las interacciones efectuadas en la ciudad, b) los diferentes motivos que tiene la población al trasladarse, c) los diferentes tipos de transporte que se utilizan normalmente, d) las distancias recorridas desde el punto de origen a su destino final, e) la fórmula general del modelo gravitacional de doble restricción que se aplica, en este caso con tres aplicaciones:

- 1.-Interacciones con datos de la muestra.  $b = 8$  valores.
- 2.-Interacciones con datos de la muestra.  $b = 144$  valores.
- 3.-Interacciones con datos expandidos.  $b = 144$  valores.

Una vez de acuerdo en el procedimiento a seguir, procedemos:

a) Descripción de las interacciones de la población de la ciudad de Mexicali: Para conocer de la magnitud de los viajes efectuados entre los distintos rumbos de la ciudad se procedió a diseñar una encuesta para obtener la información necesaria, la encuesta para la planeación urbana del transporte en la ciudad de Mexicali.BC., fué realizada durante los meses de mayo y junio de 1991, en ella se generalizan los datos siguientes:

1.-Folio.- Corresponde al número de folio de la encuesta.

2.-Dia.- Indica el dia de la semana en que se realizó la encuesta, y se acorda denominar:

| Número indicado | dia al que corresponde la información |
|-----------------|---------------------------------------|
| 2 lunes         | sabado                                |
| 3 martes        | lunes                                 |
| 4 miercoles.    | martes                                |
| 5 jueves.       | miercoles                             |
| 6 viernes       | jueves                                |
| 7 sabado        | viernes.                              |

3.- Ageb.- Los Agebs se caracterizan por los primeros tres dígitos del area geoestadística básica en la que se realizó la encuesta.

4.- Habitación.- Se hace referencia a la cantidad de personas que residen en la habitacion encuestada.

5.- Vehículo.- Cantidad de vehículos disponible en la casa habitación.

6.- Trabajo..- Cantidad de personas que se reportaron como que trabajan.

7.- Estudiantes.- Cantidad de personas que se reportaron como

que estudian.

8.- Miembro.- Número del miembro de la familia que se reportó en el viaje.

9.- Motivo.- El motivo que se reportó como base del viaje en transporte privado o público:

- H.- hogar.
- T.- Trabajo.
- E.- Escuela.
- C.- Compras.
- S.- Servicios.
- R.- Recreación.
- O.- Otros.
- N.- No contesto.

10.- Hora.- Hora de inicio del viaje.

11.- Origen.- Sector de origen del viaje.

12.- Tipo.- Tipo de vehículo utilizado.

- A.- Automovil.
- L.- Camiones de carga ligera.
- S.- Camiones de carga superior a las 20 toneladas.
- O.- Otros vehículos.
- C.- Camión de transporte público utilizado.
- P.- Transporte público, tipo panel.
- T.- Taxi.

13.- Duración.- Duración del viaje en minutos.

14.- Destino.- Sector de destino final del viaje.

15.- Distancia.- Distancia caminada para abordar o para alcanzar el destino, en cientos de metros.

16.- Espera.- Tiempo en espera de la unidad en minutos.

Con los datos de la encuesta se integraron 13020 viajes que se indican esquemáticamente en los planos que se anexan.

La información proporcionada por la encuesta se ordenó en la matriz 1, de manera tal que se observen las interacciones intrasectoriales así como las interacciones

intersectoriales, considerando los totales de los renglones como el total de viajes originados en el sector y con destino a todos los otros sectores incluyendo el sector de origen. Se consideraron los totales de las columnas como el total de los viajes originados en todos los sectores con destino a solo ese sector, incluyendo el sector de origen.

|                   | SECTOR DE DESTINO. |      |      |      |      |     |     |     |      |     |      |     | TOTAL<br>(ORIGEN) |
|-------------------|--------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-------------------|
|                   | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    | 10  | 11   | 12  |                   |
| SECTOR DE ORIGEN. |                    |      |      |      |      |     |     |     |      |     |      |     |                   |
| SECTOR 1          | 207                | 125  | 369  | 52   | 62   | 25  | 53  | 35  | 78   | 18  | 43   | 17  | 1084              |
| SECTOR 2          | 129                | 237  | 304  | 63   | 68   | 12  | 88  | 67  | 94   | 27  | 29   | 3   | 1121              |
| SECTOR 3          | 364                | 301  | 235  | 187  | 290  | 149 | 239 | 147 | 303  | 120 | 250  | 2   | 2587              |
| SECTOR 4          | 51                 | 62   | 184  | 250  | 187  | 79  | 82  | 68  | 232  | 39  | 77   | 0   | 1311              |
| SECTOR 5          | 60                 | 63   | 296  | 184  | 334  | 118 | 34  | 48  | 184  | 37  | 109  | 15  | 1482              |
| SECTOR 6          | 25                 | 10   | 147  | 80   | 112  | 50  | 9   | 19  | 58   | 8   | 30   | 6   | 554               |
| SECTOR 7          | 53                 | 92   | 240  | 78   | 37   | 3   | 77  | 60  | 44   | 22  | 30   | 9   | 745               |
| SECTOR 8          | 35                 | 72   | 149  | 74   | 49   | 21  | 52  | 86  | 94   | 35  | 49   | 8   | 724               |
| SECTOR 9          | 79                 | 91   | 318  | 238  | 182  | 57  | 42  | 95  | 374  | 64  | 124  | 14  | 1678              |
| SECTOR 10         | 16                 | 28   | 120  | 40   | 42   | 6   | 22  | 38  | 64   | 99  | 78   | 12  | 565               |
| SECTOR 11         | 41                 | 36   | 260  | 77   | 112  | 32  | 31  | 41  | 129  | 78  | 204  | 18  | 1059              |
| SECTOR 12         | 15                 | 4    | 1    | 5    | 16   | 6   | 10  | 7   | 14   | 13  | 17   | 2   | 110               |
| TOTAL (D          | 1075               | 1121 | 2623 | 1328 | 1491 | 558 | 739 | 711 | 1668 | 560 | 1040 | 106 | 13020             |

MATRIZ 1 Numero total de viajes origen - destino.

Se observa en la matriz 1, que el número de viajes que tiene como origen el sector 1 y destino el sector 3, son 369, de un total de 1084; mientras que el número de viajes que tienen como destino el sector 3 y como origen el sector 1, son 364, de un total de 1075 y la matriz totaliza los 13020 viajes que se efectuaron entre todos los sectores.

La matriz 2, presenta la información de las interacciones entre sectores pero considerando ahora los renglones como destino final y las columnas como origen de los viajes, se visualiza que el número de viajes que tiene



como destino el sector 1 y origen el sector 3 son 364, de un total de 1075; mientras que el número de viajes que tienen como destino el sector 3 y los originados en el sector 1, son 369, de un total de 1084; y nuevamente la matriz totaliza los mismos 13020 viajes que se efectuaron entre todos los sectores.

| SECTOR DE | SECTOR DE ORIGEN. |      |      |      |      |     |     |     |      |     |      |     | TOTAL<br>(DESTINO) |
|-----------|-------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|--------------------|
|           | 1                 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    | 10  | 11   | 12  |                    |
| SECTOR 1  | 207               | 129  | 364  | 51   | 60   | 25  | 53  | 35  | 79   | 16  | 41   | 15  | 1075               |
| SECTOR 2  | 125               | 237  | 301  | 62   | 63   | 10  | 92  | 72  | 91   | 28  | 36   | 4   | 1121               |
| SECTOR 3  | 369               | 304  | 235  | 184  | 296  | 147 | 240 | 149 | 318  | 120 | 260  | 1   | 2623               |
| SECTOR 4  | 52                | 63   | 187  | 250  | 184  | 80  | 78  | 74  | 238  | 40  | 77   | 5   | 1328               |
| SECTOR 5  | 62                | 68   | 290  | 187  | 334  | 112 | 37  | 49  | 182  | 42  | 112  | 16  | 1491               |
| SECTOR 6  | 25                | 12   | 149  | 79   | 118  | 50  | 3   | 21  | 57   | 6   | 32   | 6   | 558                |
| SECTOR 7  | 53                | 88   | 239  | 82   | 34   | 9   | 77  | 52  | 42   | 22  | 31   | 10  | 739                |
| SECTOR 8  | 35                | 67   | 147  | 68   | 48   | 19  | 60  | 86  | 95   | 38  | 41   | 7   | 711                |
| SECTOR 9  | 78                | 94   | 303  | 232  | 184  | 58  | 44  | 94  | 374  | 64  | 129  | 14  | 1668               |
| SECTOR 10 | 18                | 27   | 120  | 39   | 37   | 8   | 22  | 35  | 64   | 99  | 78   | 13  | 560                |
| SECTOR 11 | 43                | 29   | 250  | 77   | 109  | 30  | 30  | 49  | 124  | 78  | 204  | 17  | 1040               |
| SECTOR 12 | 17                | 3    | 2    | 0    | 15   | 6   | 9   | 8   | 14   | 12  | 18   | 2   | 106                |
| TOTAL (O  | 1084              | 1121 | 2587 | 1311 | 1482 | 554 | 745 | 724 | 1678 | 565 | 1059 | 110 | 13020              |

MATRIZ 2 Número total de viajes destino - origen.

b) Motivos de la población para trasladarse.

|                | MOTIVOS | VHOGAR | TRABAJES | CUER | COMPRAR | RECREAR | SERVIC | OTROS | NO | CON | TOTAL |
|----------------|---------|--------|----------|------|---------|---------|--------|-------|----|-----|-------|
| SECTOR DESTINO |         |        |          |      |         |         |        |       |    |     |       |
| SECTOR 1       | 751     | 147    | 63       | 17   | 51      | 15      | 13     | 18    |    |     | 1075  |
| SECTOR 2       | 669     | 234    | 83       | 22   | 38      | 20      | 29     | 26    |    |     | 1121  |
| SECTOR 3       | 225     | 1613   | 147      | 345  | 101     | 87      | 71     | 34    |    |     | 2623  |
| SECTOR 4       | 495     | 459    | 149      | 66   | 26      | 55      | 52     | 26    |    |     | 1328  |
| SECTOR 5       | 816     | 415    | 112      | 28   | 34      | 27      | 41     | 17    |    |     | 1490  |
| SECTOR 6       | 28      | 75     | 15       | 0    | 9       | 6       | 13     | 408   |    |     | 554   |
| SECTOR 7       | 593     | 63     | 27       | 2    | 21      | 18      | 7      | 8     |    |     | 739   |
| SECTOR 8       | 394     | 212    | 27       | 10   | 22      | 21      | 18     | 7     |    |     | 711   |
| SECTOR 9       | 843     | 419    | 204      | 50   | 57      | 20      | 45     | 30    |    |     | 1668  |
| SECTOR 10      | 362     | 135    | 13       | 11   | 5       | 5       | 22     | 7     |    |     | 560   |
| SECTOR 11      | 748     | 206    | 19       | 10   | 27      | 9       | 14     | 7     |    |     | 1040  |
| SECTOR 12      | 3       | 76     | 10       | 1    | 11      | 1       | 2      | 2     |    |     | 106   |
| TOT            | 5927    | 4054   | 869      | 562  | 402     | 284     | 327    | 590   |    |     | 13015 |

CUADRO 1 Viajes por sector de destino, por motivo de viaje.

Los datos se agruparon por motivo de viaje, como se muestra en el cuadro 1, con el objeto de conocer por medio de las interacciones los movimientos que se generan en la ciudad para cumplir con las diferentes actividades diarias y además para darnos una primer idea de como está estructurada la ciudad en base a los movimientos efectuados.

De la observación de los 13015 viajes reportados se nota que 751 viajes se originaron con motivo hogar en el sector 1, como parte de los 5927 viajes que presentó toda la ciudad en la muestra; a su vez el sector centro (3) sirvió como destino de los 2623 viajes compuestos por 225 al hogar, 1613 al trabajo, 87 para satisfacer la necesidad de servicios, etc., la observación del cuadro 1 nos indica que la ciudad tiene mayor movimiento por hogar 5927, trabajo 4054, escuela 869, compras 562, recreación 402 y servicios 284, que muestra una comunidad laboriosa, hogareña, en activa preparación educativa, planificada en sus gastos y que se divierte ocasionalmente.

#### c) Tipos de transporte.

Mientras que la población de Mexicali se moviliza en transporte privado como lo muestra la matriz 3 a razón de un 61 %, la matriz 4 muestra la interacción y vemos que el sector 1 origina 121 viajes dentro del mismo sector y 468 hacia todos los otros sectores, simultaneamente el sector 3 recibe de los 589 viajes, solamente 170 como destino de los otros sectores y origina 1411 viajes en total.

SECTORES SECTORES DE DESTINO

| DE ORIGEN | 1.0   | 2     | 3     | 4      | 5     | 6     | 7      | 8     | 9     | 10    | 11    | 12     |       |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| SECTOR 1  | 58.5% | 60.0% | 48.2% | 42.3%  | 58.1% | 76.0% | 67.9%  | 54.3% | 62.8% | 72.2% | 65.1% | 82.4%  | 56.3% |
| SECTOR 2  | 56.6% | 65.0% | 49.7% | 63.5%  | 66.2% | 58.3% | 63.6%  | 70.1% | 75.5% | 59.3% | 79.3% | 66.7%  | 61.1% |
| SECTOR 3  | 46.7% | 50.5% | 50.2% | 64.7%  | 59.7% | 50.3% | 62.3%  | 48.3% | 61.4% | 40.0% | 58.8% | 50.0%  | 54.5% |
| SECTOR 4  | 41.2% | 66.1% | 64.7% | 73.2%  | 64.2% | 67.1% | 59.8%  | 55.9% | 71.6% | 48.7% | 64.9% | 0.0%   | 65.5% |
| SECTOR 5  | 58.3% | 65.1% | 59.8% | 63.6%  | 69.5% | 41.5% | 52.9%  | 64.6% | 70.1% | 70.3% | 64.2% | 80.0%  | 63.2% |
| SECTOR 6  | 76.0% | 70.0% | 49.0% | 65.0%  | 39.3% | 62.0% | 77.8%  | 89.5% | 74.1% | 75.0% | 90.0% | 66.7%  | 59.4% |
| SECTOR 7  | 62.3% | 69.6% | 61.7% | 61.5%  | 59.5% | 66.7% | 50.6%  | 65.0% | 77.3% | 77.3% | 76.7% | 100.0% | 64.2% |
| SECTOR 8  | 51.4% | 68.1% | 49.7% | 56.8%  | 59.2% | 85.7% | 65.4%  | 65.1% | 67.0% | 34.3% | 57.1% | 62.5%  | 59.1% |
| SECTOR 9  | 62.0% | 76.9% | 61.3% | 71.8%  | 71.4% | 78.9% | 73.8%  | 68.4% | 68.7% | 60.9% | 58.9% | 71.4%  | 67.6% |
| SECTOR 10 | 81.3% | 53.6% | 40.0% | 50.0%  | 66.7% | 83.3% | 77.3%  | 39.5% | 62.5% | 52.5% | 67.9% | 41.7%  | 55.0% |
| SECTOR 11 | 58.5% | 77.8% | 58.1% | 68.8%  | 67.0% | 84.4% | 80.6%  | 53.7% | 59.7% | 70.5% | 66.7% | 61.1%  | 64.6% |
| SECTOR 12 | 86.7% | 75.0% | 0.0%  | 100.0% | 93.8% | 83.3% | 100.0% | 85.7% | 78.6% | 46.2% | 64.7% | 50.0%  | 78.2% |
| TOT       | 54.8% | 62.4% | 54.6% | 65.8%  | 63.6% | 60.2% | 63.7%  | 59.9% | 67.5% | 55.2% | 64.3% | 69.8%  | 61.1% |

Matriz 3 Viajes por sector en %, transporte privado.

| SECTOR DE ORIGEN | SECTOR DE DESTINO |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |    | TOTAL<br>(ORIGEN) |
|------------------|-------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-------------------|
|                  | 1                 | 2   | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    | 10  | 11  | 12 |                   |
| SECTOR 1         | 121               | 75  | 178  | 22  | 36  | 19  | 36  | 19  | 49   | 13  | 28  | 14 | 610               |
| SECTOR 2         | 73                | 154 | 151  | 40  | 45  | 7   | 56  | 47  | 71   | 16  | 23  | 2  | 685               |
| SECTOR 3         | 170               | 152 | 118  | 121 | 173 | 75  | 149 | 71  | 186  | 48  | 147 | 1  | 1411              |
| SECTOR 4         | 21                | 41  | 119  | 183 | 120 | 53  | 49  | 38  | 166  | 19  | 50  | 0  | 859               |
| SECTOR 5         | 35                | 41  | 177  | 117 | 232 | 49  | 18  | 31  | 129  | 26  | 70  | 12 | 937               |
| SECTOR 6         | 19                | 7   | 72   | 52  | 44  | 31  | 7   | 17  | 43   | 6   | 27  | 4  | 329               |
| SECTOR 7         | 33                | 64  | 148  | 48  | 22  | 2   | 39  | 39  | 34   | 17  | 23  | 9  | 478               |
| SECTOR 8         | 18                | 49  | 74   | 42  | 29  | 18  | 34  | 56  | 63   | 12  | 28  | 5  | 428               |
| SECTOR 9         | 49                | 70  | 195  | 171 | 130 | 45  | 31  | 65  | 257  | 39  | 73  | 10 | 1135              |
| SECTOR 10        | 13                | 15  | 48   | 20  | 28  | 5   | 17  | 15  | 40   | 52  | 53  | 5  | 311               |
| SECTOR 11        | 24                | 28  | 151  | 53  | 75  | 27  | 25  | 22  | 77   | 55  | 136 | 11 | 684               |
| SECTOR 12        | 13                | 3   | 0    | 5   | 15  | 5   | 10  | 6   | 11   | 6   | 11  | 1  | 86                |
| TOTAL (D)        | 589               | 699 | 1431 | 874 | 949 | 336 | 471 | 426 | 1126 | 309 | 669 | 74 | 7953              |

Matriz 4.- Viajes segun sector de origen y destino. Autos.

|           | SECTOR DE DESTINO |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |    | TOTAL |
|-----------|-------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------|
|           | 1                 | 2   | 3    | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12 |       |
| SECTOR DE |                   |     |      |     |     |     |     |     |     |     |     |    |       |
| SECTOR 1  | 86                | 50  | 191  | 30  | 26  | 6   | 17  | 16  | 29  | 5   | 15  | 3  | 474   |
| SECTOR 2  | 56                | 83  | 153  | 23  | 23  | 5   | 32  | 20  | 23  | 11  | 6   | 1  | 436   |
| SECTOR 3  | 194               | 149 | 117  | 66  | 117 | 74  | 90  | 76  | 117 | 72  | 103 | 1  | 1176  |
| SECTOR 4  | 30                | 21  | 65   | 67  | 67  | 26  | 33  | 30  | 66  | 20  | 27  | 0  | 452   |
| SECTOR 5  | 25                | 22  | 119  | 67  | 102 | 69  | 16  | 17  | 55  | 11  | 39  | 3  | 545   |
| SECTOR 6  | 6                 | 3   | 75   | 28  | 68  | 19  | 2   | 2   | 15  | 2   | 3   | 2  | 225   |
| SECTOR 7  | 20                | 28  | 92   | 30  | 15  | 1   | 38  | 21  | 10  | 5   | 7   | 0  | 267   |
| SECTOR 8  | 17                | 23  | 75   | 32  | 20  | 3   | 18  | 30  | 31  | 23  | 21  | 3  | 296   |
| SECTOR 9  | 30                | 21  | 123  | 67  | 52  | 12  | 11  | 30  | 117 | 25  | 51  | 4  | 543   |
| SECTOR 10 | 3                 | 13  | 72   | 20  | 14  | 1   | 5   | 23  | 24  | 47  | 25  | 7  | 254   |
| SECTOR 11 | 17                | 8   | 109  | 24  | 37  | 5   | 6   | 19  | 52  | 23  | 68  | 7  | 375   |
| SECTOR 12 | 2                 | 1   | 1    | 0   | 1   | 1   | 0   | 1   | 3   | 7   | 6   | 1  | 24    |
| TOT       | 486               | 422 | 1192 | 454 | 542 | 222 | 268 | 285 | 542 | 251 | 371 | 32 | 5067  |

MATRIZ 5 Viajes segun origen y destino. Autobus.

|     | SECTORES DE DESTINO |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|---------------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 1                   | 2     | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |       |
| 1   | 41.5%               | 40.0% | 51.8%  | 57.7% | 41.9% | 24.0% | 32.1% | 45.7% | 37.2% | 27.8% | 34.9% | 17.6% | 43.7% |
| 2   | 43.4%               | 35.0% | 50.3%  | 36.5% | 33.8% | 41.7% | 36.4% | 29.9% | 24.5% | 40.7% | 20.7% | 33.3% | 38.9% |
| 3   | 53.3%               | 49.5% | 49.8%  | 35.3% | 40.3% | 49.7% | 37.7% | 51.7% | 38.6% | 60.0% | 41.2% | 50.0% | 45.5% |
| 4   | 58.8%               | 33.9% | 35.3%  | 26.8% | 35.8% | 32.9% | 40.2% | 44.1% | 28.4% | 51.3% | 35.1% | 0.0%  | 34.5% |
| 5   | 41.7%               | 34.9% | 40.2%  | 36.4% | 30.5% | 58.5% | 47.1% | 35.4% | 29.9% | 29.7% | 35.8% | 20.0% | 36.8% |
| 6   | 24.0%               | 30.0% | 51.0%  | 35.0% | 60.7% | 38.0% | 22.2% | 10.5% | 25.9% | 25.0% | 10.0% | 33.3% | 40.6% |
| 7   | 37.7%               | 30.4% | 38.3%  | 38.5% | 40.5% | 33.3% | 49.4% | 35.0% | 22.7% | 22.7% | 23.3% | 0.0%  | 35.8% |
| 8   | 48.6%               | 31.9% | 50.3%  | 43.2% | 40.8% | 14.3% | 34.6% | 34.9% | 33.0% | 65.7% | 42.9% | 37.5% | 40.9% |
| 9   | 38.0%               | 23.1% | 38.7%  | 28.2% | 28.6% | 21.1% | 26.2% | 31.6% | 31.3% | 39.1% | 41.1% | 28.6% | 32.4% |
| 10  | 18.8%               | 46.4% | 60.0%  | 50.0% | 33.3% | 16.7% | 22.7% | 60.5% | 37.5% | 47.5% | 32.1% | 58.3% | 45.0% |
| 11  | 41.5%               | 22.2% | 41.9%  | 31.2% | 33.0% | 15.6% | 19.4% | 46.3% | 40.3% | 29.5% | 33.3% | 38.9% | 35.4% |
| 12  | 13.3%               | 25.0% | 100.0% | 0.0%  | 6.3%  | 16.7% | 0.0%  | 14.3% | 21.4% | 53.8% | 35.3% | 50.0% | 21.8% |
| TOT | 45.2%               | 37.6% | 45.4%  | 34.2% | 36.4% | 39.8% | 36.3% | 40.1% | 32.5% | 44.8% | 35.7% | 30.2% | 38.9% |

MATRIZ 6 Viajes por sector en % , transporte publico.

Solamente un 39 % de la población utiliza el transporte público que se oferta, segun se muestra en la matriz 6, seguramente por las facilidades de adquisición de los automoviles existentes en la región por la zona libre o por el consumo de tiempo que implica siempre el transportarse en

camión, La matriz 5 nos muestra el movimiento de la población mediante el transporte público y allí observamos que el sector 3 origina 1176 viajes a todos los sectores de la ciudad al mismo tiempo que recibe 1192, lo cual indica que dicho sector es el que presenta mayor cantidad de interacciones en todos los motivos y por todos los tipos de transporte, a pesar de tener solamente una población de 10112 habitantes, según el censo de 1990 ilustrado en el cuadro 2 y resultado de la distribución sectorial considerada.

|            |               |       |
|------------|---------------|-------|
| Sector 1.  | Orizaba.      | 68120 |
| Sector 2.  | Pueblo Nuevo. | 48170 |
| Sector 3.  | Centro.       | 10102 |
| Sector 4.  | Reforma.      | 27433 |
| Sector 5.  | Prohogar.     | 55282 |
| Sector 6.  | Perif. Ote.   | 20656 |
| Sector 7.  | Xochimilco.   | 35614 |
| Sector 8.  | Rio.          | 35766 |
| Sector 9.  | Universidad.  | 52073 |
| Sector 10. | Industrial.   | 17795 |
| Sector 11. | Nvo. Mxicali. | 57287 |

CUADRO 2 Poblacion total de Mexicali, en 1991.

Para objetivizar la estructura de los flujos de transporte urbano por sector de destino se muestran las interacciones en porcentajes en la matriz 6, correspondiendo, como era de esperarse un 61.5 % al sector 3 en viajes de trabajo y 8.6 % en viajes al hogar lo cual nos indica su actividad. El motivo escuela se encuentra muy disperso

seguramente por no haberse hecho la distinción de grado de escolaridad entre las primarias y la educación media y la educación superior, no se definieron como para resaltar su participación.

| SECTOR    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | CIUDAD |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| MOTIVO    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| HOGAR     | 69.9%  | 59.7%  | 8.6%   | 37.3%  | 54.8%  | 5.1%   | 80.2%  | 55.4%  | 50.5%  | 64.6%  | 71.9%  | 2.8%   | 45.5%  |
| TRABAJO   | 13.7%  | 20.9%  | 61.5%  | 34.6%  | 27.9%  | 13.5%  | 8.5%   | 29.8%  | 25.1%  | 24.1%  | 19.8%  | 71.7%  | 31.1%  |
| ESCUELA   | 5.9%   | 7.4%   | 5.6%   | 11.2%  | 7.5%   | 2.7%   | 3.7%   | 3.8%   | 12.2%  | 2.3%   | 1.8%   | 9.4%   | 6.7%   |
| COMPRAS   | 1.6%   | 2.0%   | 13.2%  | 5.0%   | 1.9%   | 0.0%   | 0.3%   | 1.4%   | 3.0%   | 2.0%   | 1.0%   | 0.9%   | 4.3%   |
| RECREACIO | 4.7%   | 3.4%   | 3.9%   | 2.0%   | 2.3%   | 1.6%   | 2.8%   | 3.1%   | 3.4%   | 0.9%   | 2.6%   | 10.4%  | 3.1%   |
| SERVICIOS | 1.4%   | 1.8%   | 3.3%   | 4.1%   | 1.8%   | 1.1%   | 2.4%   | 3.0%   | 1.2%   | 0.9%   | 0.9%   | 0.9%   | 2.2%   |
| NO CONT.  | 1.2%   | 2.6%   | 2.7%   | 3.9%   | 2.8%   | 2.3%   | 0.9%   | 2.5%   | 2.7%   | 3.9%   | 1.3%   | 1.9%   | 2.5%   |
| OTROS     | 1.7%   | 2.3%   | 1.3%   | 2.0%   | 1.1%   | 73.6%  | 1.1%   | 1.0%   | 1.8%   | 1.3%   | 0.7%   | 1.9%   | 4.5%   |
| TOTAL     | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

MATRIZ 7 Flujos de transporte urbano, % por destino.

|           | SECTOR | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |      |
|-----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sector 1. | Oriza  | 15.5 | 18.7 | 23.5 | 33.8 | 27.7 | 27.7 | 19.9 | 23.9 | 29.5 | 32.5 | 30.4 | 10.9 |
| Sector 2. | Puebl  | 20.2 | 11.3 | 17.6 | 22.5 | 28.3 | 33.3 | 18.0 | 16.7 | 21.5 | 37.7 | 28.3 | 5.4  |
| Sector 3. | Centr  | 24.3 | 17.3 | 18.0 | 18.3 | 24.8 | 28.8 | 22.4 | 21.7 | 23.2 | 38.7 | 33.7 | 9.7  |
| Sector 4. | Refor  | 34.0 | 24.1 | 17.5 | 12.9 | 20.4 | 21.8 | 24.6 | 21.0 | 17.7 | 41.9 | 31.2 | 6.9  |
| Sector 5. | Pro h  | 29.4 | 27.6 | 23.8 | 19.9 | 13.4 | 18.5 | 32.5 | 23.0 | 17.0 | 24.3 | 26.9 | 13.5 |
| Sector 6. | Perif  | 26.6 | 28.1 | 28.8 | 22.4 | 18.1 | 10.9 | 23.9 | 19.0 | 18.6 | 26.9 | 19.6 | 15.9 |
| Sector 7. | Xochi  | 21.3 | 16.7 | 21.8 | 25.6 | 29.5 | 31.7 | 15.2 | 15.3 | 20.1 | 23.6 | 32.1 | 14.0 |
| Sector 8. | Rio.   | 27.2 | 16.6 | 22.1 | 22.1 | 24.5 | 20.7 | 15.6 | 11.5 | 21.0 | 30.9 | 26.2 | 14.4 |
| Sector 9. | Unive  | 31.1 | 20.6 | 23.2 | 17.3 | 17.1 | 17.5 | 23.1 | 20.0 | 11.3 | 21.4 | 23.4 | 17.8 |
| Sector10. | Indus  | 32.5 | 37.5 | 39.6 | 41.4 | 25.6 | 25.2 | 24.0 | 29.0 | 20.9 | 14.2 | 16.6 | 19.4 |
| Sector11. | Nvo.M  | 35.6 | 27.6 | 33.6 | 31.2 | 26.9 | 20.8 | 29.7 | 27.9 | 23.3 | 17.6 | 18.0 | 24.6 |
| Sector12. | Inter  | 11.4 | 4.9  | 10.4 | 8.3  | 18.0 | 20.4 | 13.6 | 15.5 | 21.5 | 20.7 | 29.3 | 10.0 |

MATRIZ 8 Recorrido promedio entre sectores, en tiempo.

d) total de la distancia recorrida entre origen y destino.

En la ciudad de Mexicali a pesar de tener una superficie urbana grande, la ciudadanía invierte relativamente poco tiempo en su traslado por los diferentes motivos; la matriz 7

resalta el tiempo entre los sectores 4 y 10 de 41.9 minutos en promedio, el del 10 al 3 en comparación de los 39.6 minutos al trasladarse entre los extremos de la ciudad.

Hasta aquí los datos se usarán como tronco común para las tres aplicaciones de que se habló anteriormente.

e) Se presentará la forma general del modelo gravitacional de doble restricción que utilizaremos en lo sucesivo, con los datos anteriores:

La ecuación del modelo propuesto es:

$$^T_{ij} = ((A_i O_i) * (B_j D_j)) * (d_{ij}^{-b})$$

donde:

$^T_{ij}$  = Interacción esperada entre los sectores (i) y (j).

$O_i$  = Número total de desplazamientos que salen de un sector de origen (i).

$D_j$  = Número total de desplazamientos que entran a un sector de destino (j).

$d_{ij}$  = Distancia, estimada en tiempo de recorrido, entre los sectores (i) y (j).

$b$  = Factor de restricción o fricción de la distancia, que será calculada de dos maneras diferentes.

$A_i$  =  $[ \text{Sumatoria } j B_j D_j d_{ij}^{-b} ]^{-1}$ .

$B_j$  =  $[ \text{Sumatoria } i A_i D_j (d_{ij})^{-b} ]^{-1}$ .

Con el fin de aplicar la formula se procederá a efectuar los pasos siguientes:

- 1.- Adecuación del archivo de captura de la encuesta.
- 2.- Agrupar los motivos de viaje en cuatro: C,H,T,O.
- 3.- Obtener la distancia-en tiempo-promedio de viajes por sector, por motivo y por tipo de transporte, ya sea privado (A) o público(C).
- 4.- Obtener el factor (b).
- 5.- Obtener los valores de  $A_i$  y  $B_j$ .
- 6.- Tabular los resultados esperados de las interacciones de la población de Mexicali.
- 7.- Tabular las interacciones reales (generadas por la encuesta de transporte IIS/II/91).
- 8.- Obtener las conclusiones de la aplicación de la formula del modelo gravitacional en cada caso.

En base al programa elaborado, se proseguirá en el

cálculo del modelo con la primer aplicación:

1.- La adecuación de los datos de la encuesta se limitó solo a la información generada para el transporte, éstos datos proporcionados por el Instituto de Ingeniería de la Unidad Mexicali, de la UABC., se manejaron en el DE., del programa SPSS del Instituto de Investigaciones Sociales, de la UABC, Unidad Mexicali.

2.- Los datos se agruparon en cuatro motivos de viaje:  
Compras, hogar, trabajo y otros.

3.- Se obtuvo la distancia promedio de viajes por sector, por motivo y por tipo de transporte, en el caso del transporte privado (A) resultó de 15.52 para el motivo otros, de 16.19 para el motivo compras, de 16.65 para el motivo hogar y de 16.81 para el motivo trabajo; en el caso del transporte publico (C) resultó de 31.33 para el motivo otros, de 32.33 para el motivo hogar, de 32.61 para el motivo trabajo y de 34.53 para el motivo compras.

4.- Para obtener los valores de los coeficientes de fricción (b), en este primer intento, se calcularon los recíprocos para cada motivo y para cada tipo de transporte resultando en el caso del transporte privado (A) de 0.0644 para el motivo otros, de 0.0618 para el motivo compras, de 0.0601 para el motivo hogar y de 0.0595 para el motivo trabajo; en el caso del transporte publico (C) resultó de 0.0319 para el motivo otros, de 0.0309 para el motivo hogar, de 0.0307 para el motivo trabajo y de 0.0290 para el motivo compras; esta información la podemos resumir en el cuadro de valores de b:



# VALORES DE b. (primer intento)

|                           |    |        |          |
|---------------------------|----|--------|----------|
| Transporte<br>privado (A) | b1 | 0.0604 | otros.   |
|                           | b2 | 0.0618 | compras. |
|                           | b3 | 0.0601 | hogar.   |
|                           | b4 | 0.0595 | trabajo. |
| Transporte<br>publico (C) | b5 | 0.0319 | otros    |
|                           | b6 | 0.0309 | hogar.   |
|                           | b7 | 0.0307 | trabajo. |
|                           | b8 | 0.0290 | compras. |

5.- para obtener los valores de  $A_i$  y  $B_j$ , de requiere una serie de pasos intermedios que daremos en forma organizada; como las operaciones precedentes nos permitieron obtener los valores de b, que se aplicarán en la ecuación típica del modelo de gravedad con dos restricciones para la distribución de desplazamientos; de acuerdo a lo expresado por Colin Lee en su libro Modelos de Planificación y de acuerdo a la bibliografía consultada hasta ahora, se cree prudente seguir como guía el organigrama sugerido por el autor.

## ORGANIGRAMA DE COLIN LEE.

- 1.- Calcular la expresión:  $D_j / d_{ij}^b$
- 2.- Calcular las expresiones  $A_i$  y  $B_j$
- 3.- Calcular la probabilidad de interacción entre cada par de sectores, de acuerdo a:  

$$Pr_{ij} = (A_i B_j) / d_{ij}^b.$$
- 4.- Calcular la interacción esperada entre cada par de sectores, de acuerdo a:  

$$^T_{ij} = O_i Pr_{ij}.$$
- 5.- Finalmente, comparar las matrices con las interacciones entre cada uno de los sectores y en los totales de todos los sectores.  
 Para calcular la expresión  $D_j / d_{ij}^b$ .  
 (viajes con destino al sector j divididos por la distancia entre los sectores i y j elevados al coeficiente de fricción)  
 tabulamos los datos del total de viajes destino-origen =  $D_j$ .

|     |      |               |
|-----|------|---------------|
| D1  | 1075 | Orizaba       |
| D2  | 1122 | Pueblo Nuevo  |
| D3  | 2623 | Centro        |
| D4  | 1328 | Reforma       |
| D5  | 1489 | Prohogar      |
| D6  | 558  | Perif. Ote    |
| D7  | 739  | Xochimilco    |
| D8  | 711  | Rio           |
| D9  | 1688 | Universidad   |
| D10 | 560  | Industrial    |
| D11 | 1040 | Nvo. Mexicali |

Iteraciones:  $A_i = ( \text{Suma en } i ( B_j D_j ) / d_{ij}^b )$ .  
 $B_j = ( \text{Suma en } j ( A_i D_j ) / d_{ij}^b )$ .

Los valores de las distancias promedio, convertidas a tiempo de recorrido las tabulamos:

$d_{ij}$  = distancias promedio entre  $i$  y  $j$ , en tiempo.

| Sector | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1      | 15.48479 | 18.71189 | 23.46191 | 33.80934 | 27.69428 | 27.66101 | 19.85133 | 23.90515 | 29.49921 | 32.52327 | 30.36955 |
| 2      | 20.22391 | 11.30017 | 17.62634 | 22.50366 | 28.31328 | 33.25864 | 18.03522 | 16.73446 | 21.50166 | 37.67431 | 28.28489 |
| 3      | 24.25005 | 17.31321 | 18.04252 | 18.25104 | 24.80082 | 28.80144 | 22.36191 | 21.73276 | 23.15833 | 38.73408 | 33.69406 |
| 4      | 34.03211 | 24.10261 | 17.45052 | 12.87419 | 20.41445 | 21.77942 | 24.61032 | 21.00067 | 17.71726 | 41.92568 | 31.15372 |
| 5      | 29.39461 | 27.56131 | 23.77414 | 19.94699 | 13.37746 | 18.45796 | 32.52928 | 22.96101 | 17.00138 | 24.30149 | 26.87196 |
| 6      | 26.55996 | 28.14203 | 28.78899 | 22.40454 | 18.11454 | 10.94205 | 23.89471 | 19.03321 | 18.55259 | 26.88155 | 19.64909 |
| 7      | 21.28889 | 16.68871 | 21.77329 | 25.57548 | 29.54898 | 31.66666 | 15.18377 | 15.31308 | 20.09681 | 23.58609 | 32.05957 |
| 8      | 27.21338 | 16.56721 | 22.11499 | 22.10716 | 24.47579 | 20.65409 | 15.61127 | 11.53241 | 21.03634 | 30.93201 | 26.22977 |
| 9      | 31.10246 | 20.56216 | 23.22781 | 17.33699 | 17.05815 | 17.45796 | 23.10898 | 19.96877 | 11.27117 | 21.37491 | 23.36835 |
| 10     | 32.51637 | 37.54874 | 39.63143 | 41.41304 | 25.59012 | 25.21925 | 23.98799 | 28.99563 | 20.88891 | 14.18867 | 16.61333 |
| 11     | 35.56595 | 27.63877 | 33.56744 | 31.17352 | 26.92802 | 20.76477 | 29.72827 | 27.87408 | 23.27288 | 17.61172 | 13.97633 |

Para encontrar los valores de  $A_i$  y  $B_j$ , como ambas estan contenidas en si mismas, ejecutaremos iteraciones partiendo de un valor de  $A_i = 1$ , luego, el valor de  $B_j$  en cuatro iteraciones se muestra a continuación, y al final de la tabla se indica la diferencia del valor de  $B_j$  en la cuarta iteración con el anterior de la tercera iteración y, se cree que ya no es necesario practicar la siguiente, ya que la diferencia no es significativa.

Valores de  $B_j$ , en cuatro iteraciones:

|    | <u>bi. otros</u> | Dif. $B_j$ . Anterior |
|----|------------------|-----------------------|
| 1  | 0.00010          | 0.0000000000          |
| 2  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 3  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 4  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 5  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 6  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 7  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 8  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 9  | 0.00009          | 0.0000000000          |
| 10 | 0.00010          | -0.0000000001         |
| 11 | 0.00010          | 0.0000000000          |

El valor de  $A_i$ , resulta al efectuar las iteraciones con el valor de  $B_j$ , se llevó hasta la cuarta iteración y se muestran los resultados en el cuadro siguiente, donde se observa que no es necesario, por no ser significativa la diferencia entre el actual y el anterior valor, continuar iterando.

Valores de  $A_i$ , en cuatro iteraciones:

|    | bi. otros. | Dif. $A_i$ . Anterior |
|----|------------|-----------------------|
| 1  | 1.088622   | -0.0000000585         |
| 2  | 1.048700   | -0.0000002996         |
| 3  | 0.447830   | -0.0000001575         |
| 4  | 0.883894   | -0.0000003729         |
| 5  | 0.788282   | -0.0000000171         |
| 6  | 2.097987   | 0.0000003760          |
| 7  | 1.589457   | -0.0000000166         |
| 8  | 1.655185   | -0.0000001867         |
| 9  | 0.704035   | 0.0000000045          |
| 10 | 2.094800   | 0.0000012849          |
| 11 | 1.130382   | 0.0000005642          |

Para calcular la probabilidad de interacción entre cada par de sectores, se multiplican los valores de la cuarta iteración de  $A_i$  y  $B_j$  y se dividen entre los valores ya obtenidos de  $d_{ij}^b$ , este resultado se multiplica por los valores de los viajes en el origen  $O_i$ , que a continuación se enlistan:

|     |      | Valores de $O_i$ . Origen |
|-----|------|---------------------------|
| 01  | 1084 |                           |
| 02  | 1121 |                           |
| 03  | 2587 |                           |
| 04  | 1311 |                           |
| 05  | 1482 |                           |
| 06  | 554  |                           |
| 07  | 745  |                           |
| 08  | 724  |                           |
| 09  | 1677 |                           |
| 010 | 565  |                           |
| 011 | 1059 |                           |

y finalmente, obtenemos como resultado la interacción esperada entre cada par de sectores, de acuerdo a la expresión:

$$\hat{T}_{ij} = O_i Pr_{ij}.$$

los resultados de la aplicación del modelo gravitacional, o sean las interacciones estimadas se muestran en el cuadro siguiente; para ser comparadas con las interacciones reales, obtenidas de la encuesta, mismas que se presentan a continuación del cuadro anterior:

|              | Sector | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | ^Tij. |
|--------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Orizaba      | 1      | 102 | 100 | 99  | 97  | 98  | 98  | 100 | 99  | 98  | 97  | 97  | 1085  |
| Pueblo Nuevo | 2      | 102 | 106 | 103 | 102 | 100 | 99  | 103 | 104 | 102 | 98  | 100 | 1119  |
| Centro       | 3      | 235 | 240 | 239 | 239 | 235 | 232 | 236 | 237 | 236 | 228 | 230 | 2587  |
| Reforma      | 4      | 116 | 119 | 121 | 124 | 120 | 120 | 119 | 120 | 121 | 115 | 117 | 1312  |
| Prohogar     | 5      | 132 | 133 | 134 | 136 | 139 | 136 | 132 | 135 | 137 | 134 | 133 | 1481  |
| Perif. Ote   | 6      | 50  | 49  | 49  | 50  | 51  | 53  | 50  | 51  | 51  | 50  | 51  | 555   |
| Xochimilco   | 7      | 68  | 69  | 68  | 67  | 66  | 66  | 69  | 69  | 68  | 67  | 66  | 743   |
| Rio          | 8      | 65  | 67  | 66  | 66  | 65  | 66  | 67  | 68  | 66  | 64  | 65  | 725   |
| Universidad  | 9      | 148 | 152 | 154 | 154 | 154 | 154 | 151 | 152 | 158 | 152 | 151 | 1677  |
| Industrial   | 10     | 51  | 50  | 50  | 50  | 51  | 52  | 52  | 51  | 52  | 53  | 53  | 565   |
| Nvo. Mexical | 11     | 94  | 96  | 95  | 95  | 96  | 97  | 95  | 96  | 97  | 99  | 100 | 1060  |

^Tij.- Interacciones estimadas, resultados de la aplicación del modelo gravitacional.

|              | Sector | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | Tij  |
|--------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Orizaba      | 1      | 207 | 129 | 364 | 51  | 60  | 25  | 53  | 35  | 79  | 16  | 41  | 1075 |
| Pueblo Nuevo | 2      | 125 | 237 | 302 | 62  | 63  | 10  | 92  | 72  | 91  | 28  | 36  | 1122 |
| Centro       | 3      | 369 | 304 | 235 | 184 | 296 | 147 | 240 | 149 | 318 | 120 | 260 | 2623 |
| Reforma      | 4      | 52  | 63  | 187 | 250 | 184 | 80  | 78  | 74  | 238 | 40  | 77  | 1328 |
| Prohogar     | 5      | 62  | 68  | 289 | 187 | 334 | 112 | 37  | 49  | 181 | 42  | 112 | 1489 |
| Perif. Ote   | 6      | 25  | 12  | 149 | 79  | 118 | 50  | 3   | 21  | 57  | 6   | 32  | 558  |
| Xochimilco   | 7      | 53  | 88  | 239 | 82  | 34  | 9   | 77  | 52  | 42  | 22  | 31  | 739  |
| Rio          | 8      | 35  | 67  | 143 | 68  | 48  | 19  | 60  | 86  | 95  | 38  | 41  | 711  |
| Universidad  | 9      | 78  | 94  | 303 | 232 | 184 | 58  | 44  | 94  | 374 | 64  | 129 | 1668 |
| Industrial   | 10     | 18  | 27  | 120 | 39  | 37  | 8   | 22  | 35  | 64  | 99  | 78  | 560  |
| Nvo. Mexical | 11     | 43  | 29  | 250 | 77  | 109 | 30  | 30  | 49  | 124 | 78  | 204 | 1040 |

Tij.- Interacciones reales, resultantes de la aplicación de la encuesta.

CONCLUSIONES SOBRE EL USO DEL MODELO GRAVITACIONAL DE DOBLE RESTRICCIÓN EN EL CASO DE LA CIUDAD DE MEXICALI. BC.

Al comparar la matriz de resultados de la aplicación del

modelo gravitacional ( $\hat{T}_{ij}$  = Interacciones estimadas, que contiene la parte correspondiente al motivo O = Otros), con la matriz de información que contiene los datos producidos por la encuesta ( $T_{ij}$  = Interacciones reales ); es notorio que los viajes en cada uno de los sectores estimados por el modelo, no coinciden con los viajes reportados en cada uno de los sectores por la encuesta, por ejemplo:

- 1.- Al considerar el sector 1 como origen y destino, los (102) viajes estimados, no coinciden con los (207) viajes reales reportados, así como tampoco coinciden con los (207) viajes reportados en la tabla 5 de la matriz de interacción intrasectorial por sector de origen, ( resultado ya esperado pues se concluyó que existe interacción intersectorial).
- 2.- Se considerará el sector (9) Universidad como destino, los (158) viajes estimados no coinciden con los (374) viajes reales reportados, así como tampoco coinciden con los (356) viajes reportados en la tabla 6 de la matriz de interacciones por sector de destino.

Interacciones totales, estimadas y reales.

| Sector | $\hat{T}_{ij}$ | $T_{ij}$ | Diferencia. |
|--------|----------------|----------|-------------|
| 1      | 1085           | 1075     | - 0.9908 %  |
| 2      | 1119           | 1122     | + 0.9973 %  |
| 3      | 2587           | 2623     | + 1.0139 %  |
| 4      | 1312           | 1328     | + 1.0122 %  |
| 5      | 1481           | 1489     | + 1.0054 %  |
| 6      | 555            | 558      | + 1.0054 %  |
| 7      | 743            | 739      | - 0.9946 %  |
| 8      | 725            | 711      | - 0.9807 %  |
| 9      | 1677           | 1668     | - 0.9946 %  |
| 10     | 565            | 560      | - 0.9912 %  |
| 11     | 1060           | 1040     | - 0.9811 %  |

- 3.- Sin embargo, los resultados de los (1085) viajes estimados totales del sector 1, presentan pequeñas diferencias con los

(1075) viajes reales reportados por la encuesta y los (1084) viajes reportados en la tabla 5 de la matriz de interacción intrasectorial por sector de origen.

4.- Los resultados de los (1677) viajes estimados totales del sector (9) Universidad, presentan pequeñas diferencias con los (1668) viajes reales reportados por la encuesta y los (1668) viajes reportados en la tabla 6 de la matriz de interacción intrasectorial por sector de destino.

Estas variaciones se pueden atribuir a las siguientes causas:

- a.- El redondeo de los decimales.
- b.- La no consideración del sector 12 (intraurbanos).
- c.- El no llevar las iteraciones de  $A_i$  y  $B_j$ , a una mayor convergencia.
- d.- La sectorización de la Ciudad.
- e.- La estimación, en tiempo, de las distancias entre centroides.
- f.- La estimación del factor de fricción en los viajes.
- g.- La agrupación de los motivos de viaje.
- h.- El tamaño de la muestra.
- i.- El diseño de la encuesta.

Para poder evaluar el modelo y utilizarlo con fines predictivos de comportamiento de la Ciudad de Mexicali., con mayor o menor número de habitantes y en consecuencia con mayor o menor volumen de interacciones, se deberá:

1.- Rehacer los cálculos variando unas o algunas o todas las causas apuntadas y comparar con los valores reales de las interacciones obtenidas por medio de encuestas;

ya que: "... la evaluación es el proceso que consiste en encontrar los valores de los parámetros en el modelo que proporcionan el mejor ajuste entre el rendimiento del mismo y el comportamiento del sistema en el mundo real (Lee,1973:p99)

2.- Considerar explícitamente las variables socioeconómicas,

para tratar de mejorar la capacidad del modelo incorporando algunos indicadores socioeconómicos, estimativamente: el nivel de urbanización, pavimentación y otros servicios significativos ( agua, electricidad y drenaje ), promedio y estratos de ingreso, para tratar de utilizar la información disponible en los apartados de población y vivienda de la encuesta.

3.- Ampliar los objetivos, lo cual en este caso particular de investigación no se hará.

En la propuesta de cálculo decíamos que calcularíamos las interacciones en las secuelas siguientes:

- 1.-Interacciones con datos de la muestra. b= 8 valores.
- 2.-Interacciones con datos de la muestra. b= 144 valores.
- 3.-Interacciones con datos expandidos. b= 144 valores.

Como resultado de la primera aplicación, se obtuvieron los valores del coeficiente de fricción que se muestran:

VALORES DE b.

|                           |    |        |          |
|---------------------------|----|--------|----------|
| Transporte<br>privado (A) | b1 | 0.0604 | otros.   |
|                           | b2 | 0.0618 | compras. |
|                           | b3 | 0.0601 | hogar.   |
|                           | b4 | 0.0595 | trabajo. |
| Transporte<br>publico (C) | b5 | 0.0319 | otros    |
|                           | b6 | 0.0309 | hogar.   |
|                           | b7 | 0.0307 | trabajo. |
|                           | b8 | 0.0290 | compras. |

Ahora, se usará para las otras dos aplicaciones de la formula del modelo gravitacional, como tronco común, primero el valor del coeficiente de restricción (b) con sus valores

de distancia promedio para cada motivo de viaje, despues se sacará su promedio y finalmente se convertirán a decimales de hora, como se muestra:

| VALORES DE b.             |    |       |          | promedio. horas. |        |
|---------------------------|----|-------|----------|------------------|--------|
| Transporte<br>privado (A) | b1 | 15.52 | otros.   |                  |        |
|                           | b2 | 16.19 | compras. |                  |        |
|                           | b3 | 16.65 | hogar.   |                  |        |
|                           | b4 | 16.81 | trabajo. | 16.29            | 0.2715 |
| Transporte<br>publico (C) | b5 | 31.33 | otros    |                  |        |
|                           | b6 | 32.33 | hogar.   |                  |        |
|                           | b7 | 32.61 | trabajo. |                  |        |
|                           | b8 | 34.53 | compras. | 32.70            | 0.5450 |

Con estos valores del coeficiente de restricción (b), se procederá al calculo de la interacciones esperadas por el intento 2, en este caso se procede a calular los porcentajes de viaje por sector, por transporte privado y por transporte publico:

#### PORCENTAJE DE VIAJES POR SECTOR. SEGUN TRANSPORTE PRIVADO.

| SECTORESECTORES DE DESTINO |       |       |       |       |       |        |       |       |       |       |        |       |  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--|
| DE ORIG                    | SECTO | 2     | 3     | 4     | 5     | 6      | 7     | 8     | 9     | 10    | 11     | 12    |  |
| SECTOR 58.5%               | 60.0% | 48.2% | 42.3% | 58.1% | 76.0% | 67.9%  | 54.3% | 62.8% | 72.2% | 65.1% | 82.4%  | 56.3% |  |
| SECTOR 56.6%               | 65.0% | 49.7% | 63.5% | 66.2% | 58.3% | 63.6%  | 70.1% | 75.5% | 59.3% | 79.3% | 66.7%  | 61.1% |  |
| SECTOR 46.7%               | 50.5% | 50.2% | 64.7% | 59.7% | 50.3% | 62.3%  | 48.3% | 61.4% | 40.0% | 58.8% | 50.0%  | 54.5% |  |
| SECTOR 41.2%               | 66.1% | 64.7% | 73.2% | 64.2% | 67.1% | 59.8%  | 55.9% | 71.6% | 48.7% | 64.9% | 0.0%   | 65.5% |  |
| SECTOR 58.3%               | 65.1% | 59.8% | 63.6% | 69.5% | 41.5% | 52.9%  | 64.6% | 70.1% | 70.3% | 64.2% | 80.0%  | 63.2% |  |
| SECTOR 76.0%               | 70.0% | 49.0% | 65.0% | 39.3% | 62.0% | 77.8%  | 89.5% | 74.1% | 75.0% | 90.0% | 66.7%  | 59.4% |  |
| SECTOR 62.3%               | 69.6% | 61.7% | 61.5% | 59.5% | 66.7% | 50.6%  | 65.0% | 77.3% | 77.3% | 76.7% | 100.0% | 64.2% |  |
| SECTOR 51.4%               | 68.1% | 49.7% | 56.8% | 59.2% | 85.7% | 65.4%  | 65.1% | 67.0% | 34.3% | 57.1% | 62.5%  | 59.1% |  |
| SECTOR 62.0%               | 76.9% | 61.3% | 71.8% | 71.4% | 78.9% | 73.8%  | 68.4% | 68.7% | 60.9% | 58.9% | 71.4%  | 67.6% |  |
| SECTOR 81.3%               | 53.6% | 40.0% | 50.0% | 66.7% | 83.3% | 77.3%  | 39.5% | 62.5% | 52.5% | 67.9% | 41.7%  | 55.0% |  |
| SECTOR 58.5%               | 77.8% | 58.1% | 68.8% | 67.0% | 84.4% | 80.6%  | 53.7% | 59.7% | 70.5% | 66.7% | 61.1%  | 64.6% |  |
| SECTOR 86.7%               | 75.0% | 0.0%  | ****  | 93.8% | 83.3% | 100.0% | 85.7% | 78.6% | 46.2% | 64.7% | 50.0%  | 78.2% |  |
| T54.8%                     | 62.4% | 54.6% | 65.8% | 63.6% | 60.2% | 63.7%  | 59.9% | 67.5% | 55.2% | 64.3% | 69.8%  | 61.1% |  |



# PORCENTAJE DE VIAJES POR SECTOR. SEGUN TRANSPORTE PUBLICO.

| SECTORES DE DESTINO |       |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 1     | 2     | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |       |
| 1                   | 41.5% | 40.0% | 51.8%  | 57.7% | 41.9% | 24.0% | 32.1% | 45.7% | 37.2% | 27.8% | 34.9% | 17.6% | 43.7% |
| 2                   | 43.4% | 35.0% | 50.3%  | 36.5% | 33.8% | 41.7% | 36.4% | 29.9% | 24.5% | 40.7% | 20.7% | 33.3% | 38.9% |
| 3                   | 53.3% | 49.5% | 49.8%  | 35.3% | 40.3% | 49.7% | 37.7% | 51.7% | 38.6% | 60.0% | 41.2% | 50.0% | 45.5% |
| 4                   | 58.8% | 33.9% | 35.3%  | 26.8% | 35.8% | 32.9% | 40.2% | 44.1% | 28.4% | 51.3% | 35.1% | 0.0%  | 34.5% |
| 5                   | 41.7% | 34.9% | 40.2%  | 36.4% | 30.5% | 58.5% | 47.1% | 35.4% | 29.9% | 29.7% | 35.8% | 20.0% | 36.8% |
| 6                   | 24.0% | 30.0% | 51.0%  | 35.0% | 60.7% | 38.0% | 22.2% | 10.5% | 25.9% | 25.0% | 10.0% | 33.3% | 40.6% |
| 7                   | 37.7% | 30.4% | 38.3%  | 38.5% | 40.5% | 33.3% | 49.4% | 35.0% | 22.7% | 22.7% | 23.3% | 0.0%  | 35.8% |
| 8                   | 48.6% | 31.9% | 50.3%  | 43.2% | 40.8% | 14.3% | 34.6% | 34.9% | 33.0% | 65.7% | 42.9% | 37.5% | 40.9% |
| 9                   | 38.0% | 23.1% | 38.7%  | 28.2% | 28.6% | 21.1% | 26.2% | 31.6% | 31.3% | 39.1% | 41.1% | 28.6% | 32.4% |
| 10                  | 18.8% | 46.4% | 60.0%  | 50.0% | 33.3% | 16.7% | 22.7% | 60.5% | 37.5% | 47.5% | 32.1% | 58.3% | 45.0% |
| 11                  | 41.5% | 22.2% | 41.9%  | 31.2% | 33.0% | 15.6% | 19.4% | 46.3% | 40.3% | 29.5% | 33.3% | 38.9% | 35.4% |
| 12                  | 13.3% | 25.0% | 100.0% | 0.0%  | 6.3%  | 16.7% | 0.0%  | 14.3% | 21.4% | 53.8% | 35.3% | 50.0% | 21.8% |
| TOT                 | 45.2% | 37.6% | 45.4%  | 34.2% | 36.4% | 39.8% | 36.3% | 40.1% | 32.5% | 44.8% | 35.7% | 30.2% | 38.9% |

con los porcentajes de viaje por sector, se procede a ponderar con los valores de b, en horas y tenemos:

## FACTOR DE RESTRICCION (b) POR SECTOR DE ORIGEN Y DE DESTINO.

| i)            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sector 1. Or  | 0.43 | 0.43 | 0.40 | 0.38 | 0.43 | 0.48 | 0.45 | 0.42 | 0.44 | 0.47 | 0.45 | 0.49 |
| Sector 2. Pu  | 0.42 | 0.45 | 0.40 | 0.44 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.47 | 0.43 | 0.48 | 0.45 |
| Sector 3. Ce  | 0.40 | 0.41 | 0.41 | 0.44 | 0.43 | 0.41 | 0.44 | 0.40 | 0.44 | 0.38 | 0.43 | 0.41 |
| Sector 4. Re  | 0.38 | 0.45 | 0.44 | 0.47 | 0.44 | 0.45 | 0.43 | 0.42 | 0.46 | 0.40 | 0.45 | 0.00 |
| Sector 5. Pr  | 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.44 | 0.46 | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.46 | 0.46 | 0.44 | 0.49 |
| Sector 6. Pe  | 0.48 | 0.46 | 0.40 | 0.45 | 0.38 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.47 | 0.47 | 0.51 | 0.45 |
| Sector 7. Xo  | 0.44 | 0.46 | 0.44 | 0.44 | 0.43 | 0.45 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.48 | 0.48 | 0.54 |
| Sector 8. Ri  | 0.41 | 0.45 | 0.40 | 0.42 | 0.43 | 0.50 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.36 | 0.42 | 0.44 |
| Sector 9. Un  | 0.44 | 0.48 | 0.44 | 0.46 | 0.46 | 0.48 | 0.47 | 0.45 | 0.46 | 0.43 | 0.43 | 0.46 |
| Sector 10. In | 0.49 | 0.41 | 0.38 | 0.41 | 0.45 | 0.50 | 0.48 | 0.38 | 0.44 | 0.41 | 0.45 | 0.38 |
| Sector 11. Nv | 0.43 | 0.48 | 0.43 | 0.46 | 0.45 | 0.50 | 0.49 | 0.41 | 0.43 | 0.46 | 0.45 | 0.44 |
| Sector 12. In | 0.50 | 0.47 | 0.27 | 0.54 | 0.52 | 0.50 | 0.54 | 0.50 | 0.48 | 0.39 | 0.44 | 0.41 |

\* b t. de t

p.ejem.: Dj sector 1= 60% de los viajes en t. pub. y 40% en t. part.

$$.54 \times .40 + .27 \times .60 = .216 + .162 = .379$$

se prosigue con el organigrama propuesto por Colin Lee y se calculan por iteraciones los valores de Oi y Bj, para posteriormente obtener como resultado final:

EL NUMERO DE VIAJES ESPERADOS POR EL MODELO.  $\hat{T}_{ij}$ .

| (i)           | 1   | 2   | 3   | 4 | 5   | 6  | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | Tij   |
|---------------|-----|-----|-----|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Sector 1. Or  | 108 | 105 | 107 | 0 | 100 | 37 | 108 | 108 | 110 | 105 | 108 | 138 | 1134  |
| Sector 2. Pu  | 102 | 95  | 97  | 0 | 90  | 34 | 98  | 97  | 99  | 95  | 97  | 124 | 1027  |
| Sector 3. Ce  | 539 | 215 | 219 | 0 | 204 | 76 | 221 | 220 | 225 | 215 | 220 | 282 | 2635  |
| Sector 4. Re  | 135 | 106 | 108 | 0 | 101 | 38 | 109 | 109 | 111 | 106 | 109 | 139 | 1171  |
| Sector 5. Pr  | 157 | 110 | 112 | 1 | 104 | 39 | 113 | 112 | 115 | 110 | 112 | 144 | 1228  |
| Sector 6. Pe  | 20  | 38  | 39  | 0 | 36  | 13 | 39  | 39  | 39  | 38  | 39  | 49  | 389   |
| Sector 7. Xo  | 44  | 62  | 63  | 0 | 59  | 22 | 64  | 64  | 65  | 62  | 64  | 82  | 651   |
| Sector 8. Ri  | 37  | 54  | 55  | 0 | 51  | 19 | 56  | 55  | 57  | 54  | 56  | 71  | 566   |
| Sector 9. Un  | 181 | 113 | 116 | 0 | 108 | 40 | 117 | 116 | 119 | 114 | 116 | 149 | 1288  |
| Sector 10. In | 18  | 34  | 34  | 0 | 32  | 12 | 35  | 34  | 35  | 34  | 34  | 44  | 346   |
| Sector 11. Nv | 78  | 78  | 80  | 0 | 74  | 28 | 81  | 80  | 82  | 78  | 80  | 103 | 843   |
| Sector 12. In | 1   | 6   | 6   | 0 | 6   | 2  | 7   | 6   | 7   | 6   | 7   | 8   | 63    |
|               |     |     |     |   |     |    |     |     |     |     |     |     | 11341 |

NUMERO DE VIAJES REPORTADOS POR LA ENCUESTA.  $T_{ij}$ .

|                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    | 10  | 11   | 12  | TOTAL<br>(ORIGEN) |
|-------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-------------------|
| SECTOR DE ORIGEN. |      |      |      |      |      |     |     |     |      |     |      |     |                   |
| SECTOR 1          | 207  | 125  | 369  | 52   | 62   | 25  | 53  | 35  | 78   | 18  | 43   | 17  | 1084              |
| SECTOR 2          | 129  | 237  | 304  | 63   | 68   | 12  | 88  | 67  | 94   | 27  | 29   | 3   | 1121              |
| SECTOR 3          | 364  | 301  | 235  | 187  | 290  | 149 | 239 | 147 | 303  | 120 | 250  | 2   | 2587              |
| SECTOR 4          | 51   | 62   | 184  | 250  | 187  | 79  | 82  | 68  | 232  | 39  | 77   | 0   | 1311              |
| SECTOR 5          | 60   | 63   | 296  | 184  | 334  | 118 | 34  | 48  | 184  | 37  | 109  | 15  | 1482              |
| SECTOR 6          | 25   | 10   | 147  | 80   | 112  | 50  | 9   | 19  | 58   | 8   | 30   | 6   | 554               |
| SECTOR 7          | 53   | 92   | 240  | 78   | 37   | 3   | 77  | 60  | 44   | 22  | 30   | 9   | 745               |
| SECTOR 8          | 35   | 72   | 149  | 74   | 49   | 21  | 52  | 86  | 94   | 35  | 49   | 8   | 724               |
| SECTOR 9          | 79   | 91   | 318  | 238  | 182  | 57  | 42  | 95  | 374  | 64  | 124  | 14  | 1678              |
| SECTOR 10         | 16   | 28   | 120  | 40   | 42   | 6   | 22  | 38  | 64   | 99  | 78   | 12  | 565               |
| SECTOR 11         | 41   | 36   | 260  | 77   | 112  | 32  | 31  | 41  | 129  | 78  | 204  | 18  | 1059              |
| SECTOR 12         | 15   | 4    | 1    | 5    | 16   | 6   | 10  | 7   | 14   | 13  | 17   | 2   | 110               |
| TOTAL             | 1075 | 1121 | 2623 | 1328 | 1491 | 558 | 739 | 711 | 1668 | 560 | 1040 | 106 | 13020             |

aquí podemos ver que los resultados parciales por sector no conciden, como por ejemplo en el sector 1 los 108 viajes intrasectoriales esperados difieren de los 207 reportados; los 107 viajes esperados, originados en el sector 1 y con destino al sector 3 no coinciden con los 369 viajes, intersectoriales reportados por la encuesta.

Se resumirá la información, para ver el comportamiento de los valores totales:

# INTERACCIONES TOTALES POR SECTOR DE ORIGEN Y DESTINO.

|                           | Estimadas<br>Tij | Reales<br>Tij | Porcentajes |
|---------------------------|------------------|---------------|-------------|
| Sector 1. Orizaba.        | 1134             | 1084          | 105         |
| Sector 2. Pueblo Nuevo.   | 1027             | 1121          | 92          |
| Sector 3. Centro.         | 2635             | 2587          | 102         |
| Sector 4. Reforma.        | 1171             | 1311          | 89          |
| Sector 5. Pro hogar       | 1228             | 1482          | 83          |
| Sector 6. Perif. Ote.     | 389              | 554           | 70          |
| Sector 7. Xochimilco.     | 651              | 745           | 87          |
| Sector 8. Rio.            | 566              | 724           | 78          |
| Sector 9. Universidad.    | 1288             | 1678          | 77          |
| Sector 10. Industrial.    | 346              | 565           | 61          |
| Sector 11. Nvo. Mexicali. | 843              | 1059          | 79          |
| Sector 12. Interurbano.   | 63               | 110           | 57          |
| Sumas                     | 11341            | 13020         | 87          |

Como se puede observar, no coinciden las interacciones estimadas con las reales, ni en cada sector en particular, los viajes esperados del sector 9: 1288, no coinciden con los datos reales proporcionados por la encuesta: 1678, existe una diferencia del 76.7 % ; en las interacciones de la ciudad los 11341 viajes totales esperados no coinciden con los 13020 viajes reportados como reales, aqui ya la diferencia a nivel global es de 87 % .

De los resultados anteriores podemos concluir que con la nueva propuesta del valor del coeficiente de restricción, los resultados esperados se alejan mas de los reales, se piensa que esta variación es debida a que los datos de la muestra no deben desagregarse tanto, sería necesario, yo creo, que se tomara una mayor información y con detalle específico en la encuesta, para poder obtener una mejor aproximación entre los datos esperados y los reales.

En la propuesta de cálculo decíamos que calcularíamos

las interacciones en las secuelas siguientes:

- 1.-Interacciones con datos de la muestra.  $b = 8$  valores.
- 2.-Interacciones con datos de la muestra.  $b = 144$  valores.
- 3.-Interacciones con datos expandidos.  $b = 144$  valores.

Como ya tenemos los resultados para las propuestas 1 y 2, procederemos a calcular la tercera, para esto se utilizará el mismo factor de restricción (b), por origen y destino del caso inmediato anterior y se varía la información correspondiente al número de viajes, pues en nuestro último caso de aplicación en esta investigación se tomarán los datos de las interacciones de origen y destino de manera expandida de acuerdo a los factores de expansión usados por Instituto de Ingeniería de la UABC:

#### INTERACIONES CALCULADAS POR EL II. UABC.

| Sector | Sector:       | Expandidos.<br>Número de viajes |               | según muestra.<br>Número de viajes |               |
|--------|---------------|---------------------------------|---------------|------------------------------------|---------------|
|        |               | Origen.<br>Oi                   | Destino<br>Dj | Origen.<br>Oi                      | Destino<br>Dj |
| 1.-    | Orizaba.      | 6855                            | 6789          | 1084                               | 1075          |
| 2.-    | Pueblo Nuevo. | 8583                            | 8315          | 1121                               | 1121          |
| 3.-    | Centro.       | 14675                           | 15907         | 2587                               | 2623          |
| 4.-    | Reforma.      | 10231                           | 10150         | 1311                               | 1328          |
| 5.-    | Prohogar.     | 11609                           | 11141         | 1482                               | 1491          |
| 6.-    | Perif. Ote.   | 3428                            | 3321          | 554                                | 558           |
| 7.-    | Xochimilco.   | 5918                            | 5852          | 745                                | 739           |
| 8.-    | Rio.          | 5530                            | 5343          | 724                                | 711           |
| 9.-    | Universidad.  | 13243                           | 13096         | 1678                               | 1688          |
| 10.-   | Industrial.   | 3615                            | 3615          | 565                                | 560           |

|                   |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| 11.- Nvo. Mxcali. | 6253  | 6347  | 1059  | 1040  |
| 12.- Interurbano. | 2156  | 2223  | 110   | 106   |
| TOTALES.          | 92096 | 92096 | 13020 | 13020 |

Con esta información procedemos a calcular los viajes totales por sector de destino (Dj), y obtenemos:

NUMERO REAL DE VIAJES, EXPANDIDO, POR SECTOR DE DESTINO: Dj.

|                       | 1    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6    | 7    | 8    | 9     | 10   | 11   | *****  | TOTAL   |
|-----------------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|--------|---------|
| Sector 1. Orizaba.    | 1526 | 991  | 1741  | 268   | 375   | 94   | 509  | 214  | 576   | 107  | 228  | 160.7  | 6788.6  |
| Sector 2. Pueblo Nuev | 884  | 1995 | 1593  | 469   | 536   | 80   | 696  | 656  | 763   | 174  | 268  | 200.9  | 8314.7  |
| Sector 3. Centro.     | 1928 | 1741 | 1352  | 1701  | 2169  | 763  | 1660 | 857  | 1901  | 455  | 1339 | 40.2   | 15906.7 |
| Sector 4. Reforma.    | 254  | 482  | 1580  | 2383  | 1446  | 388  | 455  | 522  | 1875  | 174  | 415  | 174.1  | 10149.5 |
| Sector 5. Pro hogar   | 442  | 522  | 1848  | 1460  | 2906  | 603  | 228  | 442  | 1593  | 308  | 455  | 334.7  | 11141.1 |
| Sector 6. Perif. Ote. | 147  | 54   | 603   | 402   | 696   | 455  | 80   | 188  | 442   | 67   | 80   | 107.1  | 3320.8  |
| Sector 7. Xochimilco. | 509  | 710  | 1540  | 455   | 281   | 27   | 777  | 482  | 429   | 214  | 281  | 147.3  | 5851.6  |
| Sector 8. Rio.        | 214  | 629  | 790   | 469   | 402   | 201  | 429  | 830  | 884   | 121  | 281  | 93.7   | 5342.6  |
| Sector 9. Universidad | 522  | 737  | 1901  | 1848  | 1607  | 429  | 429  | 817  | 3321  | 442  | 696  | 348.1  | 13095.8 |
| Sector10. Industrial. | 94   | 201  | 362   | 201   | 335   | 54   | 214  | 161  | 429   | 790  | 603  | 174.1  | 3615.3  |
| Sector11. Nvo.Mexical | 174  | 321  | 1312  | 429   | 522   | 214  | 295  | 214  | 723   | 589  | 1205 | 348.1  | 6346.6  |
| Sector12. Interurbano | 161  | 201  | 54    | 147   | 335   | 121  | 147  | 147  | 308   | 174  | 402  | 26.8   | 2222.8  |
| TOTAL POR SECTOR DE O | 6855 | 8583 | 14675 | 10231 | 11609 | 3428 | 5918 | 5530 | 13243 | 3615 | 6253 | 2155.8 | 92096.1 |

Siguiendo el organigrama propuesto por Colin Lee se obtienen por medio de iteraciones los valores de Ai y Bj, con los datos expandidos y como resultado se genera el número esperado de viajes, expandido, por sector de destino, que nos da como resultado final, en este caso :

INTERACCIONES POR SECTOR DE ORIGEN Y DESTINO, ESTIMADAS.

(Tij = Oi Prij)

| ( i )                   | ( j ) | 1    | 2    | 3    | 4 | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | Tij   |
|-------------------------|-------|------|------|------|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| Sector 1. Orizaba.      |       | 690  | 804  | 600  | 0 | 778  | 230 | 866  | 837  | 874  | 680  | 648  | 2803 | 9809  |
| Sector 2. Pueblo Nuevo. |       | 778  | 725  | 541  | 0 | 701  | 207 | 781  | 754  | 787  | 613  | 584  | 2527 | 8999  |
| Sector 3. Centro.       |       | 3015 | 1643 | 1227 | 0 | 1589 | 469 | 1770 | 1709 | 1784 | 1388 | 1324 | 5726 | 21644 |
| Sector 4. Reforma.      |       | 1039 | 812  | 606  | 0 | 785  | 232 | 874  | 845  | 882  | 686  | 654  | 2829 | 10244 |
| Sector 5. Pro hogar     |       | 1219 | 839  | 627  | 4 | 812  | 240 | 904  | 873  | 912  | 709  | 676  | 2925 | 10739 |
| Sector 6. Perif. Ote.   |       | 124  | 289  | 215  | 1 | 279  | 82  | 311  | 300  | 313  | 244  | 233  | 1006 | 3398  |
| Sector 7. Xochimilco.   |       | 352  | 476  | 355  | 1 | 460  | 136 | 512  | 495  | 517  | 402  | 383  | 1658 | 5748  |
| Sector 8. Rio.          |       | 287  | 415  | 309  | 1 | 401  | 118 | 446  | 431  | 450  | 350  | 334  | 1445 | 4988  |
| Sector 9. Universidad.  |       | 1437 | 867  | 648  | 1 | 839  | 248 | 934  | 903  | 942  | 733  | 699  | 3023 | 11273 |
| Sector10. Industrial.   |       | 116  | 257  | 192  | 1 | 248  | 73  | 277  | 267  | 279  | 217  | 207  | 895  | 3030  |
| Sector11. Nvo.Mexicali. |       | 469  | 599  | 447  | 2 | 579  | 171 | 645  | 624  | 651  | 506  | 483  | 2089 | 7265  |
| Sector12. Interurbano.  |       | 13   | 49   | 36   | 1 | 47   | 14  | 52   | 51   | 53   | 41   | 39   | 169  | 565   |
|                         |       |      |      |      |   |      |     |      |      |      |      |      |      | 97703 |

Como se ve tampoco coinciden, siendo mayores las diferencias con respecto a los dos casos de aplicación anteriores.

| Interacciones: Estimadas. |                | Reales.  | Porcentaje. |
|---------------------------|----------------|----------|-------------|
| Sector                    | $\hat{T}_{ij}$ | $T_{ij}$ |             |
| 1.- Orizaba.              | 9809.0         | 6788.6   | 144         |
| 2.- Pueblo Nuevo.         | 8998.8         | 8314.7   | 108         |
| 3.- Centro.               | 21644.4        | 15906.7  | 136         |
| 4.- Reforma.              | 10243.9        | 10149.5  | 101         |
| 5.- Prohogar.             | 10739.5        | 11141.1  | 96          |
| 6.- Perf. Ote.            | 3397.6         | 3320.8   | 102         |
| 7.- Xochimilco.           | 5748.4         | 5851.6   | 98          |
| 8.- Rio.                  | 4988.2         | 5342.6   | 93          |
| 9.- Universidad.          | 11273.3        | 13095.8  | 86          |
| 10.- Industrial.          | 3029.7         | 3615.3   | 84          |
| 11.- Nvo. Mxcali.         | 7265.3         | 6346.6   | 114         |
| 12.- Interurbano.         | 564.8          | 2222.8   | 25          |
| SUMAS.-                   | 97703.0        | 92096.1  | 106         |

Resumiendo; se deduce de la información que a continuación se presenta, que ninguna de las tres propuestas satisface los requerimientos del analista.

Resumen general de las interacciones reales y esperadas en los tres cálculos efectuados, con diferentes valores de factor de fricción en la aplicación del modelo gravitacional de doble restricción para la ciudad de Mexicali, con datos de la encuesta del IIS / II, en el año de 1991.

| I N T E R A C C I O N E S |        |                   |       |            |       |
|---------------------------|--------|-------------------|-------|------------|-------|
|                           |        | M U E S T R A     |       | EXPANDIDOS |       |
| Sector                    | reales | e s p e r a d o s |       | reales     |       |
|                           | Tij    | b=8               | b=144 | b=144      | Tij   |
| 1                         | 1084   | 1085              | 1134  | 9809       | 6789  |
| 2                         | 1121   | 1119              | 1027  | 8899       | 8315  |
| 3                         | 2587   | 2587              | 2635  | 21644      | 15907 |
| 4                         | 1311   | 1312              | 1171  | 10244      | 10150 |
| 5                         | 1482   | 1481              | 1228  | 10740      | 11141 |
| 6                         | 554    | 555               | 389   | 3398       | 3321  |
| 7                         | 745    | 743               | 651   | 5748       | 5852  |
| 8                         | 724    | 725               | 566   | 4988       | 5343  |
| 9                         | 1678   | 1677              | 1288  | 11273      | 13096 |
| 10                        | 565    | 565               | 346   | 3030       | 3615  |
| 11                        | 1059   | 1060              | 843   | 7265       | 6347  |
| 12                        | 110    |                   | 63    | 565        | 2223  |
| Total                     | 13020  | 12909             | 11341 | 97703      | 92096 |

BIBLIOGRAFIA.



Aguirre Bernal Celso.  
Compendio Historico Biografico de Mexicali. 1539-1966. Vol.II  
Mexicali. B. C. 1968.

Altsuhler Alan A.  
Urban transportation Sistem.

Barton Aschman Associates.  
Joint Project Concept. Integrated Transport Corridors.  
Ed: US-Government Printing Office. 1968.

Bazant S. Jan.  
Manual de Criterios de Desarrollo Urbano.  
Ed: Trillas. México DF. 1984.

Bruton J. Michael.(Traductor: Albert, Rosa).  
Introducción al Planteamiento del Transporte.  
Ed: Troquel. Buenos Aires. Argentina. 1978.

Brotton Harris.  
Modelos de Desarrollo Urbano.

Black John.  
Urban Transport Plannig.  
Cripps. E. L. 1968. Limitations of the gravity concept.  
----- y E. Carter. 1971. The empirical development of  
a dissagregated residential location model: some preliminary  
results. Urban Systems Research Unit. Reading University.  
Informe # 9.

Curry L.1972. A Spatial Analysis of Gravity Flows. Regional  
Studies 6: 131 - 147.

De Jouvenel, Bertrand. Alan Bieber et al.  
Urban Transportation Planning Process.  
Ed: Publicaciones de L'O.C.D.E. Francia. 1971.

Diaz García, Ismael y Marcos V. Guerrero et al.  
Ordenamiento vial de Mexicali. BC.  
Tesis profesional, Fac. de Arquitectura UABC. 1981.

Duverger Maurice.  
Método de las Ciencias Sociales.  
Ed: Ariel. 12a Edicion. México. 1983.

Departamento del Distrito Federal.  
Ingenieria de Tránsito en el DF.

Economic Research Center.  
Passenger Transport Demand in Urban Areas. Methodology for  
Analisis and Forecasting.  
European Conference of Ministers of Transportation.  
Paris. Francia. 1981.

Dicky John.  
Manual de Transporte Urbano.  
Madrid. Instituto de Administración Pública.

Estrella V, Gabriel.  
El Proceso de Urbanización del Valle de Mexicali.  
Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Sociales y Políticas.  
UABC. 1981.

Edwin Thomas y Joseph L, Shofer.  
Strategies for the Evaluation of Alternative Transportation  
Plans.  
National Academy of Engineering Sciences. 1970.

Fuentes R, David.  
Caracterización del Sistema de Transporte Colectivo Urbano de  
la Ciudad de Mexicali. BC.  
Cuaderno de Ciencias Sociales. IIS. UABC. 1989.

Fajardo, Fajardo. Diaz Mora Enrique.  
Investigaciones del Instituto de Ingenieria UNAM. 1984.

Florian Michael.  
The Practice of Transportation Planning.  
Ed: International Center for Transportation Studies.  
Montreal. Canada. 1985.

Fotheringham A, S. 1981.  
Spatial Structure and Distance Decay Parameters.  
Annals of Association of American Geographers. 71: 425, 436.

----- Spatial Flows and Spatial Patterns, Environment  
and Planning. a 16: 529, 543.

----- y T. Dignan, 1984. Further Contributions to a  
General Theory of Movement. Annals of the Association of  
American Geographers.

----- y M. J. Weber, 1980. Spatial Structure and the  
Parameters of Spatial Interaction Models. Geographic  
Analysis 12: 33, 46.

Godall, Brian. 1977.  
La Economía de las Zonas Urbanas.  
Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid.

Harvey, David. 1983.  
Teoria, Leyes y Modelos en Geografía.  
Alianza AUT. Madrid.

Haynes K, E. 1968.  
Movement Behavior Theory: An Overview and Summary.  
Pittsburg. Consad Research Corp.

Haynes, Kingsley et al.  
Gravity and Spatial Interaction Models.  
Sage Publications. 1988. Beverly Hills. USA.

-----, Poston p, L. and Schinirring. p. 1973.  
Intermetropolitan Migration in High and Low Opportunity areas  
Indirect Tests of the Distance and Intervening Opportunities  
Hypothesis.  
Economic. Geography 49: 68 - 73.

Ingeniería de Tránsito y Transporte. S. A.  
Programa de Vialidad y Transporte de Mexicali. BC.  
Ed: Secretaría de Desarrollo urbano y Ecolgía. SEDUE. 1986.

Johnston R, J. 1973.  
On Friction of Distance and Regression Coefficients.  
Area 5: 187 - 191.

----- 1975.  
Map Pattern and Friction of distance a Comment.  
Regional Studies 9: 281 - 283.

Korcelli, P. 1975.  
Theory of Urban Spatial Structure: Review and Sinthesis.  
Geografia Polonica. 31: 99 - 131.

Lee, Colin. 1973.  
Modelos de Planeación.  
Ed: Piramide. Madrid.

Magallanes Roberto.  
Calidad de Servicios de Transporte.

Marwah  
Diseño óptimo de Rutas para Camión. Frecuencias.

Nie H, Norman.  
Statistical Package for the Social Sciences.  
Ed: Mc Graw Hill Book Co. 2a Edición USA. 1975.

National Academy of Science.  
Compilación de Urban Public Transportation Planning Issues.  
Washington. DC. USA. 1982.

Remy, Jean.  
La Ciudad y la Urbanizacion.

Rodriguez Silva M, Elvira. Benjamín Ocampo Torres.  
Reestructuración de Rutas del Sistema de Transporte Colectivo  
Urbano en Autobús de la Ciudad de Mexicali. BC.  
Tesis Profesional. Facultad de Arquitectura. UABC. 1989.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado. Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mexicali. Ed: SAHOPE. Mexicali. BC. 1986.

Stutz F, P.  
Social Aspects of Interaction and Transportation.  
Association of American Geographers. Resource Paper No. 76-2.  
Washington DC.

Velarde, Carmen y Julio Vallejo et al.  
Transporte público Urbano y Estructura Vial de Mexicali. BC.  
Trabajo Escolar. Taller de Diseño Urbano.  
Tesis Facultad de Arquitectura. UABC. Mexicali. BC. 1982.

Werner Cristian. 1985.  
Spatial Transportatation Modeling.  
Scientific Geographic Series. Vol 5.  
Sage Publications. USA.

Wingo, Louis y Henry Perloff.  
The Wasington Transportation Plan; Tecnics or Politics.  
Proceedings and Papers of the Regional Science Association.  
Washington.DC. USA. 1961.

Adamczewska-Wejchert and Kasimirs Wejchert. 1975.  
Spatial Structure of Small and Middle Size Towns.  
Geographia Polonica 32.1975. pp. 93 - 105.

Fotheringham a, Stewart. 1981.  
Spatial Structure and distance decay parameters.  
Annals of the Assotiation of American Geographers.  
Volumen 71 (3) September 1981. pp. 425 - 436.

Huff, David I. 1962.  
Determination of Intraurban Retail Trade Areas.  
Graduate School of Business Administration. UCLA. pp. 6 - 37.

Koloutsou, Sotiria. 1990.  
Gravity Models in the Study of Spatial Interaction:  
Review and Comparison of Two Models. ( Thesis) pp.i-xiii -1-  
131. University of California. Los Angeles.

Lee, Jay. 1988.  
Tranplan. Programas para Planeación y modelaje de redes de  
transporte.  
Professional Geographer. pp. 114-115.  
University of Western Ontario.

Mekky, Ali. 1975.  
The Gravity model of Spatial Interaction: an appraisal.  
pp.133-147. Geographia Polonica 31. 1975.

O'Sullivan, Patrick. 1978.  
Regions of a Transport Network.  
Annals of the association of American Geographers.  
Volumen 68 número 3 Septiembre de 1978. pp. 396 - 401.

Wingo, Lowdon jr. 1961. 1964.  
Transportation and Urban Land. pp.i-viii. 1 - 132.  
Resources for the Future. Inc. Washington 6. DC.