

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"

32  
2

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE  
AUTOBUSES RUTA-100 (UNA RUTA DETERMINADA)**

**T E S I S**

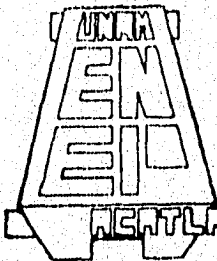
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**LICENCIADO EN MATEMATICAS  
APLICADAS Y COMPUTACION**

**P R E S E N T A**

**ROSA MA. AURELIA NAVARRO BEIRANA**

ASESOR:

ING. REYES GARCIA MONCADA



MEXICO, D.F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico esta Tesis

A Dios porque siempre me ha ayudado en todo lo que he que realizado y por su infinito amor.

A mi Madre porque con su apoyo, su esfuerzo, su comprension y amor he podido llegar hasta aqui.

A mi Hermano que ha sido un buen amigo siempre.

A mi abuelita Lela que siempre me ha enseñado a luchar por lo que quiero.

A mis tíos, especialmente a mi Tía Lucero y mi Tía Manena que siempre se preocuparon por mi y me apoyaron y ayudaron en lo que necesitaba.

A mis primos que siempre han sido mis mejores amigos.

A mis sobrinos para que tomando mi ejemplo lleguen tambien con su esfuerzo hasta este punto.

A la Universidad que me brindo la oportunidad de obtener una licenciatura y por todos los conocimientos adquiridos en ella.

A mi asesor, Gracias por su paciencia y por toda la ayuda prestada.

A los profesores con quienes tuve la oportunidad de tomar alguna clase y que pusieron todo su empeño y conocimientos en ella.

A todos mis amigos del Departamento del Distrito Federal que me animaron a empezar este trabajo y a todas las personas de Ruta - 100 que me proporcionaron la Informacion para la misma; gracias por su disposicion e interes.

A mis compañeros de Generacion especialmente a Alicia, Lorena, Silvina, Hector, Miguel, Carlos, Pedro, Leonardo, Alejandro, Refugio, Valentin, Jorge y Memo, que siempre creyeron en mi para poder realizarla y gracias por su amistad y ayuda.

A mis amigos Luis Gerardo, MaryPaz, Sergio, Lulu, Manuel, MariCarmen y Goyo que me apoyaron siempre con su amistad.

A mis compañeros y amigos de Unisys que me ayudaron con su amistad y apoyo y muchas de las veces poniendo los medios para que se realizara, especialmente a Eloy, Paty, Laura, David, Mario, Norma, Claudia, Ruben, Arturo y Yoli.

# FORMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES RUTA 100 (UNA RUTA DETERMINADA)

## INTRODUCCION

<b>I DESCRIPCION DEL ORGANISMO</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. EVOLUCION	3
1.3. ORGANIZACION	7
1.4. FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO QUE PROPORCIONA	8
1.5. PRINCIPALES PROBLEMAS	11
1.6. ACCIONES REALIZADAS PARA SOLUCIONAR ALGUNOS PROBLEMAS	12
1.7. ACCIONES POR REALIZAR EN 1994 PARA RESOLVER DICHS PROBLEMAS	16
1.8. ANALISIS DE LA SITUACION DE RUTA-100 EN 1994	20
1.9. CAIDA DEL ORGANISMO	21
<b>II DESCRIPCION DEL MODELO</b>	<b>22</b>
2.1. INTRODUCCION A LA SIMULACION	22
2.2. PROCESO DE SIMULACION	28
2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
2.4. RECOPIACION DE DATOS	33
2.5. DESCRIPCION DE VARIABLES	44
2.6. FORMULACION DEL MODELO DE ASIGNACION	46
<b>III SIMULACION DEL MODELO</b>	<b>56</b>
3.1. DISEÑO DEL PROGRAMA Y ELECCION DEL LENGUAJE A UTILIZAR	56
3.2. REALIZACION DEL PROGRAMA EN COMPUTADORA	59
3.3. VALIDACION DEL MODELO SIMULADO	60
3.4. PRUEBAS AL MODELO SIMULADO	66
3.5. COMPORTAMIENTO DEL MODELO	74
3.6. ANALISIS DEL MODELO	76
<b>IV INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>82</b>

## CONCLUSION

## BIBLIOGRAFIA

## ANEXOS



## INTRODUCCION

El presente trabajo comprende una aplicación de la Simulación en los modelos de Asignación.

Siguiendo la metodología general de la Simulación se desarrolla el modelo de Asignación de Autobuses para una ruta determinada de la desaparecida Ruta-100 y que tomando como base a esta se dará una solución al problema de satisfacción de la demanda para la nueva empresa.

El objetivo principal del mismo es obtener el número de autobuses necesario para satisfacer la demanda de pasajeros del servicio y la hipótesis es que aumentando el número de autobuses para la Ruta en cuestion y haciendo más corto el tiempo de salida entre 1 autobús y otro se puede llegar a satisfacer la demanda de manera casi total, haciendo el número de pasajeros en espera cada vez menor y captandando así el total de pasajeros que demandan el servicio.

En primer término se buscó desarrollar todo un marco teórico sobre la situación del organismo en el momento de realizar el estudio; el estudio se llevó a cabo tomando en cuenta lo necesario para el desarrollo de la Simulación y la toma de decisiones, se estudiaron las políticas de la empresa, los datos históricos de número de autobuses, de demanda de pasajeros, el funcionamiento del servicio, los costos del mismo, etc.; esto sólo en el caso del organismo como tal; en el caso de la Ruta de los autobuses se buscó también a través de observación y de varias muestras todas las variables que pudieran influir en el modelo, como por ejemplo, el número de personas que abordan la Ruta en el punto de partida, el número de personas que viajan por autobús, el tiempo de recorrido de los autobuses, etc.

Una vez que se tuvo toda la información a través de las muestras y el estudio realizados, se empezó a desarrollar el modelo de asignación, se obtuvieron las distribuciones de probabilidad para la demanda de pasajeros y el tiempo de servicio y con ello se desarrolló el programa de computadora que simula el flujo en la ruta de autobuses.

Se le hicieron al programa las validaciones y las pruebas correspondientes; las validaciones se hicieron tanto al generador de números aleatorios, como a las distribuciones de probabilidad y al programa de computadora y las pruebas se hicieron con el desarrollo de otra muestra y con los datos obtenidos de la simulación; por comparación y matemáticamente.

Con el estudio obtenido se hizo un análisis de la situación del Organismo en 1994 y de las causas posibles por las que éste fue a la quiebra; para que la nueva empresa pueda tomar las medidas necesarias para que no ocurran dichos problemas y preveer posibles situaciones posteriores.

Con el desarrollo de este trabajo se generó un proceso que simula el comportamiento de la ruta de autobuses en todo un día y se obtuvo el número de autobuses adecuado para satisfacer la demanda de pasajeros en los diferentes horarios de la misma.

## I DESCRIPCION DEL ORGANISMO

### 1.1. ANTECEDENTES

Autotransportes de Pasajeros Ruta - 100 constituyó durante su duración la entidad monopolizadora de los servicios de autobús en el Distrito Federal. Fue una empresa del estado y operada por el mismo. Fue creada por decreto presidencial el 18 de agosto de 1981 y declaró su quiebra en abril de 1995.

El surgimiento de Ruta-100 fue la respuesta del gobierno a una larga historia de manifestaciones públicas de descontento y quejas respecto a la disponibilidad, y accesibilidad del servicio de transporte en autobús que proporcionaba el sector privado.

La situación del transporte en ese momento era la siguiente:

- Existían 76 empresas concesionarias que ofrecían un servicio sin ninguna vinculación en la planeación y operación.
- Existían conflictos laborales.
- Se registraba un crecimiento anárquico de la red de rutas. En septiembre de 1981 existían 84 rutas de gran longitud y 450 rutas de longitud pequeña o mediana.
- No existía ninguna integración complementaria con los demás medios de transporte.
- Diversidad de horarios, rutas, frecuencias para la prestación del servicio.
- Carencia de talleres para rehabilitación y mantenimiento de autobuses.
- Unidades en pésimas condiciones y servicio deficiente.
- No satisfacía la demanda.
- Alteración constante de tarifas y rutas acortadas.
- Suspensión constante del servicio.
- Los propósitos para combatir la contaminación eran nulos.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

Debido a todo esto el 25 de septiembre de 1981 se dictó la resolución mediante la cual se revocaron todas las concesiones a particulares para la prestación del servicio público de transporte de pasajeros en autobuses en el Distrito Federal y el Organismo Ruta - 100 se hizo cargo de todo el transporte urbano de pasajeros en autobuses.

De acuerdo a dicha resolución el nuevo organismo integraría su patrimonio con los bienes muebles e inmuebles que le fueron destinados por el Gobierno Federal y el departamento del Distrito Federal; así como las aportaciones otorgadas por los mismos; además de los bienes adquiridos por cualquier otro título legal.

De esta manera Ruta-100 asumía todas las obligaciones y compromisos que tenían los permisionarios.

Al iniciar el organismo se encontró que de 6,500 unidades que conformaban el parque vehicular solo 3,800 estaban en condiciones de operar, 1,400 requerían reparación mayor y las 1,300 restantes eran consideradas chatarra. Las instalaciones de encierro y servicio eran propiamente cobertizos con las herramientas indispensables que de ninguna manera permitan proporcionar mantenimiento adecuado a los autobuses.

Con esta situación, el Gobierno Federal se encontraba ante un gran reto: El de brindar un servicio cómodo, seguro y económico a toda la población demandante de éste.

## 1.2. EVOLUCION

En un principio ya que el número de unidades en operación disminuyó por estar la mayoría de ellas obsoletas, también se redujo la oferta del servicio repercutiendo negativamente en la economía de los usuarios porque tuvieron que utilizar otros medios de transporte con tarifas más altas.

Entre los primeros 2 y 4 años posteriores a su creación Ruta-100 recibió un apoyo importante por parte de las autoridades del Distrito Federal ( para inversiones y equilibrio financiero de operación). Estos fondos se aplicaron a la renovación de la flota de autobuses, al mejoramiento de las instalaciones en las terminales y al subsidio de los costos de operación con objeto de mantener reducido el costo en las tarifas.

La actuación del organismo en estos 4 años fue acorde a las necesidades y al crecimiento en la demanda del usuario y se logró tener en circulación día a día un mayor número de autobuses, así como instalaciones más acordes al parque vehicular en existencia.

Para dicho fin se llevó a cabo un programa de obra pública, construyendo instalaciones modulares localizadas en zonas que no presentan grandes problemas de vialidad.

Se implantó un programa de rehabilitación de instalaciones (talleres de servicio, instalaciones de vialidad dentro de módulos, construcción de baños, gimnasios, etc.).

Se adquirieron además 5,750 autobuses nuevos con mayor capacidad para el traslado de pasajeros, menor ruido, importante ahorro de combustible, menor contaminación, etc.

Se estableció el programa de reconstrucción integral que comprendió: carrocería, vestiduras, motor, etc. habiéndose reconstruido 2,750 autobuses y transportándose 9,172 millones de pasajeros.

Con el proceso de municipalización las rutas existentes se redujeron a 144 al finalizar 1982 y en 1986 operaban 224 rutas entre directas y alimentadoras.

Se reordenaron rutas para integrar el transporte de autobuses con los otros medios de transporte (Metro, Trolebús, etc.). El 63% de las rutas convergían con el Sistema de Transporte Colectivo " Metro ".

Entre 1986 y 1988, la inversión de capital se retrajo pero se mantuvo la política de aplicar elevados subsidios para compensar una tarifa baja.

Para cubrir la demanda de servicio se mantuvo un número de autobuses en ruta de acuerdo con las necesidades.

En 1988 creció la presión para aumentar las rutas y frecuencias y la demanda se incrementó notablemente por el crecimiento de asentamientos irregulares en la periferia; pero debido a que el parque vehicular en operación disminuyó por la cantidad de fallas en los vehículos, Ruta-100 no pudo satisfacer estos requerimientos.

Debido a la baja de recursos no se pudieron cubrir los intereses de los préstamos pedidos a Banobras y la suma ascendió en 1988 a 64 mil millones de pesos. También se tenía un adeudo con la SH y CP por 22,981 millones de pesos.

Debido a problemas sindicales y administrativos que aquejaban al organismo, a principios de mayo de 1989 mediante decreto emitido por el poder ejecutivo federal, el organismo fue intervenido y se nombró a un Administrador General.

Al buscarse por medio de esto una concertación con los trabajadores, antes de definir e instrumentar las acciones para modernizar la operación del organismo, se hizo necesario reducir al máximo los gastos de conjunto, afectando seriamente la adquisición de bienes y servicios para el mantenimiento de los autobuses. En consecuencia el parque vehicular en ruta cayó significativamente a un nivel solo equiparable al tenido con la Municipalización del Transporte en 1981.

A mediados de 1989, únicamente el 46.4% de los autobuses en módulos se encontraban dando servicio debido al deterioro de sus equipos, habiéndose concluido en la mayoría de los casos, su período de vida útil.

A causa de este problema, en ese mismo año Ruta - 100 puso en Marcha un programa de Modernización del Parque Vehicular existente con el objetivo de reemplazar las unidades obsoletas y altamente contaminantes.

En 1990 Ruta - 100 llevó a cabo gran parte del programa de reconstrucción de unidades con adquisición de motores no contaminantes y nuevas unidades de bajo nivel contaminante (2,192 y 500 respectivamente).

En 1991 debido a que la dinámica de desarrollo del Area Metropolitana de la Ciudad de México y su acelerado crecimiento demográfico originaron una demanda creciente de servicios de pasajeros y debido a que los otros servicios de transporte como las combis y microbuses suelen tener baja capacidad se decidió establecer el Programa Integral de Transporte (PIT) de la Ciudad de México y Zona Conurbada, el que orienta el desarrollo de los servicios de transporte colectivo de superficie hacia la intensificación del transporte eléctrico (trolebuses) en la parte central de la ciudad y hacia la expansión de los servicios de Ruta - 100, en los sectores periféricos altamente demandantes de este tipo de unidades; con los siguientes fines:

⇒ Evitar el deterioro y colapso de transporte

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES**

- ⇒ Mejorar el transporte desde el punto de vista de la calidad del servicio y de la cobertura en las zonas de menores ingresos.
- ⇒ Satisfacer la demanda creciente de medios de transporte
- ⇒ Apoyar el programa en contra de la Contaminación e iniciar la atención de rezagos y los futuros crecimientos en los medios de transporte públicos.
- ⇒ Eficientar su integración modal.
- ⇒ Conectarse con otros medios como el Metro y el Trolebús para hacer más eficiente el servicio.

Los pasajeros transportados por Ruta-100 han sido los siguientes:

Año	Total de Pasajeros
1982	1,534.0
1983	1,697.9
1984	1,902.4
1985	1,974.2
1986	2,062.7
1987	2,140.7
1988	2,010.7
1989	1,405.3
1990	1,211.9
1991	1,090.1
1992	1,018.2
1993	1,036.0
1994	1,000.0
1995	1,289.0

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES**

El parque vehicular en este periodo fue el siguiente:

<b>Año</b>	<b>Autobuses operables</b>	<b>Autobuses en ruta</b>
1982	4,048	3,104
1983	5,367	3,836
1984	6,183	4,306
1985	6,315	4,113
1986	6,814	4,163
1987	6,923	4,649
1988	6,843	3,962
1989	6,439	3,151
1990	5,940	2,736
1991	3,860	2,458
1992	3,860	2,437
1993	3,860	2,488
1994	3,958	2,509
1995	3,124	2,018



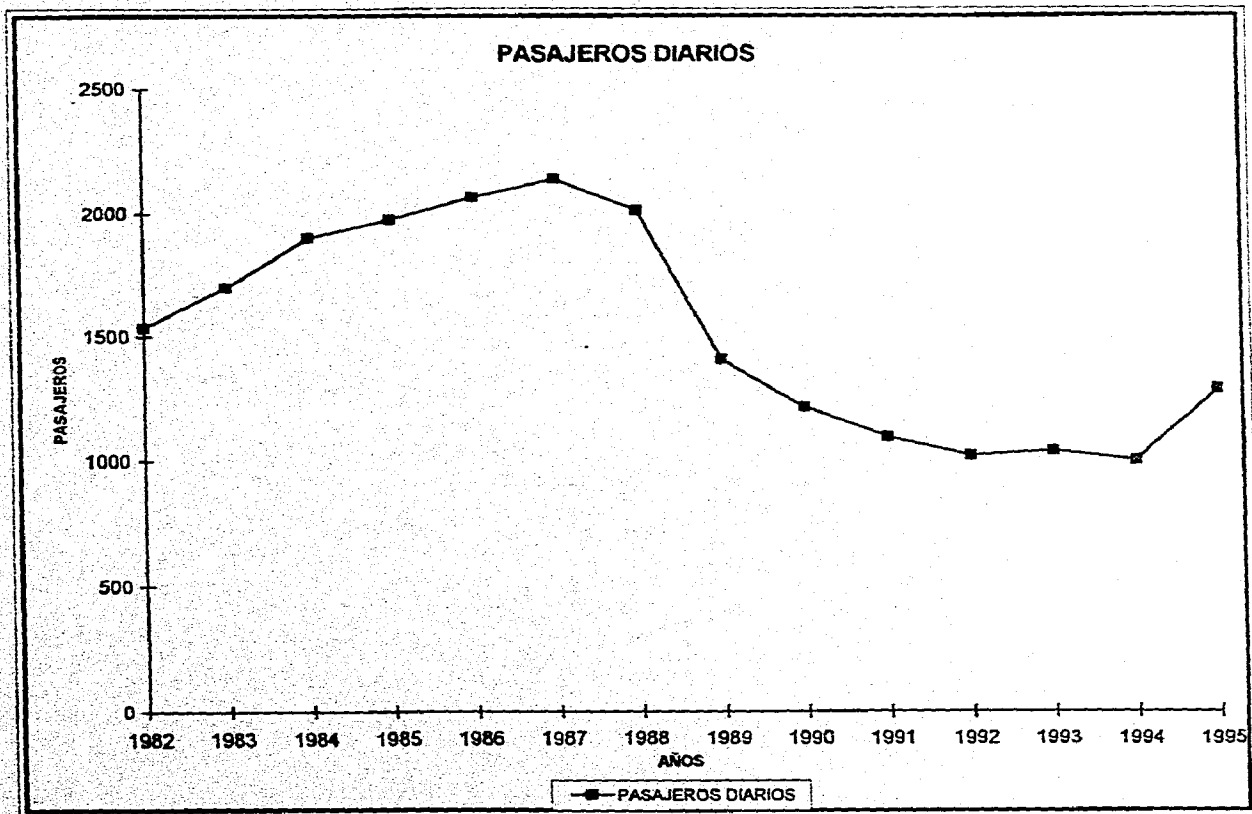


FIGURA 1.2.1

57

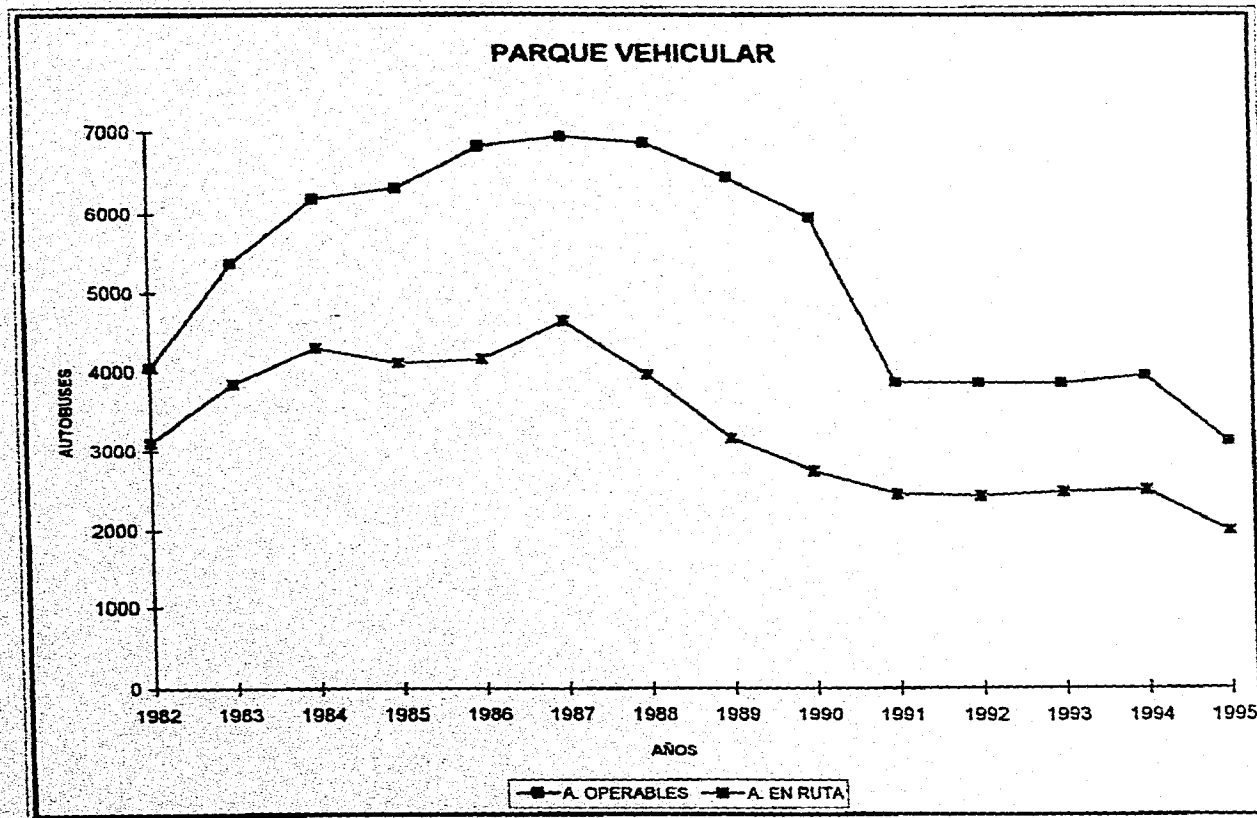


FIGURA 1.2.2

### 1.3. ORGANIZACION

El Consejo de Administración de Ruta - 100 se integró por un Presidente, un Presidente Suplente, 8 Consejeros, un Comisario, un Secretario y un Administrador General.

Con respecto a la integración de Ruta - 100 dentro del contexto institucional del sistema de transporte de pasajeros en el Distrito Federal, el organismo se ligó directamente bajo la regulación, coordinación y planificación de la Coordinación General de Transporte (CGT) encargada de la dirección global del sistema.

Respecto a las responsabilidades y cohabitación de las entidades institucionales para la prestación del servicio, Ruta - 100 mantuvo amplia relación tanto a nivel federal como a nivel estatal. Dichas relaciones fueron fundamentales para la evolución del organismo desde los puntos de vista de cobertura, financiamiento, operación y tarifa.

A nivel del organismo, se estructuró funcionalmente en 3 niveles: La Administración General, el nivel direccional y el nivel de ejecución. Esta estructuración permitió que dichas coordinaciones fueran ejecutoras de programas y gestoras, desconcentrando hacia los módulos las funciones y responsabilidades que les permiten una economía de gestión y una mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de la operación del servicio que se prestó.

Por su parte las oficinas centrales, tuvieron como atribución la proyección de planes y programas, así como la definición de normas y actividades que se realizarían por grupos con alto grado de especialización.

Con esta estructuración organizacional y la compactación modular, la plantilla de personal del Organismo se ajustó a la realidad operativa de su parque vehicular.

Se anexa a continuación un organigrama actual del organismo en quiebra.

**AUTOTRANSPORTES URBANOS DE PASAJEROS RUTA 100**

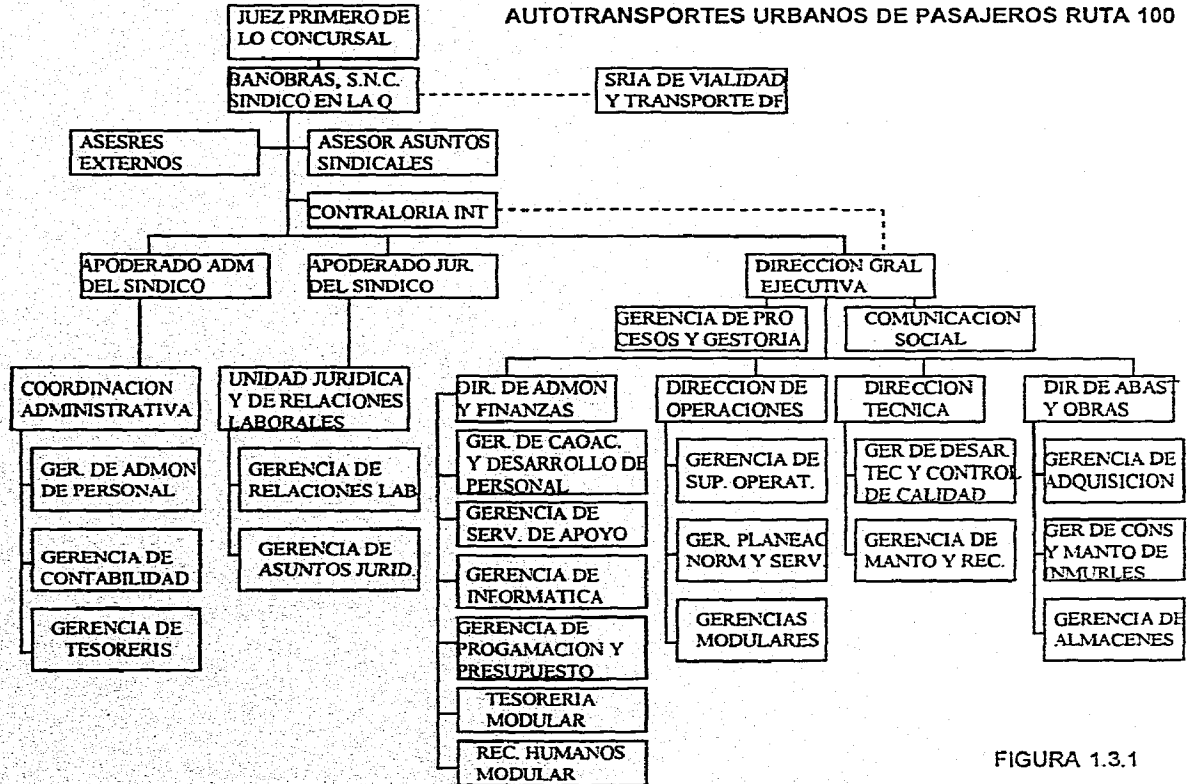


FIGURA 1.3.1

## 1.4. FUNCIONAMIENTO DEL SERVICIO QUE PROPORCIONA

Al finalizar Ruta-100 contaba con un parque vehicular 3,860 autobuses, con 2,241 autobuses en ruta en días hábiles y 1,705 en días inhábiles.

Con el fin de no interferir en horarios de máxima demanda, el mantenimiento preventivo se realizaba en días inhábiles.

La red de rutas se conformaba de 254 rutas, con una extensión de 8,215.2 Km., de las cuales 94% atendía a colonias populares.

Se tenían en operación 27 módulos, que se ubican en 4 Coordinaciones Divisionales ; quedando aún 3 módulos pendientes de compactar.

Existía un sistema general de mantenimiento que determinaba periodos progresivos y cíclicos de reparación a los autobuses, a los 5,000 y 10,000 Kms. y a los 6 meses y 1 año.

Existía un programa permanente de corrección de excesos de humo que incluía la revisión de los niveles de opacidad y en su caso, la corrección de las causas que originaron la emisión de contaminantes fuera de los rangos permisibles. Adicionalmente se retiraban de circulación y se sometían al programa los autobuses que se detectaban en ruta con emisiones ostensibles de humo.

Los resultados obtenidos a la fecha muestran que cada vez fueron menos los autobuses que se retiraban de ruta y los niveles de emisión de las unidades se encuentran en su mayoría en las 40 unidades Hartridge, aún cuando la norma nacional fija como máximo permisible 70 unidades Hartridge.

Existían varios talleres de módulos en los que se llevan a reparar los autobuses.

Se encontraba en operación un programa de rehabilitación de lavadoras de módulos, las cuales alcanzaban un promedio de operación de 7 minutos por autobús y contaban además con equipo para reciclar el agua utilizada.

Se contaba con 24 centros de cómputo en módulo y 4 equipos multiusuario en las 4 Coordinaciones Divisionales, 5 sistemas para automatizar el trabajo en módulos y 7 sistemas de Microcomputadoras para apoyar el trabajo en oficinas centrales.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

En el caso de la Ex-Ruta-100 siendo las instalaciones, muebles y activos fijos corresponden no al Organismo, sino al gobierno federal y al Departamento del Distrito Federal, la nueva empresa debe tener los mismos módulos, oficinas, etc.; por lo cual podemos seguir tomando como base todo esto para nuestro estudio.

### COSTOS

#### Plantilla de Personal en Módulo 15

Operadores (Base)	200
Mantenimiento (Base)	50
Administración (Base)	28
Funcionarios (Confianza)	6
Trabajadores (Confianza)	25

#### Sueldos del Personal

Operadores	N\$4,631.13
Mantenimiento	N\$3,350.33
Administración	N\$3,299.97
Personal Confianza	N\$4,260.09

Unidades Asignadas Modulo 15      78

De acuerdo a los salarios y el número de personas, se obtienen los costos de Administración del Módulo.

#### Costo de Administración Modulo 15

Mantenimiento	N\$167,516.50
Administración	N\$ 92,399.16
Personal Confianza	N\$132,062.79

---

N\$391,978.45 mensual

N\$ 13,065.95 diario

De acuerdo con estos resultados y que el número de autobuses en el módulo es de 78, se calcula el costo de Administración por autobús:

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES**

Costo de Administración por autobús	N\$ 167.51 diario.
Consumo de litros de autobús mensual	3,531.0 litros
Consumo de litros de diesel diario	118.0 litros
Costo de Litro de Diesel 1993	N\$ .862 litro
Costo de diesel por autobús	N\$ 207.68 diario
Costo de Operadores por autobús	N\$ 308.74 diario
Costo de Administración por autobús	N\$ 167.51 diario
Costos por autobús	N\$ 683.93 diario

De acuerdo con estos datos podemos obtener el costo que tiene la Ruta M. Zapata - Plateros con los 3 autobuses que le corresponden para otorgar el servicio:

Costo por 3 autobuses en Ruta N\$ 2,051.79 diario

Y finalmente con los resultados de Pasajeros Transportados que fueron otorgados por el Organismo tenemos el siguiente calculo para 1993.

Pasajeros Transportados por autobús 3019

Ingreso por autobús	N\$ 1,207.60 diario
Ganancia por autobús	N\$ 523.67 diario

## 1.5. PRINCIPALES PROBLEMAS

Uno de los principales problemas de Ruta - 100 se presentaba en la recaudación del dinero por la prestación del servicio; debido a que las alcancías algunas veces se llenan antes de llegar a un depósito y de esta manera las personas que subían después de llenas, ya no pagan el servicio o se iba cayendo el dinero; otra de las causas fue que la cantidad de personas que utilizaban el abono de transporte no podía ser determinada de una manera exacta y sólo representaba un porcentaje en sus ingresos; por este motivo dentro de la planeación que se hacía en Ruta - 100, existía una caída de los ingresos programados; lo cual aumentaba el subsidio otorgado por el Departamento del Distrito Federal que nunca pudo ser el que se requería para cubrir todas sus necesidades.

Otro de los problemas que aquejó a Ruta - 100 fue el que sus unidades ya no iban de acuerdo a las reglas ambientales requeridas por la Ciudad de México en 1991 y por ello decidió hacerse una inversión en comprar algunos autobuses y en comprar motores para reacondicionar otros. Este proceso llevó algún tiempo y mientras dejaban de circular las unidades anteriores, circulaban también algunos autobuses nuevos (autobuses ecológicos), que para recuperar la inversión cobraban 3 veces más que las unidades anteriores; por lo cual la mayoría de las personas buscaban abordar las unidades menos costosas, dejando así casi vacías las nuevas unidades, lo cual ocasionó grandes pérdidas.

Debido también a su poca fuente de ingresos, el servicio no pudo cubrir toda la demanda de que fue objeto, pues su parque vehicular cada vez disminuía más al no poderse dar un mantenimiento preventivo y correctivo a las unidades a tiempo y por no poderse comprar nuevas unidades; por dicho motivo tampoco hubo incremento en sus ingresos.

El problema en cuanto a la administración y la planeación de todos los elementos que conforman Ruta - 100 llevó a que existían demasiadas personas y se exigió una liquidación de personal.

La inestabilidad en los recursos otorgados y los servicios prestados a los usuarios fue otro de los problemas que afectó a Ruta - 100.



## 1.6. ACCIONES REALIZADAS PARA SOLUCIONAR ALGUNOS PROBLEMAS

### PROGRAMA DE MODERNIZACION INSTITUCIONAL 1992

El Programa de Modernización de Ruta - 100 consideró dentro de sus principales líneas de acción las siguientes:

- La Homologación del Parque Vehicular.
- La Integración de la Red de Rutas.
- La Compactación Modular.
- La Capacitación para la calidad total.
- La Readecuación y automatización de Sistemas de Trabajo.
- La Desconcentración y Reducción de Personal.
- La Reestructuración Orgánico - Presupuestal.
- La Renovación del Parque Vehicular.

- Homologación del Parque Vehicular

Esta consiste en asignar a cada módulo operativo un mismo tipo de autobuses, o bien, unidades con características similares.

Esta determinación tiene las siguientes ventajas:

- ⇒ Optimizar los recursos destinados a mantenimiento.
- ⇒ Abatir los costos de inventarios de refacciones, herramientas, llantas y equipos.
- ⇒ Especializar al personal en el mantenimiento de las unidades en la reparación de conjuntos mecánicos.
- ⇒ Incrementar la utilización de las refacciones susceptibles de recuperar.

La homologación se logró en 13 módulos, a los que se asignó uno o dos tipos de autobuses. En los demás módulos la homologación se llevó a cabo con la asignación de unidades por las características de cada ruta.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- Integración de la Red de Rutas

Se llevó a cabo una reasignación de rutas entre módulos, así como ajustes en el parque vehicular operable en servicio de cada ruta; también se modificaron algunos derroteros de conformidad con el Plan Integral de Transporte. Este programa incluye todas las rutas existentes en Ruta - 100

- Compactación Modular

Con base en análisis operativos, de infraestructura, ubicación y financieros, se determinó la conveniencia de eliminar 14 de los 38 módulos existentes anteriormente, transfiriendo los recursos y responsabilidades a otros, hasta llegar a contar solamente con 24 módulos.

- Firma del Convenio y Capacitación para la calidad.

Con el propósito de lograr niveles de calidad total, se elaboró un programa para instructores que en una primera fase capacitaron a todo el personal de confianza, y en una segunda a todo el personal de base, como parte del cambio de actitud que se gestó hacia el interior del Organismo.

Dentro de este mismo esfuerzo, el 16 de marzo el Organismo y el Sindicato firmaron el Convenio de Productividad para la Calidad Total, mediante el cual se establecieron metas y compromisos comunes.

- Automatización de Sistemas de Trabajo

Las etapas en las que se dividió el proyecto de automatización fueron las siguientes:

- ⇒ Análisis preliminar de automatización.
- ⇒ Diagnóstico del equipo de cómputo.
- ⇒ Selección de equipo de cómputo para el plan de descentralización y cuyos trabajos fueron los siguientes:
  - \* Detección de necesidades de sistemas operativos y administrativos.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- \* Auditar configuración de equipo de cómputo, costos, instalación física y utilización.
- \* Determinación de configuración de equipo de minicomputación de tecnología actual para cada uno de los módulos operativos.
- \* Asignación de microcomputadoras para cada uno de los módulos.

Todo esto dio como resultado que se adquirieran 26 minicomputadoras HP/3000, 45 microcomputadoras y equipo periférico adicional HP, así como la adecuación y acondicionamiento de los centros de cómputo modulares; los sistemas que se operan en estos equipos son: nómina, contabilidad, control presupuestal, tráfico vehicular, mantenimiento, activo fijo, adquisiciones, costos, indicadores de gestión y estadísticas de operación; así como desarrollar programas microcomputacionales para las áreas de Auditoría, Jurídico, Relaciones Públicas y Proyectos Especiales.

### • Desconcentración y Reducción de Personal

Debido a la racionalización del gasto público y considerando la desconcentración de funciones y responsabilidades a los niveles divisional y modular, se previó integrar las estructuras ocupacionales con los recursos y plazas disponibles, operando un proceso de desconcentración, reubicación y reducción de personal.

La plantilla de personal se redujo en 8,695 empleados, teniendo 6,495 personal operativo y 2,200 de confianza en todos los niveles.

### • Reestructuración Orgánico Funcional

Esta se desarrolló en los siguientes niveles:

- ⇒ Nivel Modular.- Se dotó a los módulos de la infraestructura administrativa y recursos técnicos y materiales necesarios para facilitar la adopción de nuevos esquemas de trabajo orientados a lograr su operación integral y autosuficiente.
- ⇒ Nivel Regional.- Segmentar al Distrito Federal en 4 regiones, fortaleciendo las Coordinaciones Divisionales como instancias de coordinación, orientación, supervisión y control de las actividades operativas de módulos, conforme a las directrices y normatividad que establezcan las oficinas centrales.
- ⇒ Nivel Central.- Desconcentrar funciones y recursos hacia las Coordinaciones Divisionales, dejando como atribución de Oficinas Centrales, la planeación, la

normatividad, control y consolidación; las cuales pueden ser realizadas por grupos reducidos de personas con un alto índice de especialización. La estructura orgánica se sujeta a un proceso de compactación, siguiendo como premisa fundamental las políticas de austeridad, definidas por el Gobierno Federal.

### Renovación del Parque Vehicular

Se establecieron 3 subprogramas:

1. Se refiere a la rehabilitación de 1,500 autobuses, a los cuales era necesario dotarlos de motores anticontaminantes; 700 de ellos se adquirieron y 800 se reconstruyeron y se repararon 400 transmisiones.
2. El segundo subprograma abarca la reconstrucción de 500 autobuses convencionales instalándoles un motor nuevo anticontaminante.
3. Se reconstruyeron 500 metrobuses íntegramente.

En lo que se refiere a adquisición de 1,010 unidades nuevas, se programó la compra de 800 unidades semichatos (600 medianos y 200 cortos); así como también la compra de 200 autobuses nuevos.

## 1.7. ACCIONES POR REALIZAR EN 1994 PARA RESOLVER DICHOS PROBLEMAS

### Acciones Inmediatas a Corto Plazo

- ⇒ Recuperar el mercado perdido en los últimos 4 años, calculado en 30% de los pasajeros que actualmente se transporte.

Este objetivo se logró casi al finalizar el funcionamiento del Organismo, pues al incrementar el costo de los microbuses en marzo de 1995 se incrementó también la demanda de pasajeros del servicio proporcionado por Ruta - 100 debido a tener una tarifa más baja; misma cuestión que aún queda como ventaja para la nueva empresa controladora del servicio.

- ⇒ Dejar sin efecto el abono de transporte multimodal en Ruta-100, lo cual permite incrementar los ingresos de recaudación.

Este objetivo no se cumplió. De acuerdo a la política adoptada por el Departamento del Distrito Federal se logró disminuir en gran medida el número de abonos emitidos pero aún existiendo los mismos durante algún tiempo.

- ⇒ Revisar la red de rutas, cuya adecuación significará un servicio más eficiente y un aumento en los niveles de recaudación.

Se revisaron algunas rutas y se hicieron algunas modificaciones, permitiendo así atraer más pasajeros y por ende mayor recaudación.

- ⇒ Comercializar los espacios de publicidad generando ingresos adicionales.

Este objetivo se cumplió en su gran mayoría debido a que las casetas que existen en las paradas de las rutas se cubrieron con publicidad; pero también podía haberse usado el interior de los camiones como sucede en los vagones del Sistema de Transporte Colectivo "Metro", lo cual no se realizó debido a las reparaciones que tenían que hacerse a los autobuses y que la mayoría no trae la luz indicada para poder apreciar los anuncios publicitarios.

- ⇒ Enajenar los desechos ferrosos de los autobuses amarillos, así como de los terrenos propiedad del Organismo que han quedado de desuso con motivo de la compactación de módulo.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

⇒ Instrumentar un sistema de control para incrementar la recaudación que permitan reducir la evasión por parte del usuario y las mermas internas.

Esto no se logró porque nunca existió un cambio en cuanto a la forma de recaudación; en cuanto a la nueva empresa, el sólo hecho de otorgar boletos a los pasajeros hace mucho más eficiente el servicio y la recaudación, sabiendo el número de boletos otorgados al conductor se puede saber con facilidad cuanto fue lo que se tiene que haber captado en el día.

⇒ Coordinación efectiva en planeación y operación con otros medios de transporte.

Esto se llevó a cabo pues la mayoría de las rutas convergen o parten de algún Metro para salir a la Zona Conurbana del Distrito Federal.

⇒ Mejorar las condiciones físicas y mecánicas de los autobuses a través de la elaboración, seguimiento y control de los programas de mantenimiento, basados en una nueva estrategia de mantenimiento que excluya la interferencia con los horarios de operación.

⇒ Establecer los procedimientos de control y supervisión en materia de personal, operación y suministros.

⇒ Mejorar la imagen institucional mediante campañas eficaces de información y concientización.

⇒ Cambiar el régimen contractual de algunos puestos claves para la operación de la empresa.

⇒ Establecer medidas tendentes a incrementar la productividad, buscando con ello la calidad total del servicio, preservar la fuente de trabajo, aumentar los ingresos que genera Ruta-100 y optimizar el uso de recursos.

⇒ Rediseñar y distribuir la red de rutas en función a las necesidades del usuario, en términos de demanda y redefinición de orígenes y destinos.

⇒ Promover el correcto pago de la tarifa por parte del usuario.

⇒ Mantener en ruta el 82% como mínimo de las unidades en operación.

⇒ Reducir el índice de accidentes por desperfectos mecánicos, mediante la elaboración, ejecución y supervisión de los programas de mantenimiento preventivo y la realización del mantenimiento correctivo.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- ⇒ Continuar con el programa de reducción de personal para ajustar la plantilla al factor por autobús acordado en las Condiciones Generales de Trabajo.
- ⇒ Llevar a cabo programas de capacitación de mejora continua.
- ⇒ Mejorar el trato al usuario, contribuyendo a la confiabilidad y prestigio del servicio de transporte.
- ⇒ Erradicar el tiempo extra, mediante una adecuada aplicación de estímulos a la productividad, el estricto cumplimiento de los roles de trabajo y el establecimiento de horarios acorde a las necesidades del servicio.
- ⇒ Empezar actividades productivas redituables que permitan el ingreso de nuevos recursos económicos al Organismo.
- ⇒ Insistir ante las dependencias globalizadoras la prioridad que tiene para el saneamiento financiero del Organismo, la asunción del pasivo que se tiene con Banobras y la condonación de los adeudos que existen desde 1988 por I.S.P.T. con la S.H. y C.P.

### Líneas estratégicas para el mediano plazo

- ⇒ Cumplir con su función de transportación de pasajeros en la Ciudad de México y zona conurbada, induciendo la mejora continua y de excelencia en la prestación del servicio.
- ⇒ Conservar su parque vehicular con el fortalecimiento y renovación de sus programas de mantenimiento preventivo, correctivo y de rehabilitación.
- ⇒ Obtener mayores recursos financieros provenientes del incremento de recursos propios, para cubrir los gastos de operación en un 60% vía tarifa, lo que permitirá reducir el subsidio a la operación.
- ⇒ Concluir la construcción y equipamiento de los talleres de reconstrucción de autobuses y de partes y refacciones para fortalecer la disponibilidad y distribución de refacciones.
- ⇒ Mejorar y ampliar la cobertura, de tal manera que se le de al habitante un servicio de calidad tal que permita desalentar el uso del automóvil.
- ⇒ Diseño e instalación de un sistema de peaje moderno, con la más alta tecnología integral y multimodal, que permita mejorar los principales indicadores de recaudación y operación del Organismo.

#### SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- ⇒ Promover la creación de un sistema de vialidad preferencial.
- ⇒ Ampliar la cobertura del servicio a usuarios de menores ingresos en las zonas urbanas marginadas.
- ⇒ Impulsar la transformación estructural del servicio que presta el Organismo, atendiendo con eficacia a través de una adecuada red de rutas y frecuencias.
- ⇒ Aumentar la productividad, la competitividad interna y externa y la rentabilidad social financiera.
- ⇒ Adoptar nuevas tecnologías acordes a las necesidades de la empresa y el desarrollo nacional.
- ⇒ Fomentar y fortalecer las actividades de Investigación científica y tecnológica para disminuir la dependencia del exterior.
- ⇒ Crear una cultura de calidad total en los productos y materiales que se consumen, a través de la instrumentación de un laboratorio de pruebas.
- ⇒ Aplicar medidas de racionalización en el uso de los recursos financieros, materiales y humanos.
- ⇒ Contar con un centro de desarrollo tecnológico en el corto plazo, induciendo la creatividad de sus trabajadores para lograr una mayor independencia.
- ⇒ Creación del centro de información, con un banco de datos técnicos actualizados.



## 1.8. ANALISIS DE LA SITUACION DE RUTA-100 EN 1994

De acuerdo a todos los datos que se han otorgado anteriormente se hace el siguiente análisis:

- Se considera que la Plantilla de Personal de Ruta-100 es exagerada, y a pesar de que acertadamente se ha ido reduciendo, esto no es suficiente, ya que examinando el Organigrama, se puede ver que existen demasiadas Divisiones y Subdivisiones que podrían fusionarse y de esta forma reducir un poco más la plantilla. En el caso de los módulos esto también debía hacerse porque se tiene mucha gente trabajando y no se necesita tanta.
- Se percibe que otra causa de los problemas actuales del Organismo es la falta de una Organización clara y más contacto entre los encargados de vigilar al Organismo y los que directamente trabajan en él; en Ruta-100 no se cuenta con manuales de procedimientos, ni descripción de puestos, lo que lleva muchas veces a la duplicidad de funciones; con una mejor planeación se podrían aprovechar mejor los recursos y habría menos gastos administrativos.
- En cuanto al problema de recaudación, debería buscarse una forma más eficaz que haga que realmente el dinero que se obtiene de un camión sea el del número de pasajeros que subieron a él y que sea el mismo que llegue al Organismo; se sugiere que ya que no existen los recursos para dar solución al problema tecnológicamente, se pongan Inspectores en camiones y en módulos sin información previa al personal de estos para darse cuenta de donde está la fuga real del capital y poder poner una solución administrativa o de procedimientos a esto.
- Se sugiere también el obtener recursos por otro tipo de medios; como por ejemplo la publicidad; pues aún cuando se ocupan las terminales de los camiones para esto, también se podrían utilizar los mismos vehículos como sucede con el Sistema de Transporte Colectivo "Metro", solo que se necesitaría un poco de luz en ellos.
- Se sugiere además una nueva Distribución de Rutas; un análisis completo de las que se tienen; incluyendo su rentabilidad, ya que en muchos de los casos las rutas solo se diferencian por unas cuantas calles y tal vez valdría la pena hacer una ruta un poco más larga y no 2 rutas que involucran mayor número de camiones y por lo tanto mayores costos; se toca este punto porque aún cuando ha sido una de las metas a corto plazo no se ha realizado mucho al respecto; para ello también se sugiere que las rutas partan del metro más cercano a la Terminal para no tener por el Programa Integral de Transporte (PIT) dos medios de transporte semejantes en la misma parte de la ciudad.

## 1.9. CAIDA DEL ORGANISMO

### Causas de la Quiebra del Organismo:

- Se tenía un adeudo muy grande con Banobras y SHCP desde 1988, el cual no pudo cubrirse.
- El cambio de motores de autobuses por motores no contaminantes y remodelación de los mismos, así como adquisición de nuevas unidades en 1990, se ocasionaron grandes pérdidas en las ganancias de ese año.
- Exceso de plantilla de personal.
- Duplicidad de Funciones y Departamentos.
- Poco control interno o casi nulo de la Recaudación
- No tener una autoridad de tipo contralor; ya que el cargo de Administrador de Ruta - 100 por parte del Departamento del Distrito Federal fue considerado de función política y no administrativa, por lo tanto los ingresos de Ruta - 100 no siempre eran ingresados todos al Organismo.
- A principios de 1995 se compraron nuevas unidades de tamaño más grande al normal y se intentó recuperar el costo de las mismas otorgando la nueva tarifa de N\$ 1.0 pero no se logró, esto lejos de mejorar al Organismo lo llevó a tener más pérdidas.
- La Inflación que se dio en 1995 al devaluarse el peso en noviembre de 1994 afectó gravemente al Organismo pues el costo del servicio seguía siendo el mismo y la gasolina, el diesel, las refacciones, etc., costaban hasta 3 veces su valor anterior.
- El mal manejo de los fondos destinados al Sindicato de Ruta - 100 para compra de vestuario y del contrato colectivo de trabajo.

## II DESCRIPCION DEL MODELO

### 2.1. INTRODUCCION A LA SIMULACION

La Simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él para entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias (dentro de los límites impuestos por un criterio o por un conjunto de criterios) para la operación del sistema.

Se comprende por modelo a una representación idealizada o abstracción de una situación u objetos reales, que muestran las relaciones (directas o indirectas) de la acción y de la reacción en términos de causa y efecto al poder ser manipulado y controlado. Un modelo es un vehículo para obtener una visión bien estructurada de la realidad, que nos permitirá realizar la toma de una decisión.

Existen varios tipos de Simulación:

- Simulación por identidad: Se toma un sistema mismo como modelo para obtener conocimiento de su comportamiento. Es cara, rara vez es factible y contiene poco control de los factores que afectan la respuesta.
- Simulación por cuasi-identidad: Trata de establecer que el modelo conserve todos los aspectos posibles pero excluya elementos cuya presencia harían imposible una simulación por identidad.
- Simulación de laboratorio: Ofrece un método de análisis más factible y económico que las anteriores, preservando al mismo tiempo, las características esenciales del sistema en cuestión. Abarca la capacidad para reproducir algunos aspectos de un sistema en forma literal y sustituir las representaciones simbólicas por otros aspectos.
- Simulación por computadora: Se llama así a la técnica numérica que permite conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden cierto tipo de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo. Ofrece muchas conveniencias que la hacen un método atractivo para el análisis. Puede comprimir el tiempo de manera que varios años de actividad puedan simularse en minutos o en algunos casos, en segundos.

Se puede simular el comportamiento de sistemas económicos, sociales, administrativos, productivos, físicos, químicos, biológicos, etc.

Los procesos de Simulación se pueden realizar, excepcionalmente, en una computadora analógica, o con papel y lápiz.

El proceso de Simulación incluye tanto la construcción del modelo como su uso analítico para estudiar un problema. Por modelo de un sistema real entendemos una representación de un conjunto de objetos e ideas de forma tal que sea diferente a la de la entidad misma en existencia o capaz de ser puesto en existencia.

El modelado de Simulación es una metodología aplicada y experimental que intenta:

- Describir el comportamiento de sistemas.
- Postular teorías o hipótesis que expliquen el comportamiento observado.
- Usar estas teorías para predecir un comportamiento futuro, es decir, los efectos que se producirán mediante cambios en el sistema o en su método de operación.

Todos los modelos de simulación se llaman modelos de entrada-salida, es decir, ellos producen la salida del sistema si se les da la entrada a sus subsistemas interactuantes. Son incapaces de generar una solución por sí mismos en el sentido de los modelos analíticos; solo pueden servir como herramienta para el análisis del comportamiento de un sistema en condiciones especificadas por el experimentador.

Por lo tanto, la simulación no es una teoría, sino una metodología de resolución de problemas; además de ser sólo uno de los métodos para resolver problemas que están disponibles para el analista de sistemas.

El uso de la simulación es recomendable cuando existan las siguientes condiciones:

- No existe una completa formulación matemática del problema o los métodos analíticos para resolver el modelo matemático no se han desarrollado aún. Muchos modelos de línea de espera pertenecen a esta categoría.
- Los métodos analíticos están disponibles, pero los procedimientos matemáticos son tan complejos y difíciles, que la solución proporciona un método más simple de solución.
- Las soluciones analíticas existen y son posibles, pero están más allá de la habilidad matemática del personal disponible. El costo del diseño, la prueba y la corrida de una simulación debe entonces evaluarse contra el costo de obtener una ayuda externa.
- Se desea observar el trayecto histórico simulado del proceso sobre un periodo, además de estimar ciertos parámetros.

#### SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- La simulación puede ser la única posibilidad, debido a la dificultad para realizar experimentos y observar fenómenos en su entorno real, por ejemplo, estudios de vehículos espaciales en sus vuelos interplanetarios.
- Se requiere la aceleración del tiempo para sistemas o procesos que requieren de largo tiempo para realizarse. La simulación proporciona un control total sobre el tiempo, debido a que un fenómeno se puede acelerar o retardar según se desee. El análisis de los problemas de deterioro urbano corresponde a esta categoría.

En este problema utilizaremos la Simulación debido a que el experimento real sería muy costoso y tardado y no se puede realizar porque afectaría el funcionamiento del sistema como lo hace normalmente, sería difícil establecer una prueba piloto porque es tan necesario el transporte que tendría que durar poco tiempo; además se podrá controlar el sistema y analizar los resultados.

Se busca también el que la gerencia conozca a través de la simulación lo que podría ser el funcionamiento óptimo de la ruta y poder tomar una decisión en cuanto al número de camiones que podrán utilizarse.

En algunos casos puede no ser recomendable la Simulación por lo siguiente:

- El desarrollo de un buen modelo de simulación es muy costoso y requiere de mucho tiempo, ya que demanda un alto grado de talento que no se puede encontrar fácilmente.
- Puede parecer que una simulación refleja con precisión una situación del mundo real, cuando, en verdad no lo hace. Varios problemas intrínsecos de la Simulación pueden provocar resultados erróneos si no se resuelven correctamente.
- La simulación es imprecisa y no podemos medir el grado de su imprecisión. El análisis de sensibilidad del modelo para cambiar valores de parámetros, sólo puede superar parcialmente esta dificultad.
- Usualmente los resultados de la Simulación son numéricos, y dados a cualquier número de puntos decimales que el experimentador seleccione, de tal forma puede surgir el problema de atribuir a los números un grado mayor de validez y precisión del que se puede justificar.

En el caso de la demanda de los autobuses son más las ventajas que las desventajas; pues no se pretende hacer un modelo que se aplique en forma perfecta, sino ser una pauta para la toma de decisiones y no va a ser muy costoso, pues sólo se requieren algunos datos y una computadora, además los datos con los que se trabaja son numéricos (número de personas,

número de autobuses) y no se corren ningún riesgo de dar mayor validez a los números. Se está consciente que algunas veces los modelos de simulación distan un poco de la realidad, pero se han tomado las medidas necesarias para que sea lo más cercano posible, como lo es la toma de una muestras en varios días de la semana y a diferentes horarios para tener algo más real; además de realizar una segunda muestra después de tener ya los resultados para ver cuanto se acercan estos a la realidad.

En un modelo de Simulación encontramos alguna combinación de los siguientes elementos:

a) Componentes:

Son las partes que en conjunto constituyen el sistema, pueden ser también subsistemas.

Un sistema se define como un grupo o conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia para realizar una función específica. Los componentes son los que constituyen el sistema de interés.

En nuestro caso los componentes del sistema son los autobuses, el número de pasajeros y el tiempo de servicio.

b) Variables:

Son aquellas partes del Sistema cuyo valor puede cambiar a través del mismo y sirven para representar alguno de los componentes del sistema.

Se llama variable aleatoria a la función que asigna números reales a eventos de un espacio de prueba.

Los valores de las variables aleatorias utilizan la probabilidad puesto que el dominio de esta función (eventos) está asociado a este concepto. Si el rango de la función lo constituyen únicamente los números enteros, la variable aleatoria se llama discreta. Si el rango son todos los números reales, la variable aleatoria se llama continua.

Las variables pueden ser exógenas y endógenas. Las variables exógenas son llamadas también variables de entrada, es decir, son variables que se originan o producen fuera del sistema o que resultan de causas externas, se llaman también variables independientes. Las variables endógenas son aquellas producidas por el sistema o por causas internas; son variables de salida y pueden ser llamadas también variables dependientes.

En nuestro caso se detallará más adelante cada una de las variables utilizadas en el modelo de la simulación.

c) Parámetros:

Son las cantidades a las cuales el operador del modelo puede asignarles valores arbitrarios, éstas pueden ser constantes o valores fijos; son los valores de los que se va a partir para poder establecer el modelo.

En nuestro caso tomaremos como parámetros del sistema, el tiempo promedio de recorrido de un autobús, el número promedio de pasajeros transportados por autobus y la capacidad de pasajeros para los autobuses; estos valores se detallarán más adelante.

d) Relaciones Funcionales:

Describen a las variables y a los parámetros de tal manera que muestran su comportamiento dentro de un componente o entre componentes del sistema. Estas pueden ser determinísticas o estocásticas.

Las relaciones determinísticas son identidades o definiciones que relacionan ciertas variables o parámetros, donde una salida del proceso es determinada por una entrada dada.

Las relaciones estocásticas son aquellas en las que durante el proceso tiene de manera característica una salida indefinida para una entrada determinada.

Las relaciones que nosotros daremos en un principio son:

- \* A mayor número de autobuses; menor número de pasajeros en espera.
- \* A mayor número de autobuses; mayor número de pasajeros transportados.
- \* A mayor número de pasajeros transportados; mayor número de ganancias.
- \* A mayor número de autobuses; mayor rentabilidad.

e) Restricciones:

Son limitaciones impuestas a los valores de las variables o a la manera en la cual los recursos pueden asignarse o consumirse. Estas restricciones pueden ser auto-impuestas por el diseñador o impuestas por el sistema mediante la naturaleza del mismo.

En nuestro caso la única restricción que se tiene es la capacidad de los autobuses; ya que sólo podrán abordar el autobús el número de personas que quepan en él aún cuando haya más pasajeros esperando.

f) Funciones Objetivo:

Es una definición explícita de los objetivos o metas del sistema y de cómo se evaluarán. Existen objetivos retentivos y adquisitivos.

Los objetivos retentivos son aquellos que tratan de la conservación o preservación, ya sea de recursos o estados. Los objetivos adquisitivos conciernen a la adquisición de recursos o la obtención de estados que la organización o el gerente buscan.

La función objetivo es una parte integral del modelo y la manipulación del mismo se logra por los intentos para optimizar o satisfacer los criterios establecidos.

La definición de la función objetivo debe ser una especificación inequívoca de las metas y objetivos contra los cuales se van a medir las decisiones.

Por lo general, la función objetivo es una parte integral del modelo y la manipulación del mismo se logra por los intentos para optimizar o satisfacer los criterios establecidos.

En nuestro caso la función objetivo de acuerdo a un modelo de asignación se vería de la siguiente forma:

$$\text{Max } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

Donde  $i$ =pasajeros (demanda)  
 $j$ = autobuses (oferta)



## 2.2. PROCESO DE SIMULACION

En un proceso de simulación se incluyen las siguientes etapas:

1) Definición del Sistema: Se llama así a la determinación de los límites ó fronteras, restricciones y medidas de efectividad que se usarán para definir el sistema que se estudiara.

Esta parte se cubrirá más adelante en el planteamiento del Problema y en la Recopilación de Datos.

2) Formulación del modelo: Se llama así a la reducción ó abstracción de un sistema real en un diagrama de flujo lógico. En esta etapa se trata de que el analista vea que datos obtenidos en la investigación inicial y en la recopilación de datos formarán parte importante del modelo para simular el comportamiento del sistema real y se obtendrán también las distribuciones de probabilidad para dichos datos.

3) Preparación de datos: En esta etapa se identificarán los datos que el modelo requiere y se reducirán éstos a una forma adecuada. En esta etapa se presentan ecuaciones y las distribuciones de la manera que se ingresarán al modelo.

En nuestro caso, estas 2 etapas se verán más adelante en la Formulación del Modelo de Asignación.

4) Traslación del modelo: Es la descripción del modelo en un lenguaje aceptable por la computadora, que sea entendida por esta y que represente el comportamiento del sistema real. Esta etapa incluye desde la elaboración del algoritmo, diagrama de flujo y el código en el lenguaje de programación.

Esta parte se verá más adelante en el Diseño del Programa y Obtención del Lenguaje a utilizar y la realización del programa en computadora.

5) Validación: La validación consiste en realizar una serie de pruebas de hipótesis para refutar o verificar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las múltiples corridas de la simulación. Paralelamente se comparan, los resultados de la Simulación con series históricas existentes y se verifica la exactitud del pronóstico generado por la simulación.

Se trata también de saber si la simulación representa al sistema real de modo que, cualquier inferencia obtenida del modelo respecto al sistema real sea correcta.

Esta parte se verá más adelante en la Validación del Modelo Simulado y Pruebas al Modelo.

6) Planeación estratégica: En esta etapa se realiza el diseño de un experimento que producirá la información deseada. Se trata de ver en esta parte cuantas serán las corridas del programa, los datos de entrada, la longitud de cada corrida de la simulación, etc; de manera tal que nos ayuden a obtener los resultados que nos ayuden a estudiar el comportamiento del sistema y a resolver el problema.

7) Planeación táctica: En esta etapa se determina cómo se realizará cada una de las corridas de prueba especificadas en el diseño experimental. Se trata de ver cada uno de los datos de entrada para la corrida de la Simulación.

En nuestro caso; El diseño del experimento es el siguiente:

- Se realizarán corridas del programa según el número de autobuses con el cual el número de pasajeros en espera tienda a cero.
- En cada corrida se variará el número de autobuses; siendo este desde 1 hasta el número de autobuses en que el número de pasajeros en espera tienda a cero.
- La longitud de la simulación será el de simular la ruta en un día completo, desde las 5.30 de la mañana a las 22.30 de la noche. (1020 minutos).
- El horario con el que se empezará la simulación será el de 5.30 de la mañana.
- Para realizar el análisis de sensibilidad se variará la hora de empezar de la simulación y la duración de la misma; así como el número de autobuses.

8) Experimentación: Son las corridas de la simulación con las que se generan los datos deseados y se efectúa el análisis de sensibilidad.

Las corridas de la Simulación se presentarán a manera de tabla resumen en el Apéndice C, debido a que en las corridas del Programa se tienen datos por minuto desde las 5.30 de la mañana hasta las 10.30 de la noche, debido a que se generan pasajeros en el punto de partida cada 5 minutos y lo único que nosotros necesitamos es el número de pasajeros transportados y el número de pasajeros en espera.

9) Interpretación: Es la obtención de inferencias con base en datos generados por la Simulación. Se obtienen los resultados y se interpretan según se haya visto de acuerdo al comportamiento del modelo y a lo que queremos saber de él para resolver el problema.

En el capítulo de Interpretación de resultados se anexa una tabla en la que se compara cada una de las corridas de la simulación, para cada número de autobuses, de acuerdo a costos e ingresos, los cual nos servirá para establecer una solución al problema.

10) Implantación: Se utiliza el modelo una vez que ya se ha aprobado por el gerente, la compañía, etc y se ven los resultados.

En este caso no lo podremos implantar debido a que se trata de un organismo en quiebra y quizá sea aplicable hasta que las nuevas empresas compren las rutas y empiecen a realizar un análisis exhaustivo.

11) Documentación: Es el registro de las actividades del proyecto y los resultados así como la documentación del modelo y su uso.

La Documentación del Modelo es la que se presenta a lo largo de todo este trabajo; además se anexan; en los apéndices, el programa de la Simulación, el programa de las validaciones del generador de números aleatorios y las corridas de la Simulación.

Es importante destacar que no todos los estudios de Simulación necesitan tener todas estas etapas, ni en el orden establecido. Algunos estudios contienen etapas que no fueron detalladas. Más un estudio de simulación no es una simple secuencia de etapas, algunas veces, se obtiene un mejor estudio y mejor entendimiento del sistema de interés, si frecuentemente se regresa a las etapas previas.

## 2.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La primera etapa de la simulación es la definición del sistema bajo estudio y se determina de acuerdo a toda la información obtenida por el analista a lo largo de su investigación inicial.

De acuerdo a todo lo descrito en el capítulo I estableceremos lo que se considera el problema en cuestión y la definición del sistema real.

Desde sus inicios el Organismo tuvo problemas de liquidez y no pudo terminar de pagar su deuda con Banobras y SHCP, debido a dicha situación no se les otorgaron préstamos del Banco Mundial en 1993 para incrementar su parque vehicular; y al ser cada vez más grande la demanda del transporte urbano, lo único que resta al no tener mayor número de unidades, es la mejor distribución de las que se tienen para satisfacer la demanda y obtener mayores ingresos, esto para que la nueva empresa tenga una visión mejor de la situación y pueda adecuar las rutas para dar un mejor servicio y la mayor satisfacción de la demanda.

Debido a que el Organismo se abrió a nuevas opciones y automatización de sistemas de trabajo y que la nueva empresa cuenta con los mismos recursos que tenía Ruta -100, se resolverá este problema por medio de una simulación de un modelo de asignación; modelo con el cual se determinará el número de autobuses que se requieran para satisfacer cierta demanda en una ruta y horas determinadas.

En este caso, se utilizará un modelo de asignación porque el sistema real cuenta con las variables clásicas que identifican a estos problemas; como son; por una parte la demanda de pasajeros a satisfacer y por otra el número de autobuses para satisfacer esta misma (oferta); todo esto a el menor costo porque se desea la rentabilidad de la empresa; además se resuelve por medio de la simulación ya que no se tiene de manera exacta el número de pasajeros que demanda el servicio en todo el día y se tiene que generar este número y para encontrar el óptimo de autobuses disponibles para la satisfacción de la demanda, se requiere ir variando el número de ellos hasta encontrar el óptimo.

De esta forma nuestro objetivo será el de asignar el número de unidades a una ruta determinada con el cual la demanda quede completamente satisfecha; es decir; cuando el número de pasajeros en espera se haga cero o tienda a ser cero.

Se utilizará para ello una muestra de la demanda en una de las Rutas tal vez más corta pero con mayor número de personas que requieren el servicio, en un día completo; esta muestra abarca el número de pasajeros que abordan el autobús en un tiempo determinado del día.

#### SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

Se escogió dicha ruta ya que por el número de personas, el número de centros de reunión de personas (escuelas, centros comerciales, trabajos, viviendas, etc.) y por el corto tiempo de la misma, resulta ser representativa, además de serlo porque cualquier persona dentro de la zona puede abordar el autobús en el momento que lo desee.

La muestra consta de datos de personas que abordan el autobús en el origen de la ruta (M. Zapata) y en cada una de las paradas que hace el mismo, se tomó también en cuenta el número de personas que llegan a la Base cada 5 minutos para obtener así la demanda real del transporte y poder saber cuando se satisface o cuando se acerca a su satisfacción; también se tomaron los tiempos de salida de autobuses y los tiempos de recorrido de los mismos a lo largo del día, esto para poder generar tiempos de servicio.

La Ruta que se ha escogido es la de M. Zapata - Plateros. En ella se encuentran diversos centros de reunión de personas que permitirán el que esta línea esté en continuo uso, como son:

- El Centro Comercial Liverpool Insurgentes.
- El Centro Comercial Plaza Universidad.
- El Centro Comercial Bodega Aurrera.
- La Unidad Habitacional " Lomas de Plateros "
- El Instituto Nacional de la Comunicación Humana.
- La Preparatoria # 8.
- La Secundaria Técnica # 60.
- La Clínica del IMSS Hospital 20 de Noviembre.
- 2 Primarias.
- 1 Secundaria.

## 2.4. RECOPIACION DE DATOS

La recopilación de datos es una parte importante en el proceso de la simulación ya que otorga el conocimiento del sistema bajo estudio para saber su comportamiento y poder simularlo de manera correcta.

Se deben recopilar información y datos en el sistema de interés y ser usados para especificar procedimientos de operación y distribuciones de probabilidad para los números aleatorios (variables) utilizados en el modelo.

Se llama muestreo, al proceso de seleccionar un conjunto de datos llamados muestra, de la población que se quiere estudiar. Una estadística es un valor inferido del cálculo de una muestra. Para que las inferencias sean válidas, la muestra debe ser representativa de la población bajo estudio, es decir, una muestra es representativa o insesgada cuando cualquier elemento de la población bajo estudio tiene la misma posibilidad de pertenecer a la muestra. En estas condiciones se dice que la muestra es aleatoria.

Existen varios procesos de muestreo: el aleatorio simple y secuencial, estratificado y de conglomerados.

Una muestra aleatoria simple es aquella donde cualquier elemento de la población bajo estudio tiene la misma probabilidad de ser incluido y donde cada proceso de selección de candidatos para la muestra es independiente.

El muestreo aleatorio secuencial consiste en seleccionar aleatoriamente a un elemento  $x$  de una población que tiene cierto orden físico y después en la secuencia  $x + x, x + 2x, \dots, x + nx$ , se seleccionan elementos, donde  $x$  es cualquier número entero.

El muestreo estratificado, divide a la población bajo estudio en grupos llamados estratos, y selecciona aleatoriamente un número de elementos en cada estrato.

El muestreo por conglomerados selecciona aleatoriamente grupos de elementos de la población bajo estudio, que se analizan en su totalidad.

Para resolver el problema se realizó una muestra aleatoria simple de la demanda de pasajeros de los autobuses con muestreo aleatorio simple, utilizando para ello la observación en diferentes horarios y en diferentes épocas y días del año de la misma, para de esta forma, establecer un día promedio de la demanda de pasajeros y así poder desarrollar la simulación; también se realizó una muestra de tiempos en los que los autobuses realizan una vuelta completa.

El método utilizado fue el siguiente:

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- \* Se aborda el autobús en el origen de la ruta (M. Zapata - Plateros).
- \* Se cuenta el número de personas que abordan el autobús.
- \* Se escribe la hora en la que se aborda el autobús.
- \* Se cuenta el número de personas que abordan el autobús en el transcurso de la ruta.
- \* Se escribe la hora en la abordan los pasajeros el autobús.
- \* Se cuenta el tiempo de recorrido de la ruta completa.

Con todo esto obtenemos el número de pasajeros que demandan el servicio en la ruta y el tiempo de recorrido del autobús en una hora determinada.

También se utilizó otro método para obtener el número de pasajeros que llegan al origen cada 5 minutos y el tiempo de recorrido de los autobuses:

- \* Se escribe la hora en la que se inicia
- \* Pasados los cinco minutos se contabiliza el número de personas que llegaron al punto de origen.
- \* Se sigue este procedimiento hasta finalizar el día.
- \* Se escribe la hora en la que sale un autobús y el número del mismo.
- \* Se escribe la hora en la que regresa el autobús de acuerdo al número del mismo.

Con esto se obtiene el número de personas que llegan al punto de origen cada 5 minutos y el tiempo de recorrido de los autobuses por horario en los dos casos, a lo largo del día.

De esta recopilación se obtuvieron muchos de los parámetros que utilizaremos en la realización de la simulación; entre ellos se encuentran:

Numero de pasajeros por autobús (capacidad)	60
Tiempo de recorrido de autobús (vuelta completa)	1 hora
Demanda de pasajeros por autobús	52 personas

De acuerdo a todos los datos recopilados en estas muestras se realizaran las distribuciones de probabilidad que siguen tanto la demanda de pasajeros que llegan a la parada cada 5 minutos y del recorrido completo de la ruta, como los tiempos de recorrido en las horas del día.

### PASAJEROS POR AUTOBUS EN RECORRIDO COMPLETO

De 6.00 a 8.00 A.M.

Num Autobús	Num Personas
15067	48
15067	50
15067	49

De 8.00 a 10.00 A.M.

Num Autobús	Num Personas
15111	62
15067	50
15111	65

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

15067	41
15108	70
15108	40
15119	92

15051	57
15084	65
15106	45
15085	58
15067	54

De 10.00 a 12.00 A.M.

De 12.00 a 2.00 P.M.

Num Autobús	Num Personas
15040	38
15084	45
15084	31
15119	50
15125	41
15125	50
15125	22
15087	43
15112	32
15085	50
15083	41

Num Autobús	Num-Personas
15083	46
15109	64
15087	92
15106	32
15082	56
15067	52
15083	75
15067	65
15067	38

De estos datos encontramos que :

La Media de la muestra para la demanda de pasajeros de las 6 A.M. a las 2 P.M. y La desviación estándar de los datos muestreados

$$M = 52 \text{ personas}$$

$$\sigma = 15.29 \text{ personas}$$

De 2.00 a 4.00 P.M.

De 4.00 a 6.00 P.M.

Num Autobús	Num-Personas
15087	77
15084	68
15084	71
15086	70
15082	66
15119	93
15119	75
15119	66

Num Autobús	Num-Personas
15051	56
15035	23
15035	72
15058	28
15113	55
15035	58
15035	63
15053	69



SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 6.00 a 8.00 P.M.

Num Autobús	Num-Personas
15086	56
15140	65
15086	70
15033	42
15113	65
15125	39
15083	28
15083	64
15082	28
15140	21
15115	49

De 8.00 a 10.00 P.M.

Num Autobús	Num-Personas
15109	28
15115	74
15061	32
15053	66
15106	38
15053	26
15053	36
15053	34
15085	66
15085	23
15113	62

De estos datos encontramos que :

La Media de las muestra para la demanda de pasajeros de las 2 P.M. a las 10 P.M. y La desviación estándar de los datos muestreados

$$M = 53.18 \text{ personas}$$

$$\sigma = 19.17 \text{ personas}$$

TIEMPO DE RECORRIDO (MINUTOS)

De 5.30 a 11.00 A.M.

Num Autobús	Tiempo de Recorrido
15087	48
15067	55
15106	60
15111	64
15084	63
15075	73
15005	61
15087	65
15107	69
15067	74
15106	65

De 11.00 A.M. a 4..30. P.M.

Num Autobús	Tiempo de Recorrido
15075	70
15107	72
15005	64
15074	72
15087	76
15084	75
15075	74
15051	68
15005	67
15107	76
15087	67

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

15111	70
15084	72
15075	75
15085	60
15107	70
15067	64
15074	71
15111	60
15085	68
15075	73
15107	78
15067	74
15074	68

15084	63
15075	70
15051	71
15005	73
15035	60
15087	61
15109	87
15084	64
15051	66
15125	55
15035	71
15005	94
15087	70
15084	76
15051	70

De aquí obtuvimos lo siguiente:

$$M = 66.67$$

$$\sigma = 33.91$$

$$M = 70.46$$

$$\sigma = 39.95$$

De 4.30 a 6.00 P.M.

De 6.00 a 10.00 P.M.

Num Autobús	Tiempo de Recorrido
15035	55
15074	58
15087	60
15005	57
15035	60
15074	69
15051	65
15087	58

Num Autobús	Tiempo de Recorrido
15107	79
15005	70
15035	62
15074	61
15051	78
15107	60
15084	73
15051	91
15107	76

De aquí obtuvimos lo siguiente:

$$M = 60.25$$

$$\sigma = 12.17$$

$$M = 72.22$$

$$\sigma = 28.84$$

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

La muestra de la demanda de Pasajeros cada 5 minutos es la siguiente:

HORA	# PASAJ.
6.26	18
6.31	1
6.36	6
6.41	10
6.46	5
6.51	23
6.56	28
7.01	16
7.06	3
7.15	28
7.2	6
7.25	1
7.3	5
7.45	34
7.5	22
7.55	3
8	1
8.05	7
8.1	9
8.15	16
8.25	38
8.35	13
8.5	6
9	7
9.05	17
9.1	1
9.15	26
9.2	13
9.25	1
9.3	21
9.35	11
9.4	2
9.45	6
9.5	1
9.55	4
10.1	6

HORA	# PASAJ
10.15	15
10.2	15
10.25	2
10.3	3
10.43	8
10.48	13
10.53	12
10.58	1
11.03	1
11.08	3
11.18	4
11.23	11
11.28	6
11.33	19
11.39	5
11.46	15
11.51	3
11.56	7
12.01	6
12.08	14
12.13	13
12.18	6
12.23	9
12.35	8
12.55	19
13	7
13.05	10
13.1	6
13.15	1
13.2	21
13.3	10
13.35	27
13.4	15
13.45	13
13.5	15
13.55	7

HORA	# PASAJ
14.04	40
14.09	11
14.14	13
14.19	5
14.24	3
14.29	5
14.4	10
14.45	23
14.5	2
14.55	12
15	19
15.05	2
15.1	40
15.15	10
15.2	14
15.3	4
15.35	2
15.4	1
15.5	21
15.55	11
16	3
16.05	26
16.1	9
16.15	21
16.2	9
16.25	10
16.3	5
16.35	1
16.4	9
16.5	13
16.55	9
17	7
17.04	29
17.05	33
17.1	2
17.15	8



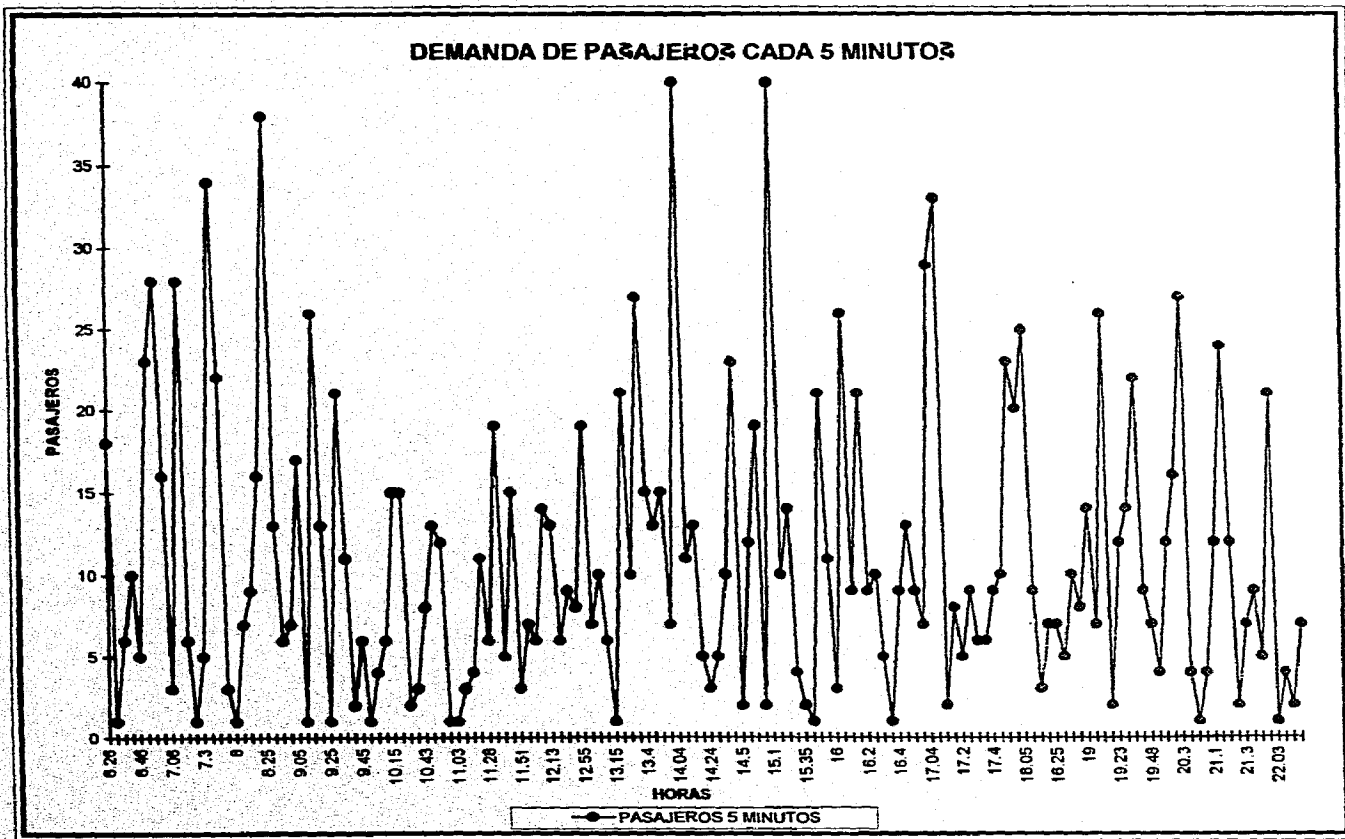


FIGURA 24.1

De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras realizadas, pudimos obtener un recorrido completo de autobús y se muestra en la siguiente tabla:

#### DEMANDA DE PASAJEROS POR RECORRIDO COMPLETO

SALIDA	REGRESO	PASAJEROS	RECORRIDO EN MINUTOS
6.26	7.1	110	44
7.15	8.2	132	65
8.24	9.27	122	63
9.3	10.33	86	63
10.43	11.42	83	59
11.46	12.5	81	64
12.55	13.56	151	61
14.04	15.03	145	59
15.1	16.12	141	62
16.15	17.04	113	49
17.05	18	132	55
18.05	19.15	121	70
19.18	20.2	98	62
20.24	21.18	70	54
21.25	22.23	58	58

Esta tabla es la que tomaremos en consideración dentro de la simulación para nuestras pruebas finales en la comparación de los datos simulados con los del Sistema Real y para determinar el comportamiento inicial de la Ruta, se anexan las gráficas a continuación.

De acuerdo a lo obtenido de esta recopilación podemos decir que el comportamiento del Sistema Real es el siguiente:

En la mañana la demanda de pasajeros del transporte urbano sube cuando se acerca la hora de desarrollar actividades propias de los centros de personas ubicados en la Ruta, se dan horas pico de 7 a 8 de la mañana, después, baja la demanda en el transcurso de la mañana, pero cuando las personas abandonan las actividades encontradas en la Ruta se incrementa de nuevo, teniendo horas pico entre las 12 del día y las 3 de la tarde, bajando en el transcurso de la tarde y cuando se acerca la hora de regresar a sus casas las horas pico son entre 5 y 7 de la noche.

Para el tiempo de recorrido las horas pico son de 7 a 8 de la mañana, a las 11 de la mañana a las 3 de la tarde y entre 6 y 7 de la noche.

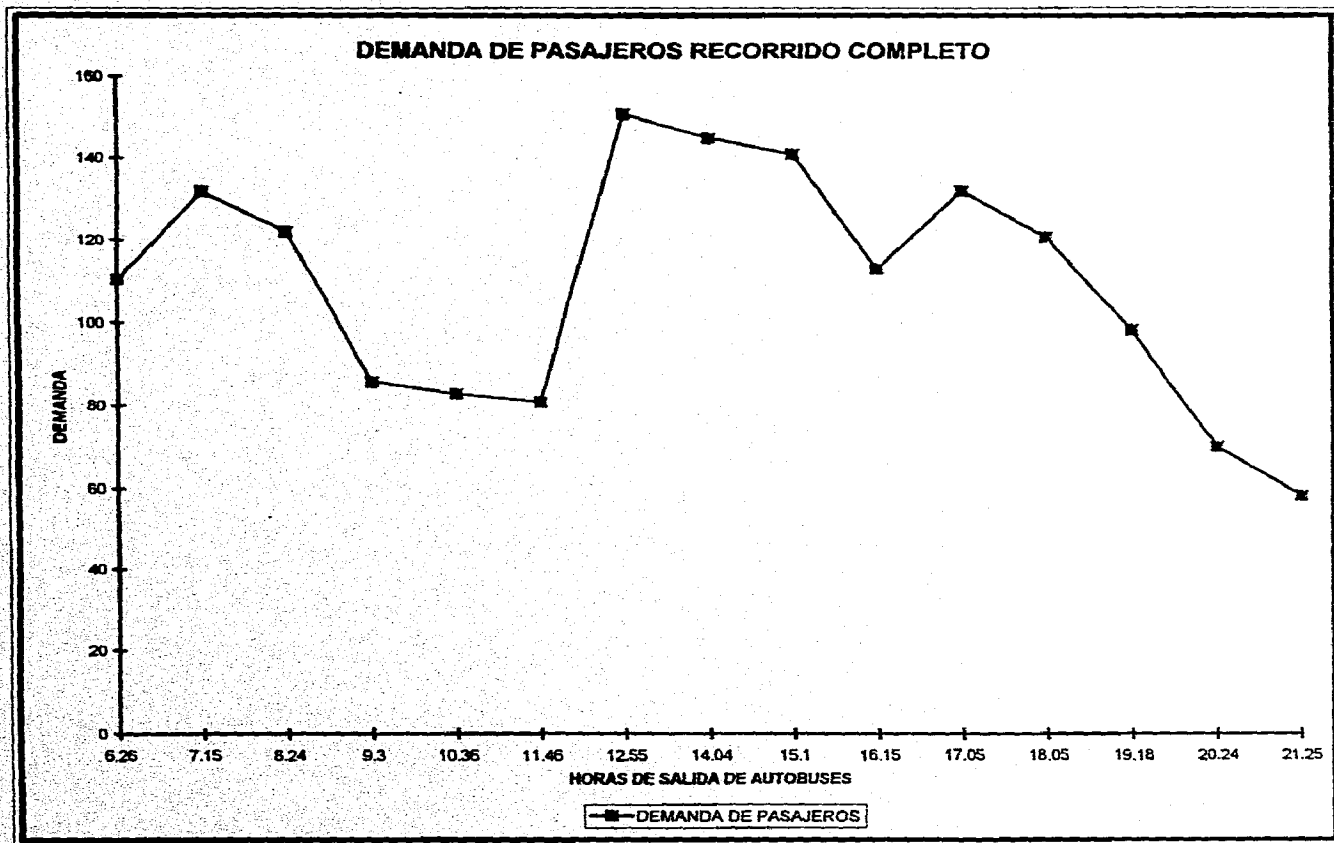


FIGURA 2.4.2

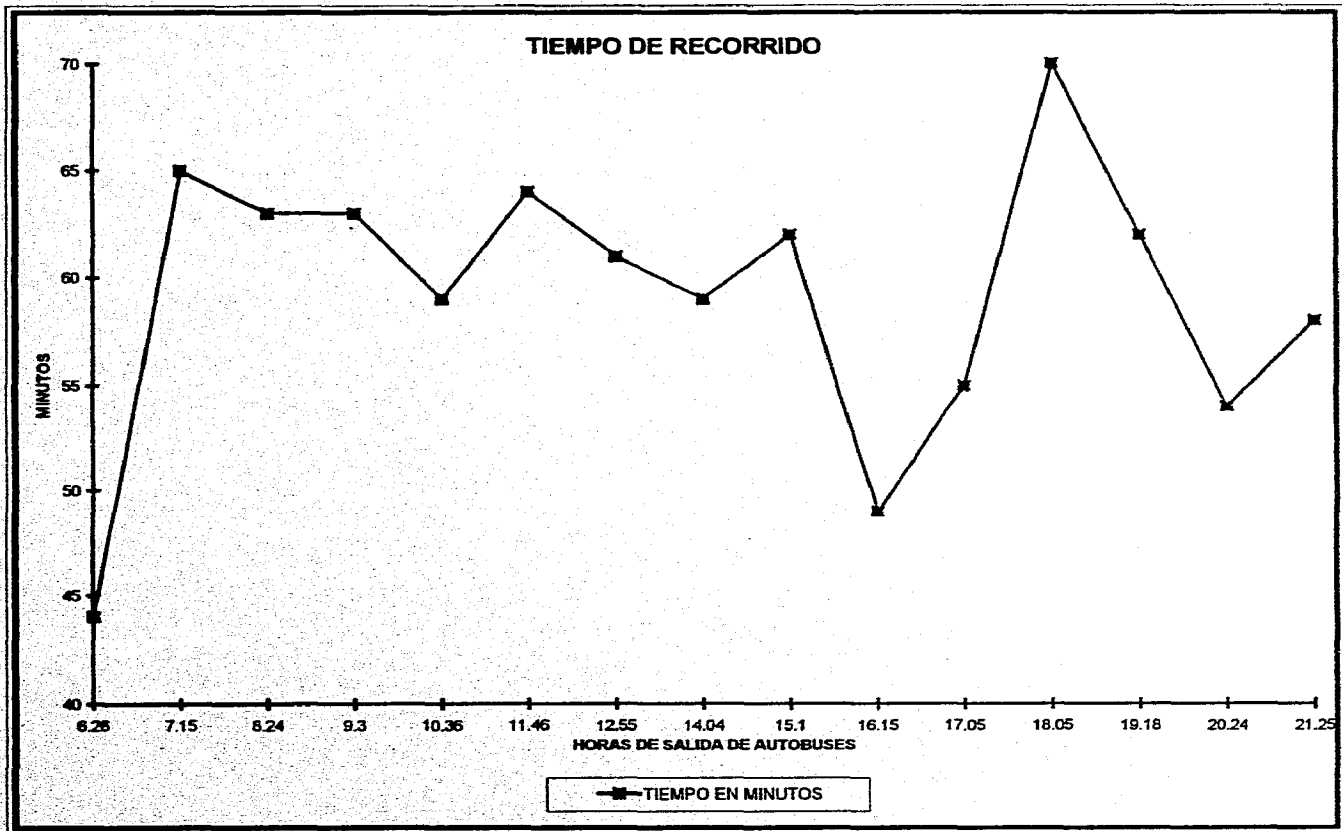


FIGURA 2.4.3



## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

También encontramos algunas relaciones que pueden servir como apoyo para el análisis del modelo y que nos ayudarán a entender mejor la problemática del sistema real

El número de autobuses asignado a la Ruta M Zapata - Plateros es de 3 autobuses, ya que se tienen 10 autobuses para cubrir las siguientes rutas:

- \* Ruta # 52E M. Zapata - Plateros
- \* Ruta # 50A M. Zapata - Molino de Rosas
- \* Ruta # 52B La Viga - Plateros

El tiempo promedio en salir de un autobús es de 7 minutos, cuando se tienen disponibles y no se mandaron a otra ruta.

El porcentaje de personas que suben con abono = 27% y el porcentaje de personas que pagan al subir es de 73%, lo cual quiere decir que sólo recuperaremos el 73% de dinero de los pasajeros transportados diariamente.

El número de operadores por unidad es de 2, uno en la mañana y otro en la tarde. Esto nos servirá para determinar los costos de la ruta.

El servicio del autotransporte es de las 5:00 a las 22:30 hrs.

Solo para ubicación se traza el esquema de la ruta, es decir, se mencionan todas las paradas que se encuentran en la misma.

RUTA METRO ZAPATA - PLATEROS

Puntos de Ascenso y Descenso

Sentido Oriente - Poniente

- 1.- Paradero Metro Zapata C.C.
- 2.- Felix Cuevas - Aniceto Ortega
- 3.- Felix Cuevas - Martín Mendalde
- 4.- Felix Cuevas - Adolfo Prieto
- 5.- Felix Cuevas - Moras
- 6.- Felix Cuevas - San Francisco
- 7.- Felix Cuevas - Manzanas
- 8.- Extremadura - Málaga
- 9.- Extremadura - Av. Patriotismo
- 10.- Av. Revolución - Tiziano
- 11.- Molinos - Guillain
- 12.- Molinos - Sasso Ferrato
- 13.- Rosa Reyna - Rosa Bengala
- 14.- Rosa Trepadora - Lomas de Plateros
- 15.- Lomas de Plateros - Frente al Edificio 4
- 16.- Lomas de Plateros - Dr. F. Miranda
- 17.- Dr. F. P. Miranda - Circuito 1 Frente Sec. 40
- 18.- Dr. F. P. Miranda - Frente Calle 21
- 19.- Dr. F. P. Miranda - Circuito 2
- 20.- Dr. F. P. Miranda - Frente Edificio G-2
- 21.- Av. Centenario - Circuito 3
- 22.- Av. Centenario - Frente Edificio H-2
- 23.- Av. Centenario - Circuito 4
- 24.- Circuito 4 - Río Mixcoac C.C.

Sentido de Poniente a Oriente

- |                                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1.- Circuito 4                  | - Río Mixcoac Oriente   |
| 2.- Río Mixcoac Oriente         | - Frente a Conasupo     |
| 3.- Río Mixcoac                 | - Circuito 3            |
| 4.- Río Mixcoac                 | - Edificio G-21         |
| 5.- Río Mixcoac                 | - Circuito 2            |
| 6.- Río Mixcoac                 | - Frente a Edificio F-3 |
| 7.- Lomas de Plateros           | - Frente a Edificio F-3 |
| 8.- Lomas de Plateros           | - Sasso Ferrato         |
| 9.- Molinos                     | - Av. Revolución        |
| 10.- Patriotismo                | - Goya                  |
| 11.- Extremadura                | - Fragonar              |
| 12.- Extremadura                | - Av. Insurgentes       |
| 13.- Felix Cuevas               | - Av. San Francisco     |
| 14.- Felix Cuevas               | - Moras                 |
| 15.- Felix Cuevas               | - Coyoacan              |
| 16.- Felix Cuevas               | - López Cotilla         |
| 17.- Felix Cuevas               | - Nicolas San Juan      |
| 18.- Parroquia                  | - Av. Universidad       |
| 19.- Paradero Metro Zapata C.C. |                         |

## 2.5. DESCRIPCION DE VARIABLES

De acuerdo a todo lo que se observó al realizar la muestra, se definen las siguientes variables en el modelo:

- **Número de pasajeros que demandan el servicio en el punto de partida de la ruta:** Esta es una variable discreta debido a que el número de pasajeros es entero y específico; se generará aleatoriamente por medio del programa de la Simulación cada 5 minutos para saber al final, si se está llegando a satisfacer la demanda de pasajeros, por lo cual, es una variable dependiente o exógena debido a que se generará dentro del sistema y depende de la hora del día en la que se genere.
- **Número de pasajeros que demanda el servicio en el recorrido completo de la ruta:** Esta es una variable discreta debido a que el número de pasajeros es entero y tomará valores específicos; se generará aleatoriamente por medio del programa de la simulación, por lo tanto, es una variable dependiente o exógena debido a que se generará dentro del sistema y depende de la hora del día en la que se genere.
- **Tiempo de recorrido del autobús:** Esta es una variable continua ya que el tiempo será medido en minutos y se representará como 10.01, etc; se generará aleatoriamente por medio del programa de la simulación, de esta forma, se convierte en una variable dependiente o exógena debido a que se generará dentro del sistema y depende de la hora del día en la que se genere.
- **Número de Autobuses :** Esta es una variable discreta endógena o independiente que se ingresará al correr el programa de la simulación y que determinará en primera instancia dentro de la 1a. hora del día el tiempo en salir de cada uno de los autobuses y que además llevará el contador de los mismos para saber cuáles ya regresaron y cuáles no.
- **Tiempo de Salida de Autobús:** Esta será una variable de proceso que se ingresará al correr el programa de la simulación, para saber a qué hora se empezará la simulación y que ya en el programa será tomada en cuenta para la salida de cada uno de los autobuses, lo cual depende también del tiempo de regreso de los mismos.
- **Tiempo de regreso de Autobús:** Esta será una variable de proceso que se obtiene de acuerdo al tiempo de salida y el tiempo de recorrido de cada autobús.
- **Tiempo de Salida entre autobuses:** Esta es una variable de proceso que se generará de acuerdo al número de autobuses que se hayan teclado y que servirá para saber en la 1a. hora del día de inicio de la ruta cada cuantos minutos debe salir un autobús.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

- Pasajeros en espera: Esta es una variable exógena que se obtiene del número de pasajeros que llegan al punto de partida cada 5 minutos y el número de pasajeros que realmente abordan el autobús; el número de pasajeros que abordan el autobús se obtiene del número de pasajeros en espera menos la capacidad del autobús; en este caso; el parámetro obtenido en un principio; 60 por un sentido de la ruta y 120 por vuelta completa. Esta variable es la que nos dirá si realmente se satisface la demanda.
- Pasajeros transportados: Esta es una variable exógena que se obtiene del número de personas que realmente abordaron los autobuses a lo largo de todo el día de la ruta. Esta variable nos servirá para saber cuánto dinero ingreso a la ruta para decidir si sería rentable.

## 2.6. FORMULACION DEL MODELO DE ASIGNACION

La segunda etapa de la Simulación se trata de la formulación del modelo de asignación; es decir interpretar todos los datos recopilados en la investigación del sistema en entradas y salidas para la preparación del modelo.

En la construcción del modelo es imperante para el analista que involucre en el estudio a personas que estén íntimamente familiarizados con el sistema actual.

El modelo debe tener solo el detalle necesario para obtener la esencia del sistema del propósito por el cual se estudia.

De acuerdo a la recopilación de los datos descritos con anterioridad obtendremos el modelo del sistema, esto es, la forma como funciona el sistema, lo cual nos va a llevar a la reproducción del mismo por medio de la simulación.

Después de analizar los datos se procederá a obtener las distribuciones que demuestran el comportamiento del sistema; y estas son las de la demanda de pasajeros del servicio (numero de personas) tanto de cada 5 minutos en el punto de partida como del recorrido completo y el tiempo de recorrido de los autobuses en las determinadas horas del día (minutos que tarda en dar una vuelta completa).

Se realizó una prueba de bondad y ajuste por medio de la distribución Chi cuadrada para saber si los datos originales de la demanda de pasajeros y del tiempo de servicio siguen las distribuciones supuestas; por medio del Paquete Stat Graphics.

De esto se obtuvo lo siguiente:

La demanda de pasajeros de la ruta completa resultó aprobada, es decir, si sigue una distribución normal. Ya que el estadístico obtenido por el paquete Stat Graphics con 8 grados de libertad y un nivel de significación de 0.092139 es de 13.62 y el que se encuentra en tablas es de 13.36 por lo tanto se puede aceptar la hipótesis de que es una distribución normal.

La demanda de pasajeros cada 5 minutos resultó aprobada; si sigue una distribución Poisson. Ya que el estadístico obtenido por el paquete Stat Graphics con 8 grados de libertad y un nivel de significación de 0.0 es de 138.2 y el que se encuentra en tablas es de 149.44 por lo tanto se puede aceptar la hipótesis de que es una distribución Poisson.

El tiempo de servicio resultó aprobado, también sigue una distribución normal. Ya que el estadístico obtenido por el paquete Stat Graphics con 7 grados de libertad y un nivel de significación de 0.188949 es de 9.99 y el que se encuentra en tablas es de 9.037 por lo tanto se puede aceptar la hipótesis de que es una distribución normal.

Distribution Fitting

Data vector: C:\DEMARCOM.VAR1

Distributions available:

- |                       |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
| (1) Bernoulli         | (7) Beta         | (13) Lognormal   |
| (2) Binomial          | (8) Chi-square   | (14) Normal      |
| (3) Discrete uniform  | (9) Erlang       | (15) Student's t |
| (4) Geometric         | (10) Exponential | (16) Triangular  |
| (5) Negative binomial | (11) F           | (17) Uniform     |
| (6) Poisson           | (12) Gamma       | (18) Weibull     |

Distribution number: 14

Mean: 52.4795

Standard deviation: 17.5128

Chisquare Test

	Lower Limit	Upper Limit	Observed Frequency	Expected Frequency	Chisquare
at or below	28.42	28.42	9	6	1.27865
	28.42	36.84	6	7	.26048
	36.84	41.05	8	5	1.52188
	41.05	45.26	4	6	.70396
	45.26	49.47	4	7	1.06493
	49.47	53.68	6	7	.13661
	53.68	57.89	6	7	.10826
	57.89	62.11	4	6	.88333
	62.11	66.32	12	6	7.36014
	66.32	74.74	8	8	.00694
above	74.74		6	7	.27771

Chisquare = 13.6229 with 8 d.f. Sig. level = 0.0921395

Distribution Fitting

Data vector: CIDEMARIOO.VAE1

Distributions available:

- |                       |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
| (1) Bernoulli         | (7) Beta         | (13) Lognormal   |
| (2) Binomial          | (8) Chi-square   | (14) Normal      |
| (3) Discrete uniform  | (9) Erlang       | (15) Student's t |
| (4) Geometric         | (10) Exponential | (16) Triangular  |
| (5) Negative binomial | (11) F           | (17) Uniform     |
| (6) Poisson           | (12) Gamma       | (18) Weibull     |

Distribution number: 06

Mean: 10.8947

Chisquare Test

	Lower Limit	Upper Limit	Observed Frequency	Expected Frequency	Chisquare
at or below	8.50	9.50	73	37	35.89
	9.50	10.50	11	17	2.01
	10.50	11.50	8	18	5.81
	11.50	12.50	4	18	11.02
	12.50	13.50	6	16	6.65
	13.50	14.50	7	14	3.35
	14.50	15.50	4	11	4.23
	15.50	16.50	5	8	1.00
above	16.50		3	5	1.01
			31	8	67.15

Chisquare = 138.12 with 8 d.f. Sig. level = 0

151



Distribution Fitting

Data vector: CITSERVICI.VARI

Distributions available:

- |                       |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
| (1) Bernoulli         | (7) Beta         | (13) Lognormal   |
| (2) Binomial          | (8) Chi-square   | (14) Normal      |
| (3) Discrete uniform  | (9) Erlang       | (15) Student's t |
| (4) Geometric         | (10) Exponential | (16) Triangular  |
| (5) Negative binomial | (11) F           | (17) Uniform     |
| (6) Poisson           | (12) Gamma       | (18) Weibull     |

Distribution number: 14

Mean: 68.1194

Standard deviation: 8.31122

Chisquare Test

	Lower Limit	Upper Limit	Observed Frequency	Expected Frequency	Chisquare
at or below	56.50	56.50	4	5	.377
	56.50	60.50	10	7	1.745
	60.50	63.50	6	7	.244
	63.50	65.50	7	6	.231
	65.50	67.50	3	6	1.726
	67.50	69.50	5	6	.310
	69.50	71.50	10	6	2.394
	71.50	73.50	7	6	.357
	73.50	76.50	9	7	.684
above	76.50		6	10	1.925

Chisquare = 9.99338 with 7 d.f. Sig. level = 0.188949

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES**

De acuerdo a lo observado y a las gráficas obtenidas de la muestra se ha podido concluir:

La curva de la demanda para el recorrido completo sigue una distribución normal:

La fórmula utilizada para obtener los rangos de números aleatorios que simulen la distribución de probabilidad es la siguiente:

$$Z = \frac{X - M}{D}$$

Donde:

Z = Valor aleatorio que estará asociado al número de pasajeros que se generaran.

X = Variable que corresponde al numero de pasajeros a generar.

M = Media de la distribución de demanda de pasajeros.

D = Desviación Estándar de la demanda de pasajeros.

Los resultados son los siguientes:

De 5.30 A.M. a 2.00 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.0166	20
.0167	.0359	25
.0360	.0708	30
.0709	.1292	35
.1293	.2119	40
.2120	.3192	45
.3193	.4483	50
.4484	.5793	55
.5794	.7019	60
.7020	.8078	65
.8079	.8849	70
.8850	.9370	75
.9371	.9695	80
.9696	.9861	85
.9862	.9943	90
.9944	.9999	95

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 2.00 P.M. a 10.30 P.M.

0	.0418	20
.0419	.0708	25
.0709	.1131	30
.1132	.1711	35
.1712	.2483	40
.2484	.3372	45
.3373	.4364	50
.4365	.5398	55
.5399	.6443	60
.6444	.7357	65
.7358	.8133	70
.8134	.8770	75
.8771	.9222	80
.9223	.9535	85
.9536	.9744	90
.9745	.9999	95

La curva de la demanda de pasajeros que llegan al punto de partida cada 5 minutos se encontró una distribución de Poisson debido a que agrupando los datos de pasajeros en 5 minutos se hace más fácil usar esta distribución y tiende hacia una distribución normal en tanto el numero de pasajeros se va haciendo más grande.

La fórmula utilizada para este fin es la siguiente:

$$P(x = z) = \frac{\lambda^z e^{-\lambda}}{z!}$$

z = 0, 1, 2, 3, .....

donde:

- P = Probabilidad de que lleguen z pasajeros
- z = número de pasajeros
- λ = Media de Pasajeros

Los resultados son los siguientes:

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 5.30 A.M. a 7.30 A.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.000006	0
.000006	.000079	1
.000079	.000300	2
.000300	.002069	3
.002069	.007377	4
.007377	.020117	5
.020117	.045598	6
.045598	.089280	7
.089280	.154803	8
.154803	.242167	9
.242167	.346932	10
.346932	.461221	11
.461221	.575510	12
.575510	.681008	13
.681008	.771434	14
.771434	.843825	15
.843825	.898118	16
.898118	.936443	17
.936443	.961993	18
.961993	.978130	19
.978130	.987812	20
.987812	.993345	21
.993345	.996363	22
.996363	.997937	23
.997937	.998724	24
.998724	.999999	25

De 7.31 A.M. a 8.30 A.M., 11.31 A.M. a 12.30 A.M. y de 7.31 P.M. a 8.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.0003	0
.0004	.0030	1
.0031	.0137	2
.0138	.0423	3
.0424	.0996	4
.0996	.1912	5
.1912	.3133	6
.3133	.4529	7

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

.4529	.5925	8
.5925	.7166	9
.7166	.8156	10
.8156	.8877	11
.8877	.9359	12
.9359	.9655	13
.9655	.9824	14
.9824	.9914	15
.9914	.9959	16
.9959	.9980	17
.9980	.9999	18

De 8.31 A.M. a 9.30 A.M., 2.31 P.M. a 3.30 P.M. y de 5.31 P.M. a 6.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios	Numero de Pasajeros	
0.0	.00004	0
.00004	.00049	1
.00049	.00276	2
.00276	.01033	3
.01033	.02925	4
.02925	.06708	5
.06708	.13014	6
.13014	.22022	7
.22022	.33281	8
.33281	.45792	9
.45792	.58303	10
.58303	.69677	11
.69677	.79155	12
.79155	.86446	13
.86446	.91654	14
.91654	.95125	15
.95125	.97295	16
.97295	.98572	17
.98572	.99281	18
.99281	.99654	19
.99654	.99841	20
.99841	.99999	21

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 9.31 A.M. a 10.30 A.M. y de 8.30 P.M. a 9.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.00091	0
.00091	.00729	1
.00729	.02963	2
.02963	.08175	3
.08175	.17299	4
.17299	.30070	5
.30070	.44971	6
.44971	.59871	7
.59871	.72909	8
.72909	.90147	9
.90147	.94665	10
.94665	.97300	11
.97300	.98718	12
.98718	.99428	13
.99428	.99759	14
.99759	.99904	15
.99904	.99963	16
.99963	.99999	17

De 10.31 A.M. a 11.30 A.M. y de 9.30 P.M. a 10.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.00673	0
.00673	.04042	1
.04042	.12465	2
.12465	.26502	3
.26502	.44049	4
.44049	.61596	5
.61596	.76218	6
.76218	.86662	7
.86662	.93190	8
.93190	.96817	9
.96817	.98630	10
.98630	.99457	11
.99457	.99798	12
.99798	.99930	13
.99930	.99999	14

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 12.31 A.M. a 1.30 P.M. y de 6.30 P.M. a 7.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.00247	0
.00247	.017352	
.01735	.06197	2
.06197	.15120	3
.15120	.28505	4
.28505	.44568	5
.44568	.60630	6
.60630	.74398	7
.74398	.84723	8
.84723	.91607	9
.95738	.97990	10
.97990	.99117	11
.99117	.99637	12
.99637	.99860	13
.99860	.99949	14
.99949	.99999	15

De 1.31 P.M. a 2.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.000002	0
.000002	.000031	1
.000031	.000222	2
.000222	.001050	3
.001050	.003740	4
.003740	.010734	5
.010734	.025887	6
.025887	.054028	7
.054028	.099758	8
.099758	.165812	9
.165812	.251682	10
.251682	.353165	11
.353165	.463105	12
.463105	.573045	13
.573045	.675132	14
.675132	.763607	15
.763607	.835493	16
.835493	.890465	17

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

.890465	.930167	18
.930167	.957331	19
.957331	.974988	20
.974988	.985918	21
.985918	.992377	22
.992377	.996028	23
.996028	.99800	24
.998005	.999999	25

De 3.31 P.M. a 4.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.00012	0
.00012	.00123	1
.00123	.00623	2
.00623	.02122	3
.02122	.05496	4
.05496	.11569	5
.11569	.20678	6
.20678	.32389	7
.32389	.45565	8
.45565	.58740	9
.58740	.70598	10
.70598	.80300	11
.80300	.87577	12
.87577	.92614	13
.92614	.95853	14
.95853	.97796	15
.97796	.98889	16
.98889	.99468	17
.99468	.99757	18
.99757	.99894	19
.99894	.99956	20
.99956	.99999	21

De 4.31 P.M. a 5.30 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Numero de Pasajeros
0.0	.00001	0
.00001	.00020	1
.00020	.00121	2
.00121	.00491	3



SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

.00491	.01510	4
.01510	.03752	5
.03752	.07861	6
.07861	.14319	7
.14319	.23198	8
.23198	.34051	
.34051	.45989	10
.45989	.57926	11
.57926	.68869	12
.68869	.78129	13
.78129	.85404	14
.85404	.90739	15
.90739	.94407	16
.94407	.96781	17
.96781	.98231	18
.98231	.99071	19
.99071	.99533	20
.99533	.99775	21
.99775	.99999	22

La curva del tiempo de recorrido sigue una distribución normal y se utilizara la fórmula anterior de la distribución normal.

Los resultados son los siguientes:

De 5.30 A.M. a 11.00 A.M.

Rango de Valores Aleatorios		Tiempo de Recorrido (minutos)
.0000	.3085	50
.3086	.3632	55
.3633	.4168	60
.4169	.4761	65
.4762	.5359	70
.5360	.5948	75
.5950	.6480	80
.6481	.9999	85

SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 11.01 A.M. a 4.30 P.M.

.0000	.3520	55
.3521	.4013	60
.4014	.4483	65
.4484	.5517	75
.5518	.5987	80
.5988	.6480	85
.6481	.6915	90
.6916	.9999	95

De 4.31 P.M. a 6.00 P.M.

Rango de Valores Aleatorios		Tiempo de Recorrido (minutos)
.0000	.3372	55
.3373	.3707	56
.3708	.4013	57
.4014	.4325	58
.4326	.4681	59
.4682	.5319	61
.5320	.5675	62
.5676	.5987	63
.5988	.6293	64
.6294	.6628	65
.6629	.6915	66
.6916	.7190	67
.7191	.7486	68
.7487	.7734	69
.7735	.7967	70
.7968	.9999	71

De 6.00 P.M. a 10.00 P.M.

.0000	.3409	60
.3410	.4052	65
.4053	.4721	70
.4722	.5398	75
.5399	.6103	80
.6104	.6736	85
.6736	.6985	90
.6986	.9999	95

### III SIMULACION DEL MODELO

#### 3.1. DISEÑO DEL PROGRAMA Y ELECCION DEL LENGUAJE A UTILIZAR

Como parte importante de la etapa 4 del proceso de la Simulación que es la traslación del modelo se encuentra el diseño del modelo; es decir, con que datos se realizará el modelo de la simulación y si se utilizarán datos empíricos ó distribuciones de probabilidad. Además se debe definir el lenguaje que se va a utilizar y el diagrama de flujo lógico para la etapa 4 del Proceso de Simulación que es la traslación del modelo.

El diseño de un modelo de simulación estocástico siempre implica una elección acerca de si se deben usar datos empíricos directamente en el modelo ó si se debe emplear la probabilidad teórica ó las distribuciones de frecuencia. Esta elección es importante y fundamental por 3 razones:

1) El uso de datos empíricos no elaborados implica que todo lo que uno hace es simular el pasado. El uso de datos obtenidos en determinado año solamente duplicaría el rendimiento de ese año y no necesariamente indicaría algo acerca del futuro esperado del comportamiento del sistema. Una cosa es suponer que la forma básica de la distribución permanecerá inalterada con el tiempo; y otra cosa muy diferente es suponer que siempre se repetirá la idiosincrasia de un año en particular.

2) Resulta más eficiente en cuanto al tiempo de cómputo y en cuanto a los requerimientos de almacenamiento, el usar una frecuencia teórica o una distribución de probabilidad en vez de usar un procedimiento de búsqueda en tablas a fin de generar las variables aleatorias necesarias para la operación del modelo.

3) Es muy importante y casi imperativo que el analista determine la sensibilidad de su modelo al tipo preciso de las distribuciones de probabilidad que contiene y los valores de los parámetro.

Los primeros esfuerzos en el estudio de la Simulación se interesaron en definir el sistema que se iba a modelar y en describirlo en términos de diagramas de flujo lógicos y relaciones funcionales. Sin embargo, uno se enfrenta al problema de describir el modelo en un lenguaje que sea aceptable por la computadora.

La rápida aceptación de la simulación por computadora ha llevado al desarrollo de numerosos lenguajes de programación especiales para facilitar la traslación del modelo. En la práctica, la mayoría de los lenguajes sugeridos se han implantado tan sólo para un número limitado de máquinas. Usualmente los modelos de simulación son muy complicados en su lógica y tienen muchas interacciones entre los elementos de los sistemas, y muchas de estas interacciones cambian dinámicamente durante la ejecución del programa. Esta situación ha obligado a los investigadores a desarrollar lenguajes de programación que intenten hacer más fácil el problema de traslación.

Aunque varios lenguajes especiales de simulación tienen cualidades muy positivas y útiles, la triste realidad es que la elección del lenguaje se debe resolver por el tipo de máquina disponible y los lenguajes que conozca el analista. Pero cuando hay una opción, la mejor elección o la más correcta depende del grado en que el analista conozca la simulación. Para uso ocasional, un lenguaje simple que es fácil de entender y aprender puede ser más valioso que uno de los lenguajes más sofisticados cuyas características y recursos adicionales lo hacen más difícil de usar.

El programa se realizó en Turbo Pascal 6.0; por ser un lenguaje de fácil manejo, muy versátil y que realiza procesos de recurrencia; debido a que su generador de números aleatorios utiliza el método congruencial multiplicativo con la opción de generar una semilla diferente cada vez que se corre el programa ó dársela directamente como entrada de datos al mismo, se puede utilizar muy adecuadamente para la realización de un programa de simulación que genere números aleatorios y estar ciertos de la confiabilidad de los mismos.

Además se elige para estandarizar el lenguaje que se utilizará para la validación del modelo, porque el programa es sencillo y no ocupa mucho espacio de memoria; y porque el tipo de máquina con el que se desarrolló el mismo es de poco alcance, poca memoria y poco espacio en disco (PS1 de IBM).

Se consideró también al elegir el lenguaje a utilizar en la simulación, que no se contaba con algún lenguaje de Simulación y que se conocía y se había manejado más el lenguaje de propósito general Turbo Pascal 6.0, siendo así de mayor ayuda para la realización del programa que el analista estuviera familiarizado con el mismo.

El diseño del programa se llevó a cabo tomando en cuenta las variables y el modelo de asignación obtenido con anterioridad que corresponde a las distribuciones que se obtienen con el modelo; se realizó un algoritmo y un diagrama de flujo que se anexan a continuación; básicamente el diseño es el siguiente:

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

### ALGORITMO DEL PROGRAMA QUE SIMULA LA DEMANDA DE PASAJEROS DE UNA RUTA DE AUTOBUS.

- 1.- Leer el número de autobuses a Simular.
- 2.- Leer el tiempo que se quiere Simular.
- 3.- Leer la hora a la que se quiere empezar a Simular.
- 4.- Generar número de pasajeros cada 5 minutos.
- 5.- Verificar si sale algún autobús.
- 6.- Si no sale ningún autobús, acumular pasajeros generados en pasajeros en espera, actualizar cronómetro, Impresión de Cronometro Numero de Pasajeros y regresar al paso 4.
- 7.- Si sale el autobús generar numero de pasajeros para el recorrido completo del autobús.
- 8.- Generar tiempo de recorrido del autobús.
- 9.- Generar número de pasajeros para el recorrido del autobús.
- 10.- Numero de Pasajeros = Pasajeros en Espera + Pasajeros Generados
- 11.- ¿ Excede la capacidad del camión ?  $\text{Número de Pasajeros} > 120$ .
- 12.- SI = Pasajeros en Espera = Número de Pasajeros - 120, Actualizar Pasajeros Transportados
- 13.- NO = Pasajeros en Espera = 0;
- 14.- Actualiza pasajeros transportados;  $\text{Pasajeros Transportados} = \text{Pasajeros Transportados} + \text{Numero de Pasajeros Generados} - \text{Pasajeros en Espera}$
- 15.- Impresión de Salida y Llegada de Autobús, Numero de Pasajeros , Pasajeros en Espera
- 16.- Actualizar cronómetro.
- 17.- Regresar al paso 4 hasta el termino del tiempo a simular

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SIMULACION

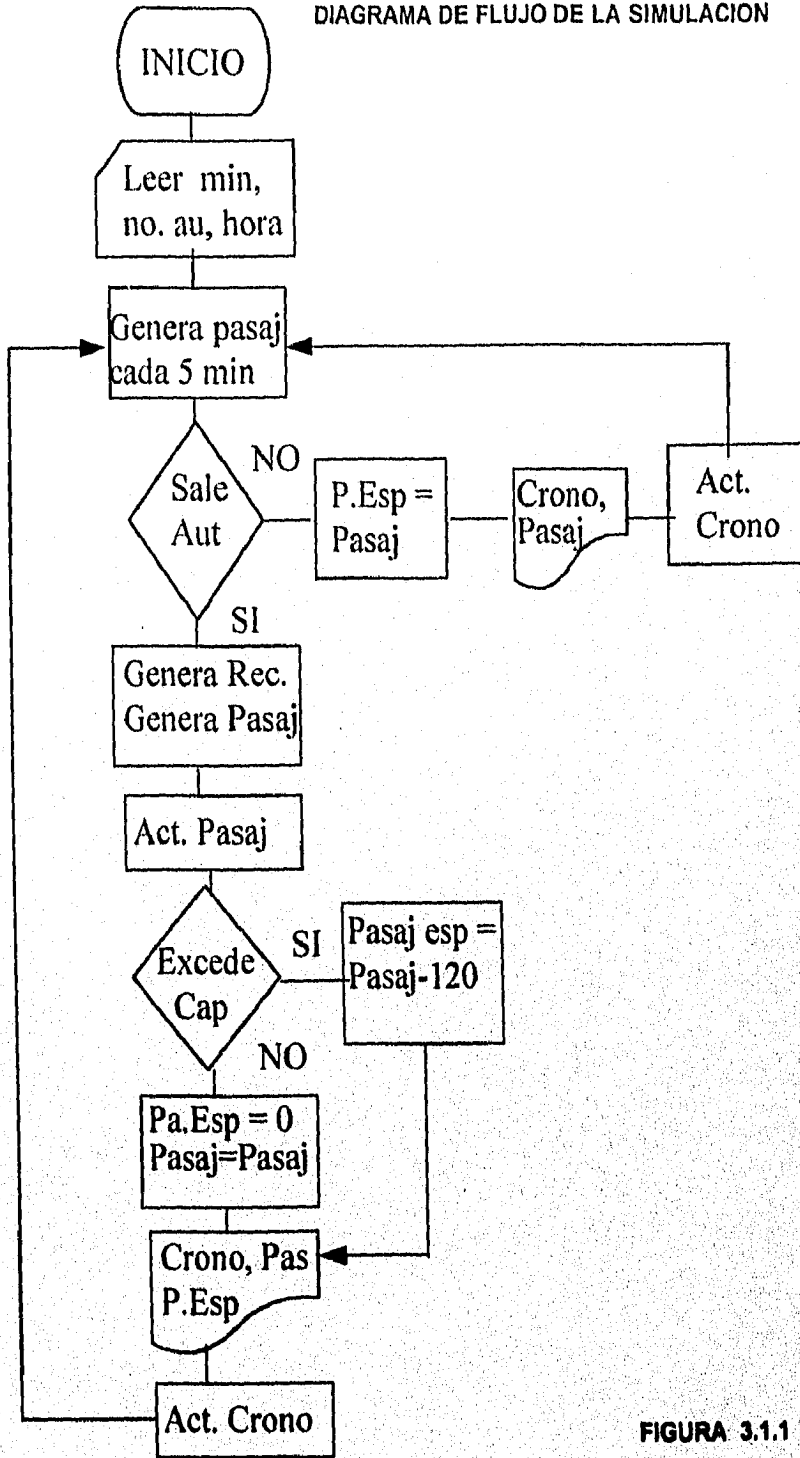


FIGURA 3.1.1

### 3.2. REALIZACION DEL PROGRAMA EN COMPUTADORA

La etapa 4 del Proceso de la Simulación es la Traslación del Modelo.

La traslación del modelo se refiere a describir el mismo en un lenguaje que sea aceptable por la computadora.

En nuestro caso y utilizando para dicha traslación el lenguaje de programación Turbo Pascal 6, el programa en computadora tiene la siguiente forma y se anexa el mismo

#### Entrada de Datos:

- Número de autobuses a simular
- Tiempo que se quiere simular
- Hora a la que se quiere empezar
- Generación de números aleatorios para obtener el número de pasajeros cada 5 minutos y por recorrido completo.
- Generación de números aleatorios para obtener el tiempo de recorrido por autobús

#### Proceso

- Obtención de número de pasajeros cada 5 minutos y por recorrido completo, y tiempo de recorrido de acuerdo al número aleatorio generado.
- Validación de la capacidad de pasajeros por autobús.
- Validación del tiempo de recorrido y el regreso del autobús.
- Obtención del número de pasajeros en espera.

#### Salida de Datos

- Comportamiento de la Ruta de acuerdo al número de autobuses y las horas indicadas en la entrada.
- Número de Pasajeros en Espera
- Número de Pasajeros Transportados.
- Número de Autobuses con los que la Espera tiende a ser cero.

El programa de la Simulación se puede ver en el Anexo A.

### 3.3. VALIDACION DEL MODELO SIMULADO

La 5a etapa del Proceso de la Simulación es la Validación.

La validación es el proceso que se encarga de determinar si el modelo de simulación conceptual es una representación precisa del sistema bajo estudio. Determina si cualquier inferencia acerca de un sistema que se derive de la simulación es correcta y aplicable al sistema del mundo real.

Principalmente nos importa la validación de los discernimientos que hemos obtenido u obtendremos a partir de la Simulación; ya que si el modelo de la simulación es válido, las decisiones hechas con el mismo, serán similares a las que se podrían hacer experimentando físicamente con el sistema real (de ser posible) y si no lo es, las conclusiones que se deriven de él, serán de valor dudoso.

La validación del modelo es sumamente importante debido a que los simuladores se ven reales y tanto los modeladores como los usuarios los encuentran fácilmente creíbles. Lamentablemente, con frecuencia los simuladores ocultan suposiciones del observador casual y algunas veces del modelador. Por lo tanto, si la validación y la evaluación no se llevan a cabo cuidadosa y detalladamente, pueden aceptarse resultados erróneos con consecuencias desastrosas.

Cuando un modelo de simulación y sus resultados han sido aceptados por el administrador ó el gerente como válidos y son usados como ayuda en la toma de decisiones; entonces nosotros podemos decir que el modelo es confiable.

La importancia de la confiabilidad del modelo es el extenso interés por animar los resultados de la simulación; es decir, presentarlos de forma tal que la persona que toma las decisiones no tenga duda de que la simulación es precisa representación del sistema real, ya que con éstos resultados el analista comunica la esencia del modelo.

El modelo es mas confiable cuando el gerente entiende y acepta los supuestos del modelo y por lo consiguiente sus resultados, sabiendo que puede variar alguno de los parámetros y poder obtener resultados conforme al comportamiento del modelo.

La mayoría de las simulaciones por computadora de procesos estocásticos utiliza números aleatorios, variables aleatorias y repeticiones para llegar a los resultados esperados, el modelo comúnmente implica cadenas de eventos probabilísticos que interactúan de manera compleja. Podemos demostrar que si tomamos suficientes repeticiones o muestras, los resultados de la simulación pueden hacerse tan exactos como se desee. El problema es que estos resultados exactos son aquellos que ocurrirían si las probabilidades que se usaron para cada uno de los



eventos fueran exactamente las mismas en el sistema del mundo real así como en el modelo. Si estas probabilidades no se conocen en forma exacta, existe una inexactitud inherente en los resultados, la cual no puede ser eliminada por ninguna cantidad de repetición ó análisis estadístico.

El experimentador debe realizar pruebas a lo largo del proceso de desarrollo del modelo a fin validarlo. Se pueden usar 3 pruebas para este fin:

1) Cerciorarnos de que el modelo represente el sistema real en forma general :

Esto significa que variando las corridas de la simulación con datos diferentes de entrada no obtengamos resultados diferentes a los reales; para nuestro caso, como ejemplo; se valida que un autobús no regrese antes del tiempo de recorrido mínimo, es decir, que si sale a las 10:40 no regrese a las 10:50, sino hasta las 11:30 que sería el tiempo de recorrido mínimo para esa hora.

En esta prueba se trata también de que el modelo de una mirada parezca razonable para las personas que tienen el conocimiento acerca del sistema bajo estudio.

Se utilizó esta prueba por medio de todas las corridas que se hicieron al programa de simulación desde 1 a 12 autobuses con las horas desde las 5.30 A.M. hasta las 10.30 P.M. ; con lo que se pudo comprobar que el modelo tiene validez de forma general y encaja dentro de los promedios de los datos variables simulados, es decir, el número de pasajeros por autobús en una vuelta completa no rebasa los 190 pasajeros que de acuerdo a las observaciones obtenidas es el número de pasajeros más alto que se tiene en un autobús y el tiempo de recorrido siempre se encuentra entre 0,40 minutos y 2 horas aproximadamente.

2) Prueba de Suposiciones :

Esta sirve para probar cuantitativamente las hipótesis hechas durante las etapas iniciales del desarrollo del modelo.

Una de las herramientas más usadas en esta prueba es el análisis de sensibilidad; este puede ser usado para saber si los resultados de la simulación cambian significativamente cuando el valor de un parámetro de entrada es cambiado, o cuando el nivel de detalle para un subsistema es cambiado. Si los resultados son sensibles en algunos aspectos del modelo, estos resultados deben ser modelados cuidadosamente.

Se utilizó esta prueba por medio de todas las corridas de la simulación, variando la entrada de datos desde 1 a 12 autobuses y variando también los tiempos de inicio de la simulación; de esta manera se encontró que había que controlar más cuidadosamente el factor tiempo para que se pudiera contar de manera efectiva los 60 minutos de cada hora, por ejemplo, si un autobús sale a las 10:50 de la mañana y el tiempo de su recorrido es de 50 minutos, que su tiempo de regreso sea a las 11:40 de la mañana y no a las 11:00 como se obtendría de manera general sumando los tiempos. Se comprobó también la hipótesis original; que a mayor número de autobuses, menor número de pasajeros en espera.

3) Prueba de Transformaciones de Entrada y Salida.

Esta prueba consiste en verificar que los resultados obtenidos de la simulación; sean lo más cercanos a los resultados que se obtendrían del sistema real. Si los datos del sistema real son comparados contra los del modelo simulado y dicha comparación resulta favorable; podemos decir que el modelo es válido.

Se realizó una comparación entre los datos del sistema real en 1994 y en 1995 contra los obtenidos por la simulación y se llegó a la conclusión que el comportamiento del sistema es básicamente el mismo. Esta prueba se muestra más adelante en el subcapítulo de Pruebas al Modelo.

Estos 2 últimas pruebas conllevan el uso de pruebas estadísticas de medias y varianzas, análisis de varianza, regresión, análisis de factores, análisis espectral, autocorrelación, ji cuadrada y pruebas no paramétricas; y se utilizarán algunas de ellas en el siguiente subcapítulo.

Existen también pruebas para validar el generador de número aleatorios que se utiliza en el modelo de la simulación, esto con el fin de saber si se obtendrán realmente números uniformes y determinar así si los datos obtenidos podrán ser pseudoaleatorios y nos servirán para generar el comportamiento del modelo de acuerdo a nuestras distribuciones de probabilidad.

En nuestro caso, hemos utilizado todas las pruebas posibles para validar nuestro generador de números aleatorios, se ha usado el generador de números aleatorios que nos proporciona el lenguaje de programación con el cual se desarrolló el programa de la Simulación. (Función Random de Turbo Pascal 6), las pruebas que se utilizaron fueron:

1) Prueba de las Frecuencias.- Esta prueba consiste en dividir el intervalo (0,1) en n subintervalos para luego comparar para cada subintervalo la frecuencia esperada con la frecuencia observada. Si estas son bastante parecidas, entonces la muestra proviene de una distribución uniforme. El estadístico que se usa en esta prueba es  $\chi^2$  el cual se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(FO_j - FE_j)^2}{FE_j}$$

donde:

- FO<sub>j</sub> = Frecuencia Observada del i<sup>th</sup> subintervalo
- FE<sub>j</sub> = Frecuencia Esperada del i<sup>th</sup> subintervalo (N/n)
- N = Tamaño de la muestra
- n = Número de subintervalos.

Este estadístico  $X_0^2$  se compara con  $X^2_{\alpha, (n-1)}$ , la cual representa a una variable aleatoria chi-cuadrada con  $(n-1)$  grados de libertad y un nivel de significación  $\alpha$ . Si  $X_0^2 < X^2_{\alpha, (n-1)}$ , entonces no se puede rechazar la hipótesis de que la muestra proviene de una distribución uniforme.

2) Prueba de los promedios.- La función de densidad de la distribución uniforme ó rectangular se caracteriza por ser constante en el intervalo  $(0,1)$  y cero fuera de él. Matemáticamente se define como:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{si } 0 > x > 1 \end{cases}$$

En esta expresión  $x$  es una variable aleatoria definida en el intervalo  $(0,1)$ . Por otra parte la distribución acumulada  $F(x)$ , de una variable aleatoria  $x$  uniformemente distribuida, se puede obtener como:

$$F(x) = \int_0^x dt = x$$

El valor esperado y la varianza de una variable aleatoria uniformemente distribuida están dadas por las siguientes expresiones:

$$E(x) = \int_0^1 x(1)dx = 1/2$$

$$\text{var}(x) = \int_0^1 (x - 1/2)^2 (1)dx = 1/12$$

Conociendo los parámetros de la distribución uniforme, es posible plantear una prueba de hipótesis de promedios, con la cual se trata de probar que los números pseudoaleatorios generados provienen de un universo uniforme con media de 0.5. Más específicamente una prueba de hipótesis de promedios puede ser planteada de la siguiente forma:

Hipótesis nula  $H_0 : u = 1/2$

Hipótesis alternativa:  $H_1 : U > 1/2$

La realización de esta prueba requiere obtener una muestra de tamaño  $N$ , es decir, es necesario generar  $N$  números pseudoaleatorios. En seguida, su promedio aritmético es evaluado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$X = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{N}$$

En seguida se determina el valor del estadístico  $Z_0$ , utilizando la siguiente expresión:

$$Z_0 = \frac{(x - 1/2) \sqrt{N}}{\sqrt{1/12}}$$

Si  $|Z_0| < Z_{\alpha/2}$ , entonces no se puede rechazar la hipótesis de que los números pseudoaleatorios generados provienen de un universo uniforme con media 0.5.

3) Prueba de Kolmogorov - Smirnov:- Este procedimiento prueba la hipótesis de que la distribución acumulada de una variable aleatoria  $x$  es  $F_0(x)$ . Para probar esta hipótesis, una muestra de tamaño  $n$  obtenida de una distribución continua  $F(x)$ . En seguida, se determina la distribución acumulada de la muestra, la cual se denota por  $F_n(x)$ . Posteriormente,  $F_n(x)$  es comparada con la distribución acumulada hipotética  $F_0(x)$ . Si  $F_n(x)$  difiere demasiado de  $F_0(x)$ , entonces esto es una amplia evidencia de que  $F_n(x)$  no es igual a  $F_0(x)$ .

La aplicación de esta prueba al caso de números pseudoaleatorios uniformes, puede ser descrita en los siguientes pasos:

- 1) Generar  $n$  números pseudoaleatorios uniformes.
- 2) Ordenar dichos números en orden ascendente.
- 3) Calcular la distribución acumulada de los números generados con la siguiente expresión:

$$F_n(x) = i/n$$

donde  $i$  es la posición que ocupa el número  $X_i$  en el vector obtenido del paso 2.

- 4) Calcular el estadístico de Kolmogorov - Smirnov del modo siguiente:

$$D_n = \max |F_n(X_i) - X_i| \quad \text{para toda } X_i$$

- 5) Si  $D_n < d_{\alpha,n}$ , entonces no se puede rechazar la hipótesis de que los números generados provienen de una distribución uniforme.

4) Prueba de la distancia.- Si los números aleatorios generados son considerados como números reales, entonces, para realizar esta prueba es necesario seleccionar un intervalo  $(\alpha; \beta)$ , el cual debe estar contenido en el intervalo  $(0, 1)$ , es decir,  $0 < \alpha < \beta < 1$ . En seguida, para cada número pseudoaleatorio generado se pregunta si es ó no elemento del intervalo  $(\alpha; \beta)$ . Si el número  $U_j$  es elemento de  $(\alpha; \beta)$   $U_{j+1}$  hasta  $U_{j+i}$  no son elementos de dicho intervalo y  $U_{j+i+1}$  vuelve a ser elemento del intervalo  $(\alpha; \beta)$ , entonces se tiene un hueco de tamaño  $i$ .

La distribución de probabilidad de tamaño del hueco es como sigue:

$$P_i = (1 - \theta)^i \quad \text{para } i=0,1,2,\dots$$

donde  $\theta = \beta - \alpha$  representa la probabilidad de caer en el intervalo  $(\alpha; \beta)$ .

Es conveniente agrupar las probabilidades para valores de  $i \geq n$ . Tal agrupación se obtiene con la siguiente expresión:

$$P_{i \geq n} = \sum_{m=0}^{\infty} \theta (1 - \theta)^{m+n} = (1 - \theta)^n$$

Con estas ecuaciones las frecuencias esperadas. Utilizando la expresión:

$$X_o^2 = \frac{(FO_i - FE_i)^2}{FE_i}$$

Se compara con  $X^2_{\alpha, n}$ , Si  $X_o^2 < X^2_{\alpha, n}$ , entonces los números pseudoaleatorios pasan la prueba de la distancia.

Es muy importante señalar que el valor de  $\alpha$  y  $\beta$  no tienen ninguna influencia en la bondad de la prueba.

Para este caso se utilizaron todas estas pruebas para probar nuestro generador de números aleatorios, las cuales fueron programadas en el lenguaje Turbo Pascal 6.0 y para la prueba de Kolmogorov - Smirnov se utilizó el método de Ordenación Shell debido a que es un método de discriminación rápida por lo cual realiza menos accesos para ordenar los datos.

El generador pasó todas las pruebas, esto quiere decir, que si se están generando números pseudoaleatorios uniformemente distribuidos.

### 3.4. PRUEBAS AL MODELO SIMULADO

Las pruebas al modelo forman parte de la validación del mismo.

Aun las porciones más restringidas del mundo resultan demasiado complejas para ser estudiadas detalladamente. En consecuencia, se deben ignorar la mayoría de las características reales de un sistema bajo estudio y abstraer del sistema real ciertas características o aspectos, que en conjunto, forman una versión idealizada y simplificada del sistema real. Habitualmente, resulta conveniente dividir la idealización en varias partes para darles un tratamiento o análisis por separado.

Una vez que hemos seleccionado los elementos de un sistema, elaboramos una hipótesis, o una idea de prueba referente a la naturaleza y forma de las interacciones. En muchos casos las hipótesis acerca de como funciona un elemento y su interacción con otros, son tan sencillas que se pueden probar a través de un análisis estadístico.

Las pruebas estadísticas que se utilizan para verificar las suposiciones de un modelo así como las conclusiones o inferencias obtenidas a partir de experimentos ejecutados con el modelo, son aquellas que tratan con la:

#### A. Prueba de Hipótesis:

1) Pruebas de las estimaciones de los parámetros de la población asumiendo una distribución de probabilidad implícita (Pruebas paramétricas tales como F, t y Z).

2) Pruebas de las estimaciones de los parámetros de la población que no son dependientes de la suposición de una distribución de población implícita (Pruebas no paramétricas, como la prueba de medias Mann-Whitney).

3) Pruebas para establecer la distribución de probabilidad, de la cual viene la muestra (pruebas de bondad de ajuste, tales como ji-cuadrada o Kolmogorov-Smirnov)

4) Pruebas sobre el grado de relación entre dos o más variables (análisis de correlación).

Consta, esquemáticamente, de los siguientes pasos:

a) Se fija el valor o rango de valores del parámetro que se quiere probar.

b) Se selecciona la estadística de prueba, cuyo valor se calculará a partir de un muestreo aleatorio.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

c) Se fijan las reglas de decisión de la acción que se tomara una vez obtenidos los resultados de la prueba de hipótesis.

d) Se selecciona una muestra aleatoria de la población.

e) Se calcula el valor de la estadística.

f) Se acepta o rechaza la hipótesis.

El valor o valores del parámetro de la población que se aceptará o se rechazará de acuerdo con la prueba y regla de decisión, se conoce como hipótesis nula ( $H_0$ ). Rechazar  $H_0$  es equivalente a aceptar la hipótesis complementaria ( $H_1$ ).

### B. Estimación:

1) Cálculo de las estimaciones tanto de puntos como intervalos de los parámetros de la población.

2) Determinación de las ecuaciones cuantitativas que relacionan a 2 o más variables (Análisis de regresión)

Los métodos estadísticos que se usan para la prueba de hipótesis y la estimación son principalmente las siguientes:

a) Prueba de medias.- Nos interesa saber si dos conjuntos de datos de la muestra pudieron haber venido de la misma población implícita.

Dos formas de esta prueba son posibles. Primera, las medias de la población de las que se obtuvieron las dos muestras son iguales; si cualquiera de las poblaciones tiene una media mayor, la hipótesis será rechazada. Esta se llama prueba de dos extremos. Segunda, la población A tiene una media mayor que la población B; esta hipótesis será rechazada si la media de B es más grande que la de A. Esta se llama prueba de un extremo.

Debemos seleccionar la prueba adecuada, lo cual depende de nuestro conocimiento previo. Como el valor medio de todas las posibles muestras tiende a una distribución normal, la fórmula que utilizaremos será la siguiente:

Cuando se conoce la desviación estándar

$\mu_0 =$  conocida

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{(\sigma / \sqrt{N})}$$

$\mu_0 =$  desconocida

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{((\sigma_1^2 / N_1) + (\sigma_2^2 / N_2))}}$$

Cuando no se conoce la desviación estándar

$$\mu_0 = \text{conocida} \quad \mu_0 = \text{desconocida } N_1 + N_2 > 30$$

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S / \sqrt{N}} \quad Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(S_1^2 + S_2^2) / (N_1 + N_2)}}$$

b) Análisis de variancia y covarianza

Prueba de una sola variancia

Suponga que  $H_0: \sigma_0^2 = q$ . De una muestra de tamaño  $n$  se calcula su variancia a partir de

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

Se puede demostrar que la variable aleatoria  $(n-1) S^2 / \sigma_0^2$  tiene una distribución ji-cuadrada con  $n-1$  grados de libertad. Entonces la región de no rechazo de esta variable aleatoria se encuentra en el intervalo:

$$X_{1-\alpha/2, n-1}^2 < (n-1) S^2 / \sigma_0^2 < X_{\alpha/2, n-1}^2$$

$X^2$  se obtiene de las tablas de la distribución ji-cuadrada con su respectivo nivel de significación y grados de libertad.

c) Pruebas de bondad de ajuste

d) Análisis de regresión y correlación

Se entiende por regresión simple la ecuación que relaciona a dos variables, una independiente y la otra dependiente. Se comprende por correlación simple el grado de asociación lineal entre dos variables.

Para saber que forma de ecuación ajusta a las observaciones de las 2 variables, se sugiere hacer un diagrama en que la variable independiente corresponda a la abscisa y la dependiente a la ordenada.

Las ecuaciones que posiblemente relacionan a las dos variables pueden ser:



a) Lineales:  $R = a + b X$ .

b) Recíprocas:  $Y = a + b/X$

c) Exponenciales:  $Y = ab^x$

d) De potencia:  $Y + aX^b$

e) Polinomios:  $Y = a + b_1X + b_2X^2 + \dots + b_nX^n$

donde  $X, Y$  son las variables independiente y dependiente, respectivamente,  $b$  puede ser la pendiente ( en el caso lineal o recíproco) o la base (en el caso exponencial) o la potencia (en el último caso) y  $a$  es la ordenada al origen.

En todos los casos se tienen  $n$  parejas de observaciones  $(X_i, Y_i)$ , donde  $i=1, \dots, n$ , y se trata de determinar los coeficientes  $a$  y  $b$ , o en caso de un polinomio, los  $n + 1$  coeficientes  $a, b_1, b_2, \dots, b_n$ .

En el caso lineal,  $a$  y  $b$  se obtienen de:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i) (\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \bar{Y} - b\bar{X}$$

En este caso utilizaremos las pruebas de un extremo con un nivel de confianza del 0,05% con lo cual  $1-\alpha = 95\%$  y usaremos las tablas de la distribución normal con  $Z = 1.96$  con la siguiente fórmula :

$$\bar{X} + 1.96 \sigma_{\bar{X}}$$

donde:

$$\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n}$$

De esto obtuvimos los siguientes resultados:

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

### Para 1 Autobús

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma}_x = 19 / 2.82 = 6.73$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (6.73)$$

$$62.3 \pm 1.96 (6.73)$$

$$62.3 \pm 13.20$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $49.1 \leq 62.3 \leq 75.5$  lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 49 y 75 pasajeros, lo cual es cierto.

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma}_x = 19.6 / 2.44 = 8.03$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (8.03)$$

$$58.5 \pm 1.96 (8.03)$$

$$58.5 \pm 15.74$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $42.76 \leq 58.5 \leq 74.24$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 42 y 74 pasajeros, lo cual es cierto.

### Para 2 Autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma}_x = 10.88 / 4 = 2.72$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.72)$$

$$61.46 \pm 1.96 (2.72)$$

$$61.46 \pm 5.33$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $56.3 \leq 61.46 \leq 66.79$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 42 y 74 pasajeros, lo cual es cierto.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma}_x = 10.12 / 3.87 = 2.61$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.61)$$

$$52.43 \pm 1.96 (2.61)$$

$$52.43 \pm 5.12$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $47.31 \leq 52.43 \leq 57.55$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 47 y 57 pasajeros, lo cual es cierto.

Para 3 Autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma}_x = 10.82 / 4.89 = 2.21$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.21)$$

$$57.33 \pm 1.96 (2.21)$$

$$57.33 \pm 4.33$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $53 \leq 57.33 \leq 61.66$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 53 y 61 pasajeros, lo cual es cierto.

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma}_x = 10.53 / 4.69 = 2.24$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.24)$$

$$62.21 \pm 1.96 (2.24)$$

$$62.21 \pm 4.39$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $57.82 \leq 62.21 \leq 66.6$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 57 y 67 pasajeros, lo cual es cierto.

Para 4 Autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma x} = 12.85 / 5.47 = 2.34$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.34)$$

$$59.75 \pm 1.96 (2.34)$$

$$59.75 \pm 4.58$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $55.17 \leq 59.75 \leq 64.33$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 55 y 64 pasajeros, teniendo un poco de desviación con respecto a la original obtenida en el modelo.

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma x} = 13.56 / 5.56 = 2.43$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.43)$$

$$58 \pm 1.96 (2.43)$$

$$58 \pm 4.76$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $53.24 \leq 58 \leq 62.76$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 53 y 62 pasajeros, lo cual es cierto.

Para 5 Autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma x} = 8.42 / 6.08 = 1.38$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (1.38)$$

$$59.81 \pm 1.96 (1.38)$$

$$59.81 \pm 2.7$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $57.11 \leq 59.81 \leq 62.51$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 57 y 62 pasajeros, con un poco de desviación.

**SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES**

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma}_x = 13.21 / 5.91 = 2.23$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.23)$$

$$57.51 \pm 1.96 (2.23)$$

$$57.51 \pm 4.37$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $53.14 \leq 57.51 \leq 61.88$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 53 y 62 pasajeros, lo cual es cierto.

Para 6 Autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$\bar{\sigma}_x = 11.65 / 6.78 = 1.71$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (1.71)$$

$$58.83 \pm 1.96 (1.71)$$

$$58.83 \pm 3.35$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $55.48 \leq 58.83 \leq 62.18$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 55 y 62 pasajeros, con un poco de desviación.

De 2 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$\bar{\sigma}_x = 16.76 / 6.4 = 2.6$$

$$\bar{X} \pm 1.96 (2.6)$$

$$57.31 \pm 1.96 (2.6)$$

$$57.31 \pm 5.09$$

Nos da como intervalo de área de no rechazo  $52.21 \leq 57.31 \leq 62.4$ ; lo cual implica que la media de nuestra población se encuentra entre 52 y 62 pasajeros, lo cual es cierto.

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

Con estas pruebas podemos concluir que el modelo está muy cerca de la media de la población tomada como muestra original y que la simulación ha sido exitosa pues ha pasado las pruebas de 1 extremo; se omiten las de las demás corridas porque la tendencia es la misma.

Existen otro tipo de pruebas que se pueden utilizar en una simulación y que resultan de manera más empírica y sencilla.

### PRUEBAS DE CAMPO

El uso de pruebas de campo diseñadas, cuando sea posible, le ayuda al analista y al cliente usuario a adquirir confianza en el modelo. Por desgracia, generalmente resulta difícil, costoso y algunas veces imposible diseñar pruebas de campo significativas para los sistemas complejos.

Se realizaron las pruebas de campo tomando una muestra en algunos días de marzo de 1995 habiéndose ya realizado el alza a las cuotas en los microbuses por lo cual se incrementa también la demanda del transporte urbano; debido a esto existe un poco de diferencia entre la gráfica real de 1995 y los resultados de la Simulación; pero la tendencia es la misma.

### PRUEBA DE CORRIDAS

Esta prueba consiste en realizar algunas corridas al programa de la Simulación y compararlo los resultados con los datos obtenidos de la muestra.

En nuestro caso se realizaron 3 corridas con los datos de 1 solo autobús para estar acorde con la muestra obtenida en un principio, resultando una tendencia semejante.

#### PRUEBA DE CORRIDAS

HORAS	REAL 1995	REAL 1994	ESTIMADO1	ESTIMADO2	ESTIMADO3
6.3	73	98	134	104	110
7.3	118	90	109	158	90
8.3	115	112	154	136	93
9.3	144	122	151	122	99
10.3	169	83	107	98	104
11.3	91	81	134	126	140
12.3	135	110	45	93	103
13.5	127	124	163	119	140
15.1	119	145	81	90	110
16.4	130	141	139	104	127
17.5	116	79	128	160	110
18.45	111	100	124	112	155
20.25	121	121	102	75	135
21.42	115	112	154	125	140
22.22			85	135	85

### SIMULACION DE LA DEMANDA DE PASAJEROS ( 3 CORRIDAS)

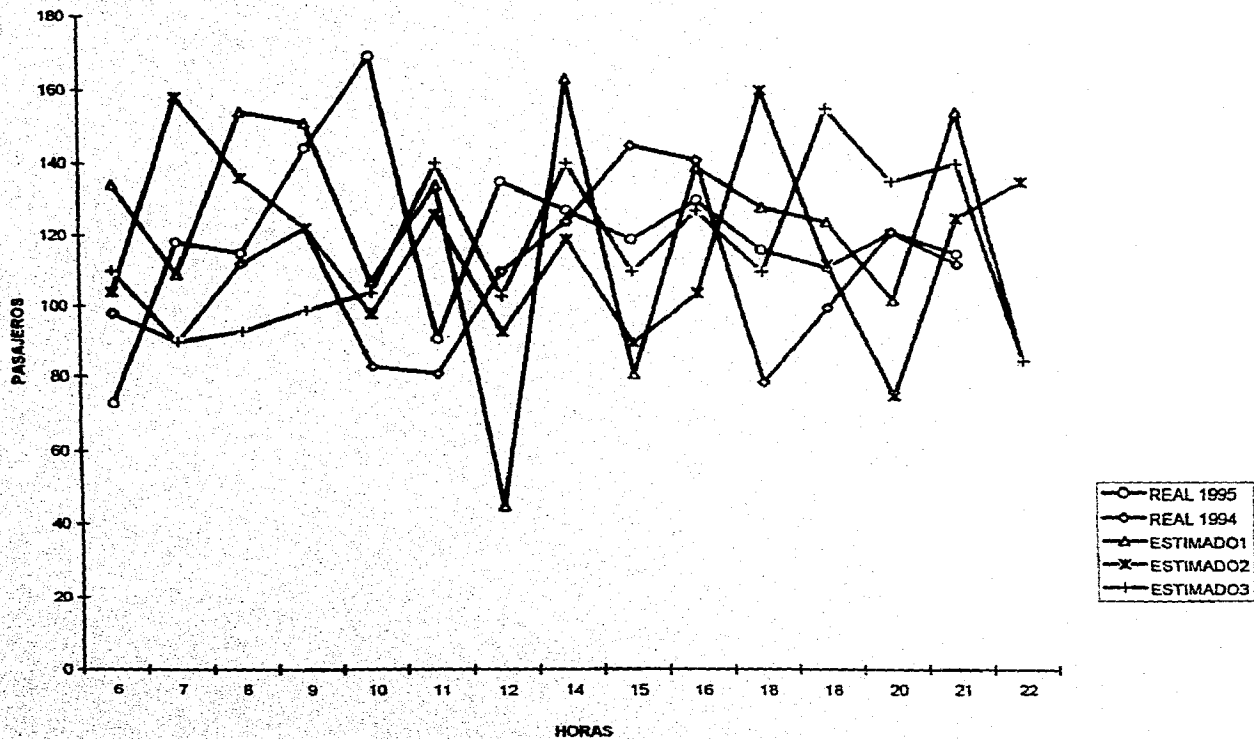


FIGURA 3.4.1

### 3.5. COMPORTAMIENTO DEL MODELO

De acuerdo a las corridas que se han obtenido del programa podemos decir lo siguiente:

La demanda de pasajeros tiene una Distribución Poisson con horas pico de 7 a 8 de la mañana, 1 a 3 de la tarde y de 6 a 7 de la Noche.

El tiempo de recorrido tiene una Distribución Normal con horas pico de 8 a 10 de la mañana, de 1 a 3 de la tarde y de 7 a 8 de la Noche.

El modelo se comporta de la siguiente forma:

En la mañana cuando las personas salen o entran a la zona de la ruta , para trabajar o estudiar, entre las 7 y las 8, la demanda y el tráfico aumentan por lo cual también el tiempo de recorrido aumenta, conforme la mañana avanza la demanda se va haciendo menor y el trafico también por lo que el tiempo de recorrido disminuye, al salir las personas de las escuelas , alrededor de la 1 a 3 de la tarde la demanda vuelve a aumentar y el tiempo de recorrido también aumenta, al caer la tarde la demanda disminuye y el tiempo de recorrido también, cuando las personas empiezan a regresar o salir de la zona de la ruta entre las 7 y las 9 de la noche vuelva a aumentar la demanda y el tiempo de recorrido; a medida que avanza la noche existen también mucha demanda pero el tiempo de recorrido es más estable y tiende a ser el menor de la ruta después de las 10 de la noche; siendo este de 40 minutos a esta hora.



### 3.6. ANALISIS DEL MODELO

Los resultados de una simulación evalúan la eficiencia u operación de un sistema. Sin embargo, la confiabilidad de estos resultados dependen del número de observaciones que se tienen, es decir, depende de la longitud de la corrida y del número de corridas. Por consiguiente, es necesario determinar intervalos de confianza para las variables del sistema que se están analizando.

La determinación de intervalos de confianza depende de si los resultados de la simulación son independientes o están correlacionados.

Por ejemplo, en la simulación de un sistema de colas, el tiempo de espera de un cliente en el sistema, depende del número de clientes que este último cliente encontró al llegar al sistema. También la obtención de intervalos de confianza depende si el sistema se analiza en estado transiente o en estado estable.

#### Métodos de estimación

Cuando los sistemas que se analizan se encuentran en estado estable, y además los valores que toman las variables que intercalan en el sistema son independientes, entonces es posible utilizar los métodos tradicionales de intervalos de confianza. En la determinación de estos intervalos de confianza se utiliza el teorema del límite central. Este teorema establece que la suma de  $n$  variables aleatorias independientes, obtenidas de un universo con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ , es aproximadamente una distribución normal con media  $n\mu$  y varianza  $n\sigma^2$ . También por medio de esto podemos concluir que sigue una distribución normal estandar con media 0 y varianza 1. De acuerdo a esta última expresión, y suponiendo un nivel de significación  $\alpha$ , el intervalo de confianza del parámetro  $\mu$  sería:

$$\text{Prob. } \{ -Z_{\alpha/2} \leq (X - \mu) / (\sigma / \sqrt{n}) \leq Z_{\alpha/2} \} = 1 - \alpha$$

$$\text{Prob. } \{ X - (\sigma / \sqrt{n}) Z_{\alpha/2} \leq \mu \leq X + (\sigma / \sqrt{n}) Z_{\alpha/2} \} = 1 - \alpha$$

El ancho del intervalo de confianza es:  $2 s Z_{\alpha/2} / \sqrt{n}$

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

lo cual significa que el tamaño del intervalo sería más pequeño entre mayor sea el número de observaciones que se tienen de la variable aleatoria  $X$ . Esto implica que la varianza se conoce; en caso contrario se puede estimar la varianza con la siguiente fórmula:

$$S^2 = (1/n-1) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

Con una distribución  $t$  con  $n-1$  grados de libertad, quedando el tamaño del intervalo como:

$$2 S t_{n-1, \alpha/2} / \sqrt{n}$$

## INTERVALOS DE CONFIANZA

A menudo utilizamos resultados de los modelos de simulación a fin de obtener estimaciones de los parámetros de la población de la variable de respuesta. Debido a que estos son estimaciones, debemos estar en posición de decir algo acerca de su exactitud, lo cual usualmente hacemos colocando intervalos de confianza referentes a nuestros estimadores. Por ejemplo, si tenemos una estimación ( $\bar{x}$ ) de la media real ( $\mu$ ), nos gustaría establecer un límite superior (UL) y un límite inferior (LL), tal que la probabilidad de la media real que se encuentra entre los límites superior e inferior sea igual a la probabilidad exacta especificada.

En este caso, resulta relativamente fácil establecer LL y UL si podemos asumir una distribución normal. La estadística  $t$  de la muestra se define como:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S_x / \sqrt{n}}$$

desconociéndose únicamente  $\mu$ , y donde  $S_x = S / \sqrt{N-1}$ ,  $S$  = desviación estándar de la muestra, y  $N$  = tamaño de la muestra. Por consiguiente, en general podemos representar los límites de confianza para una media de la población estimada por una muestra pequeña ( $N < 30$ ) de la siguiente manera

$$X \pm t_{\text{crit}} \frac{S}{\sqrt{N-1}}$$

donde los valores  $\pm t_{\text{crit}}$  son los valores críticos de  $t$  según se dan en la tabla de la distribución  $t$  de student para  $N-1$  grados de libertad y el nivel  $\alpha$  seleccionado. Si por casualidad conocemos la desviación estándar real de la población muestreada, o si el tamaño de la muestra es grande ( $N \geq 30$ ), entonces los intervalos de confianza se establecerían de la siguiente manera

$$X \pm Z_c \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

En este caso  $Z_c$  es el parámetro estadístico normal tomado de la tabla de la distribución Normal Estandar y usaríamos el estimador no polarizado  $S = \sqrt{N/(N-1)}$  para  $\sigma^2$ .

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos analizar el modelo para cada una de las corridas hechas al programa de la simulación, obtendremos los intervalos de confianza para cada una de ellas en los horarios correspondientes a la muestra obtenida en un principio para poder comparar y determinar si provienen de la población citada.

El intervalo de confianza para la demanda de pasajeros se calcula con las fórmulas citadas con anterioridad y tenemos como resultado:

Para 1 autobús

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{.95} (S/\sqrt{N})$$

$$62.3 \pm (1.90) (19/2.64)$$

$$62.3 \pm (1.90) (7.19) = 62.3 \pm 13.6$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 48.7 - 75.19

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$58.53 \pm (2.13) (19.6 / 2)$$

$$58.53 \pm (2.13) (9.8) = 58.53 \pm 20.87$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 37.66 - 79.31

Para 2 autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$61.46 \pm (1.75) (11 / 3.87)$$

$$62.3 \pm (1.75) (2.84) = 62.3 \pm 4.97$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 56.49 - 66.43

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$52.43 \pm (1.76) (10.12 / 3.74)$$

$$52.43 \pm (1.76) (2.70) = 58.53 \pm 4.76$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 47.67 - 57.19

Para 3 autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$57.36 \pm (1.72) (10.8 / 4.79)$$

$$57.36 \pm (1.72) (2.25) = 57.36 \pm 3.87$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 53.49 - 61.23

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$62.21 \pm (1.72) (10.53 / 4.58)$$

$$62.21 \pm (1.72) (2.29) = 62.21 \pm 3.95$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 58.26 - 66.16

Para 4 autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$59.75 \pm (1.70) (12.85 / 5.38)$$

$$59.75 \pm (1.70) (2.38) = 59.75 \pm 4.06$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 55.69 - 63.81

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$58 \pm (1.70) (13.56 / 5.47)$$

$$58 \pm (1.70) (2.47) = 58 \pm 4.21$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 53.79 - 62.21

Para 5 autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$59.81 \pm (1.68) (8.42 / 6.08)$$

$$59.81 \pm (1.68) (1.38) = 59.81 \pm 2.32$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 53.72 - 62.13

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$57.51 \pm (1.70) (13.21 / 5.91)$$

$$57.51 \pm (1.70) (2.23) = 57.51 \pm 3.79$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 53.72 - 61.3

Para 6 autobuses

De 6 de la Mañana a 2 de la tarde:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$58.83 \pm (1.68) (11.65 / 6.78)$$

$$58.83 \pm (1.68) (1.71) = 58.83 \pm 2.88$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 55.95 - 61.71

De 2.01 de la Tarde a 10.30 de la noche:

$$X \pm t_{95} (S/N)$$

$$57.31 \pm (1.68) (16.76 / 6.40)$$

$$57.31 \pm (1.68) (2.61) = 57.31 \pm 4.39$$

El intervalo en el que se encuentra nuestra media poblacional será el siguiente : 52.92 - 61.7

De acuerdo a todos estos resultados se puede ver que la tendencia es a disminuir la media de la demanda de pasajeros conforme aumenta el número de observaciones y de seguir con las demás corridas de la simulación tendríamos el mismo rango que oscila entre los 45 pasajeros y los 65 aproximadamente, lo cual nos hace ver que la media real de la población se encuentra dentro de éstos; por lo cual podemos decir que el modelo ha sido analizado y validado correctamente pues sus resultados tienden a los de la población original.

## IV INTERPRETACION DE RESULTADOS

## RESULTADOS DE LA SIMULACION DE LA DEMANDA DE PASAJEROS

# AU	PASAJ	P. AU	TOTAL R	TOT AUT	P. ESP	TOT NR	TOT MEN	T.M. X A.
1	1725	1725	\$690.00	\$690.00	1694	\$677.60	\$20,700.00	\$20,700.00
2	3540	1770	\$1,416.00	\$708.00	1395	\$558.00	\$42,480.00	\$21,240.00
3	5252	1751	\$2,100.80	\$700.27	1502	\$600.80	\$63,024.00	\$21,008.00
4	6946	1737	\$2,778.40	\$694.60	1254	\$501.60	\$83,352.00	\$20,838.00
5	8427	1685	\$3,370.80	\$674.16	1407	\$562.80	\$101,124.00	\$20,224.80
6	10113	1686	\$4,045.20	\$674.20	977	\$390.80	\$121,356.00	\$20,226.00
7	11363	1623	\$4,545.20	\$649.31	674	\$269.60	\$136,356.00	\$19,479.43
8	12940	1618	\$5,176.00	\$647.00	415	\$166.00	\$155,280.00	\$19,410.00
9	14337	1593	\$5,734.80	\$637.20	701	\$280.40	\$172,044.00	\$19,116.00
10	15934	1593	\$6,373.60	\$637.36	429	\$171.60	\$191,208.00	\$19,120.80
11	18394	1672	\$7,357.60	\$668.87	530	\$212.00	\$220,728.00	\$20,066.18
12	19396	1616	\$7,758.40	\$646.53	347	\$138.80	\$232,752.00	\$19,396.00

CTO AUT	UTILIDAD	UT X AUT	COS OPO	UT C/OP	UT X AUT	PERDIDA
\$15,476.82	\$5,223.18	\$5,223.18	\$41,028.00	\$25,551.18	\$25,551.18	\$20,328.00
\$30,953.64	\$11,526.36	\$5,763.18	\$59,220.00	\$28,266.36	\$14,133.18	\$8,370.00
\$46,430.46	\$16,593.54	\$5,531.18	\$81,048.00	\$34,617.54	\$11,539.18	\$6,008.00
\$61,907.28	\$21,444.72	\$5,361.18	\$98,400.00	\$36,492.72	\$9,123.18	\$3,762.00
\$77,384.10	\$23,739.90	\$4,747.98	\$118,008.00	\$40,623.90	\$8,124.78	\$3,376.80
\$92,860.92	\$28,495.08	\$4,749.18	\$133,080.00	\$40,219.08	\$6,703.18	\$1,954.00
\$108,337.74	\$28,018.26	\$4,002.61	\$144,444.00	\$36,106.26	\$5,158.04	\$1,155.43
\$123,814.56	\$31,465.44	\$3,933.18	\$160,260.00	\$36,445.44	\$4,555.68	\$622.50
\$139,291.38	\$32,752.62	\$3,639.18	\$180,456.00	\$41,164.62	\$4,573.85	\$934.67
\$154,768.20	\$36,439.80	\$3,643.98	\$196,356.00	\$41,587.80	\$4,158.78	\$514.80
\$170,245.02	\$50,482.98	\$4,589.36	\$227,088.00	\$56,842.98	\$5,167.54	\$578.18
\$185,721.84	\$47,030.16	\$3,919.18	\$236,916.00	\$51,194.16	\$4,266.18	\$347.00

## SIMULACION DE UN MODELO DE ASIGNACION DE AUTOBUSES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Simulación, podemos observar que el número de pasajeros en espera se reduce poco a poco cuando el número de autobuses se va incrementando, hasta aproximarse al cero cuando el número de autobuses es 12; así mismo se reúne la mayor recaudación del día; aún cuando el promedio de pasajeros no es el máximo.

De acuerdo a la recaudación obtenida, teniendo en cuenta que el número de pasajeros en espera del servicio tiende a cero, cuando el número de autobuses es 12, se obtuvo un total de \$19,396 por autobús mensual y con los costos obtenidos de acuerdo a los datos del Organismo antes de su desaparición, en cuanto a costos de administración y de operación, sabemos que el costo del autobús es de \$15,476 mensual teniendo una utilidad de \$ 3,919.18 por autobús mensual.

Aún cuando la mayor utilidad se obtiene cuando el número de autobuses es igual a 2 se ha agregado un rubro que llamaremos Costos de Oportunidad que son los pasajeros en espera o los pasajeros no transportados que considerando que pueden tomar otro transporte como los microbuses u otra ruta de transporte urbano que los deje cerca del lugar al que se dirigen por no pasar el autobús que esperan, se incluye como total no recaudado, de acuerdo a esto se obtiene que la menor pérdida por autobús se obtiene con 12 autobuses y es de \$347.00 por autobús.



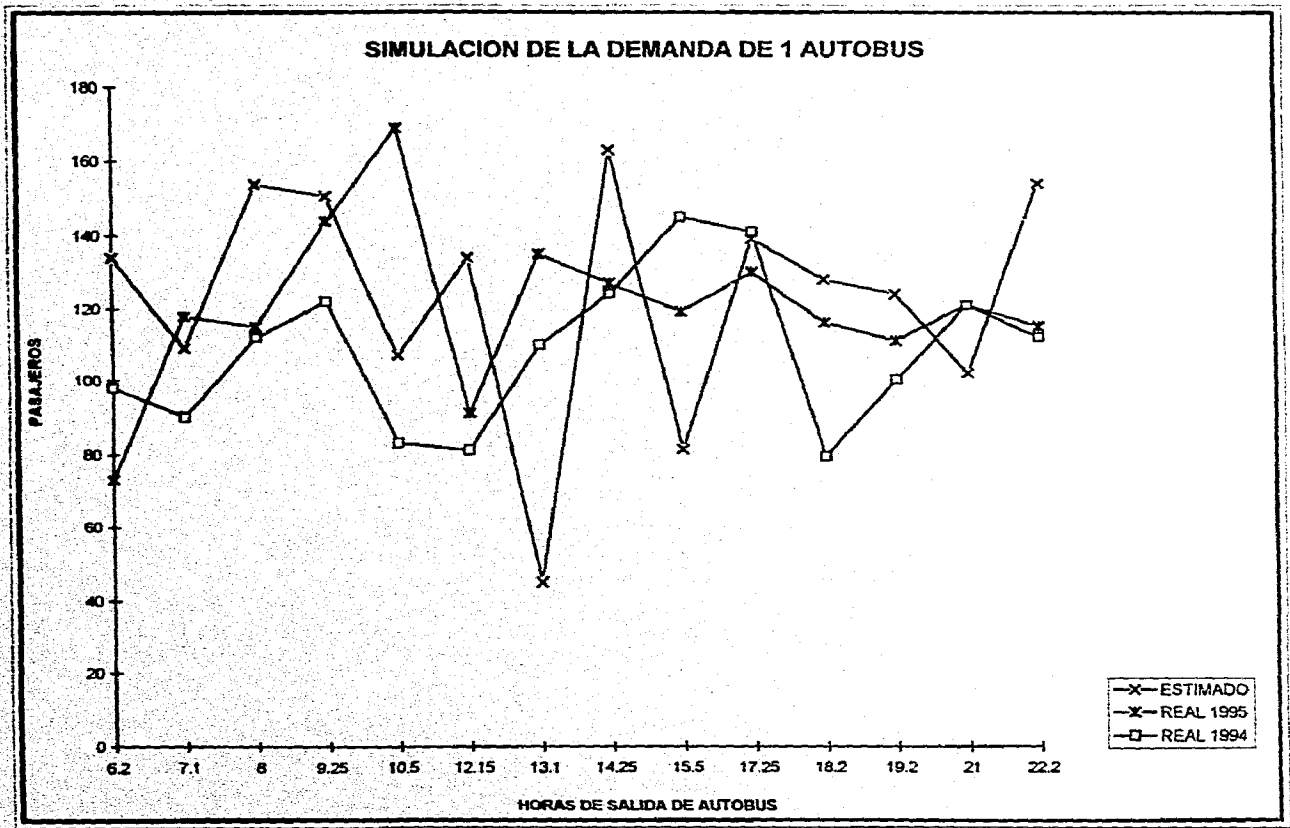


FIGURA 4.1

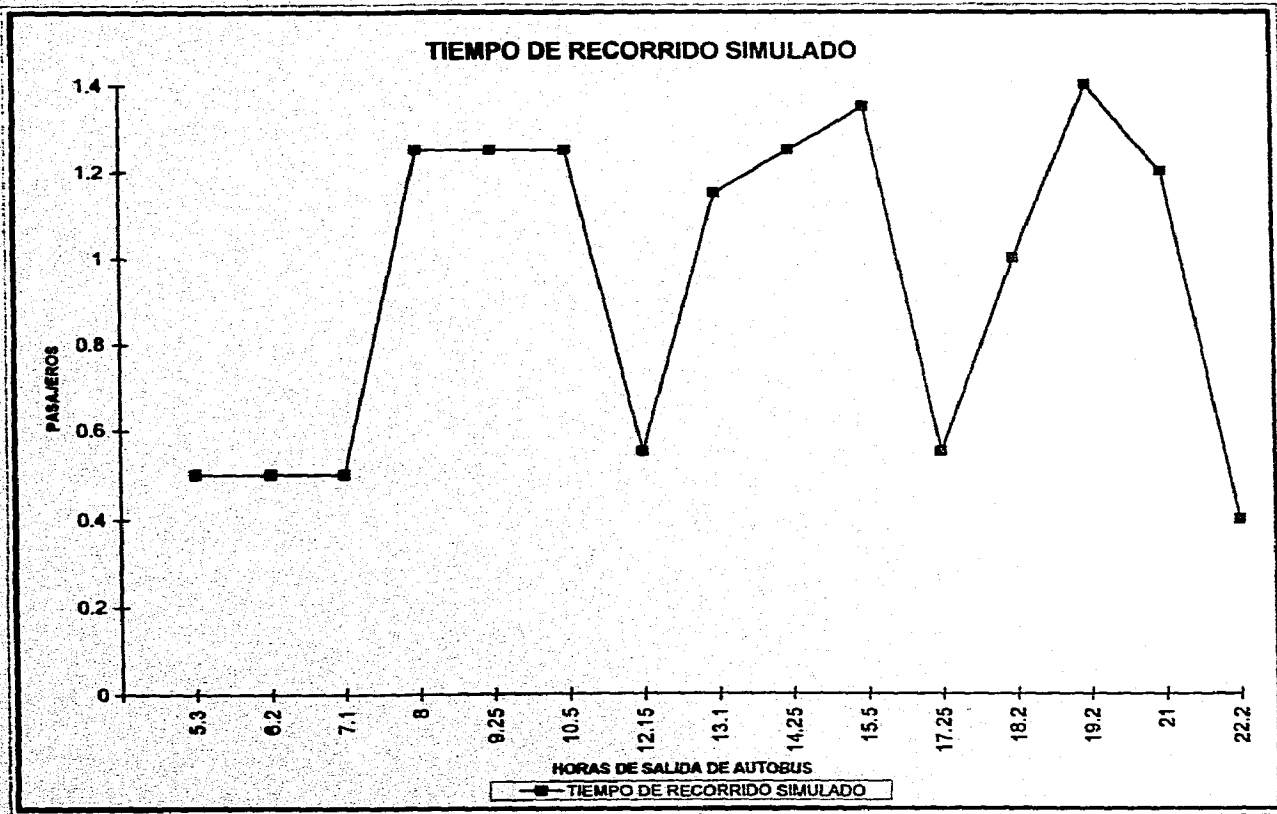


FIGURA 4.2

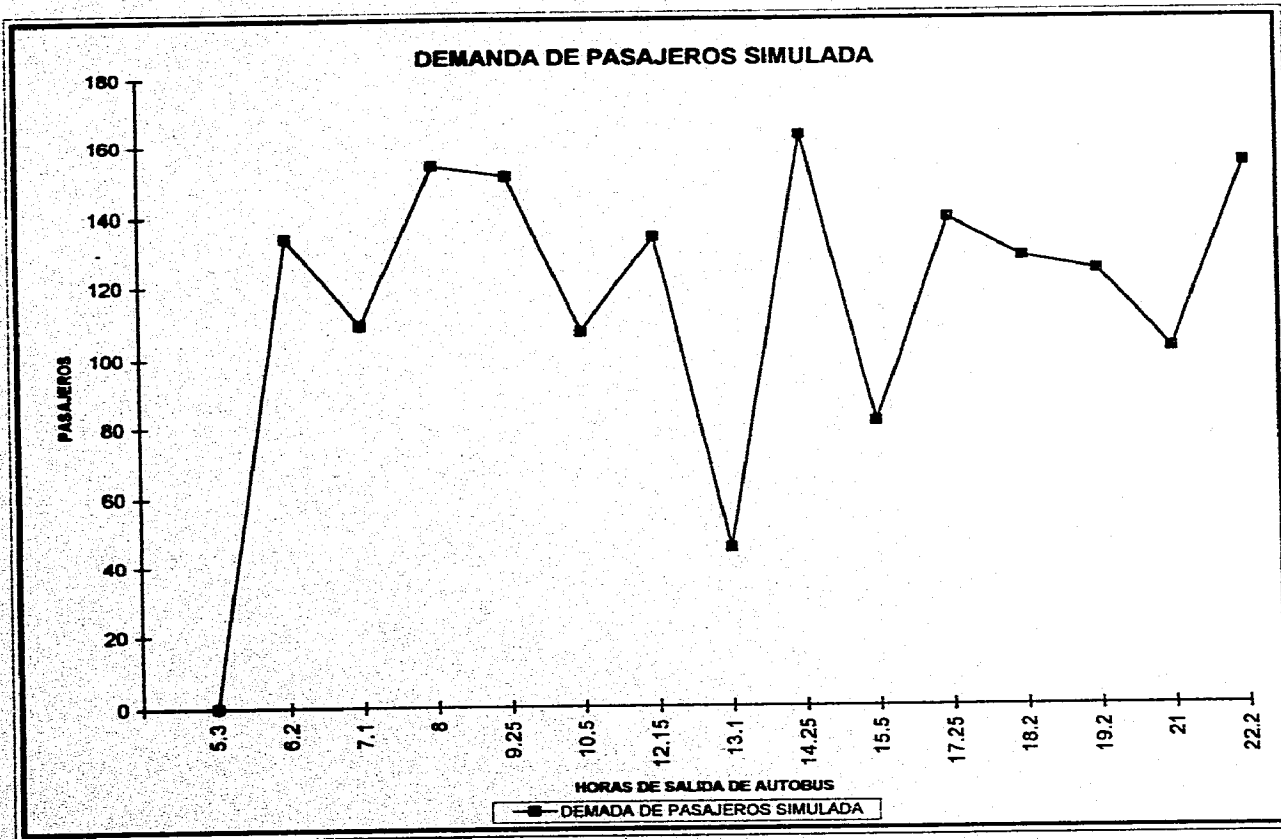


FIGURA 4.3

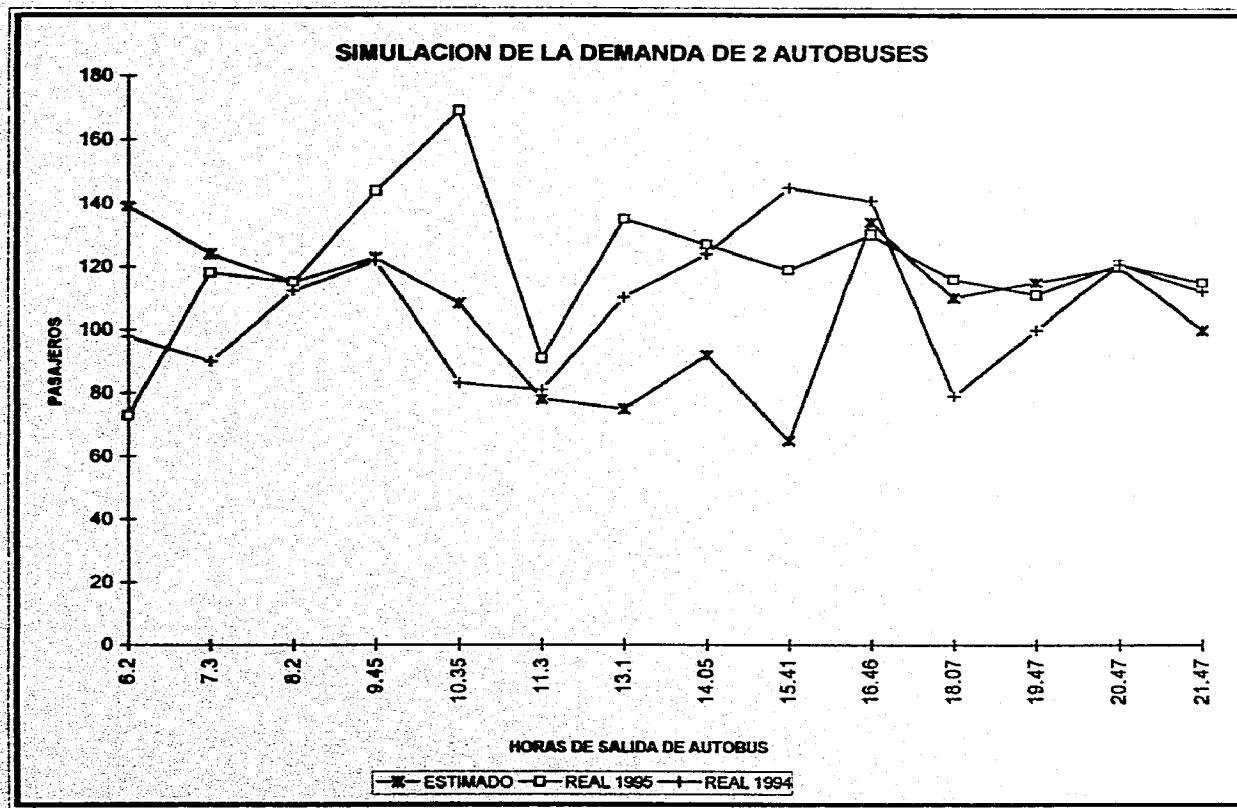


FIGURA 4.4

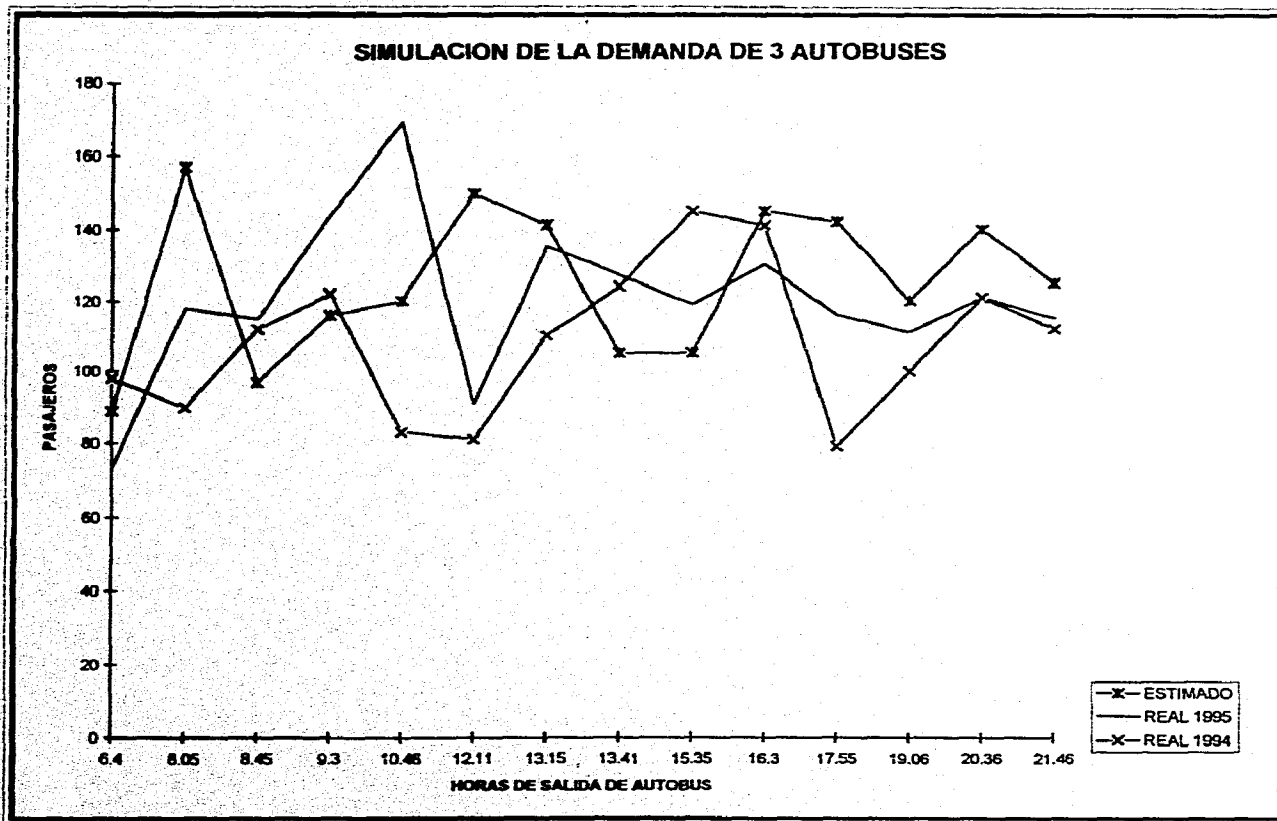


FIGURA 4.5

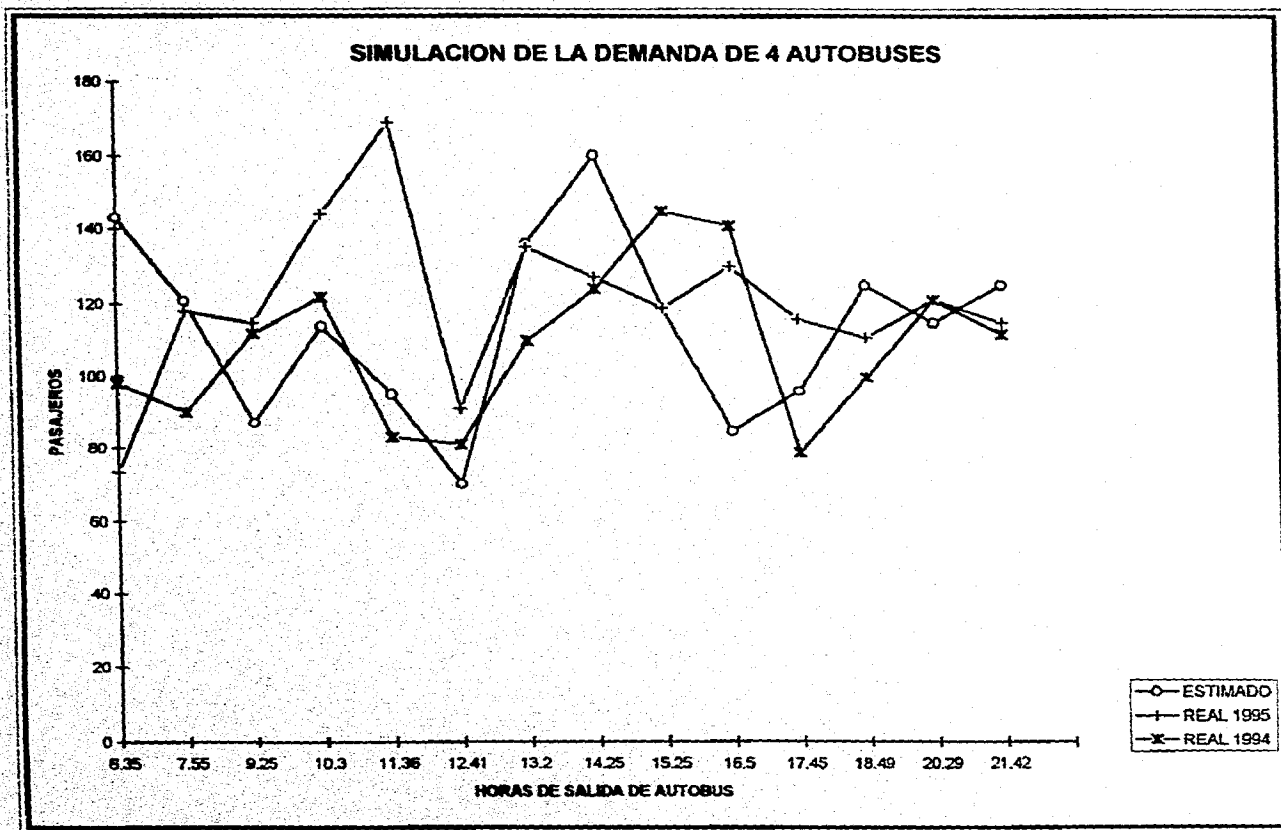


FIGURA 4.6

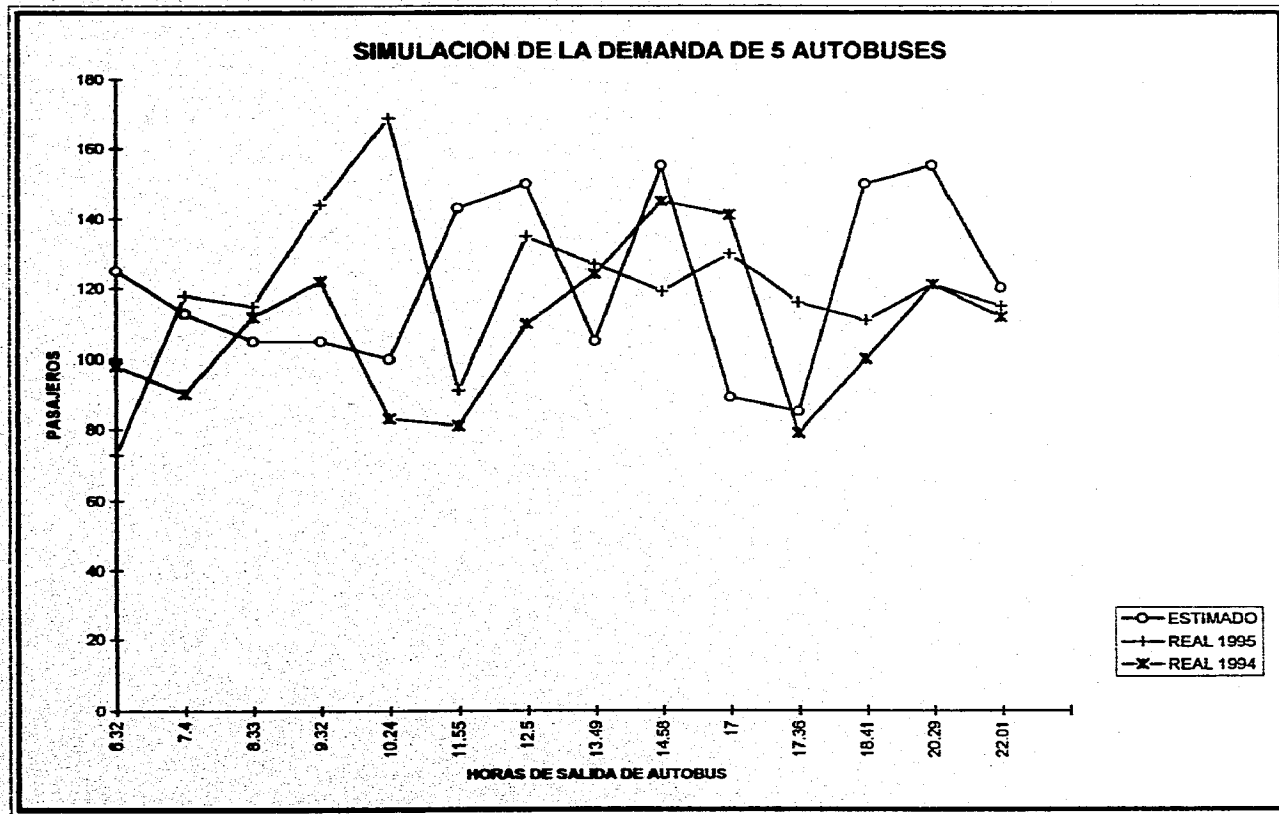


FIGURA 4.7

06

### SIMULACION DE LA DEMANDA DE 6 AUTOBUSES

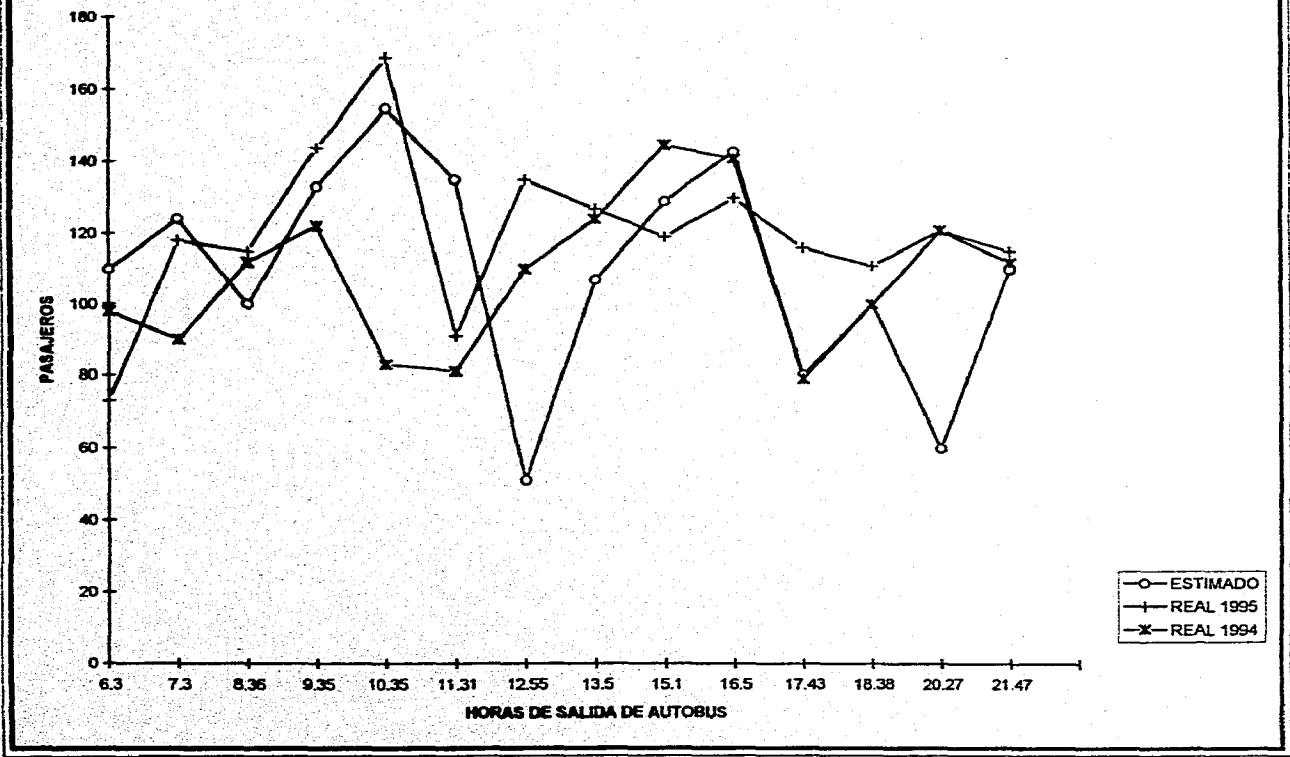


FIGURA 4.8



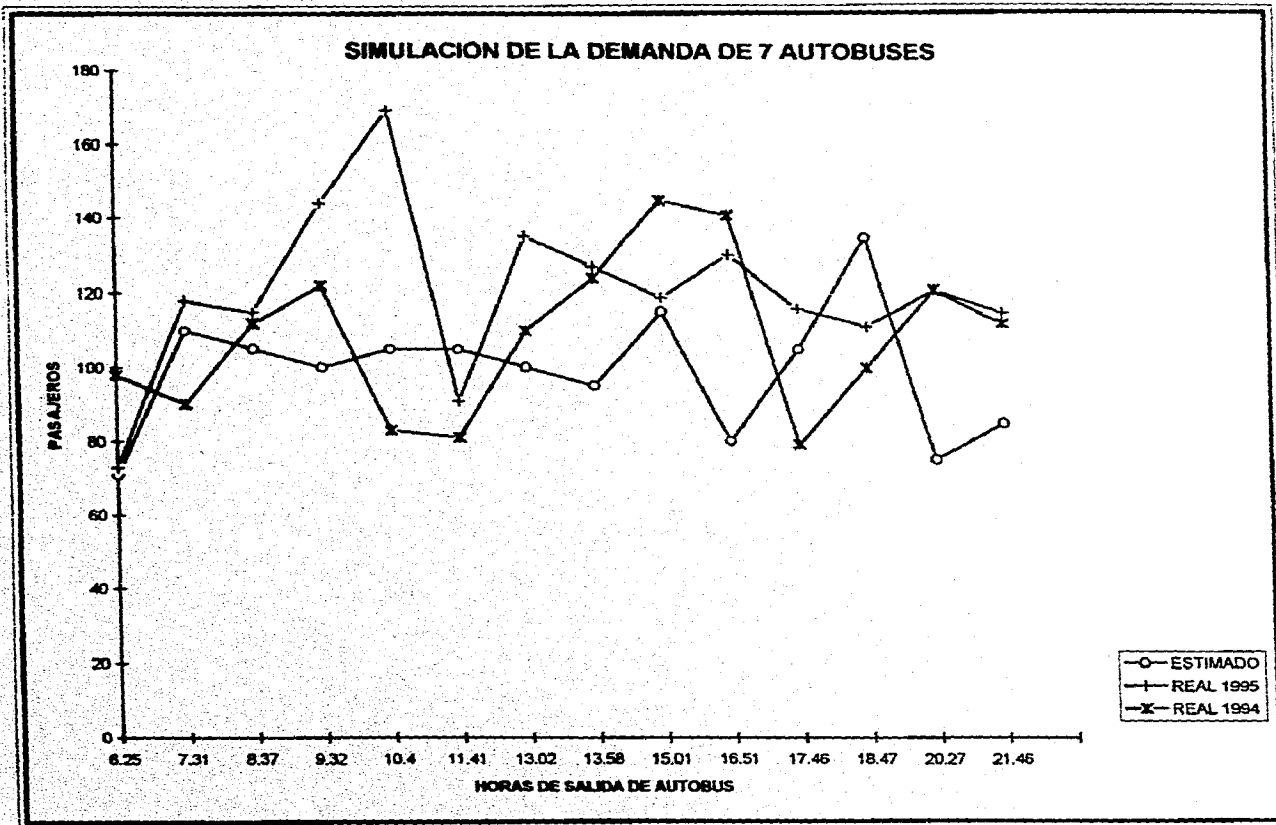


FIGURA 4.9

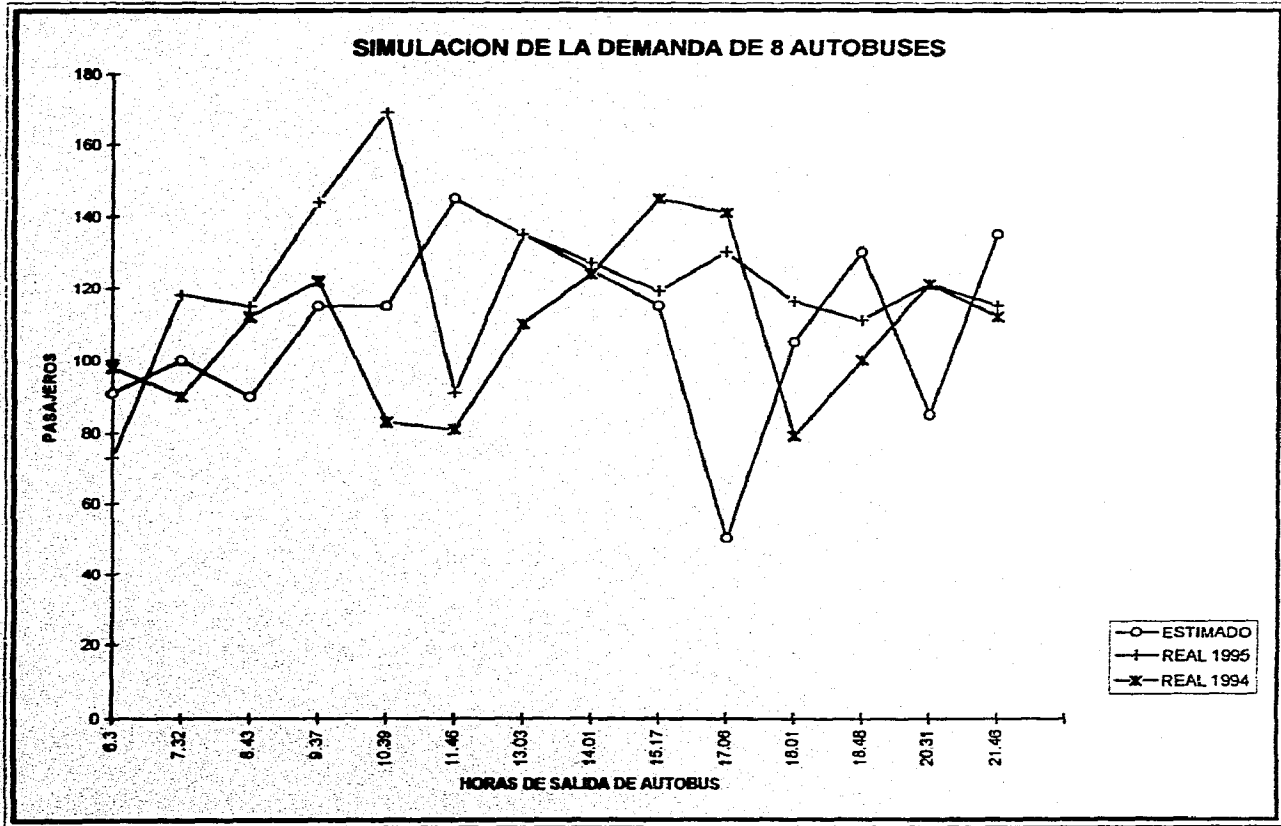


FIGURA 4.10

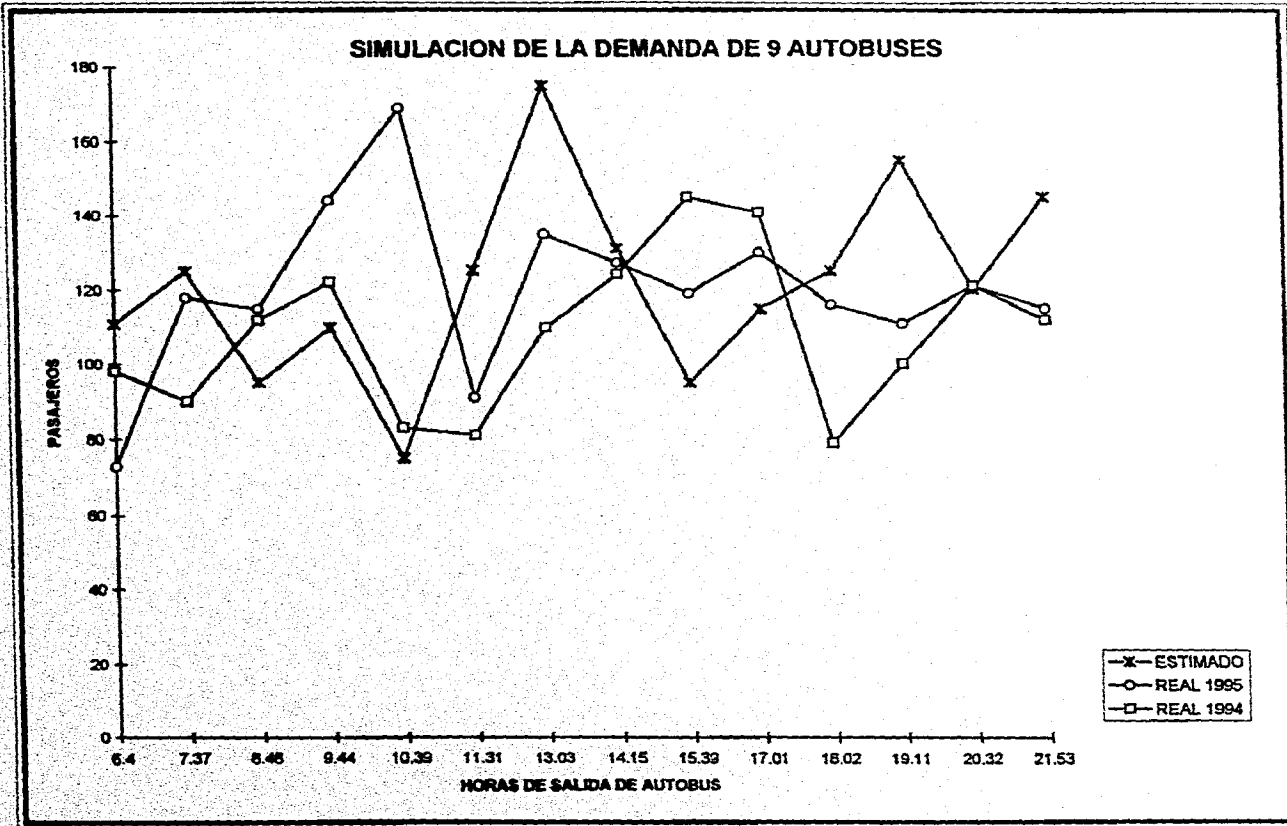


FIGURA 4.11

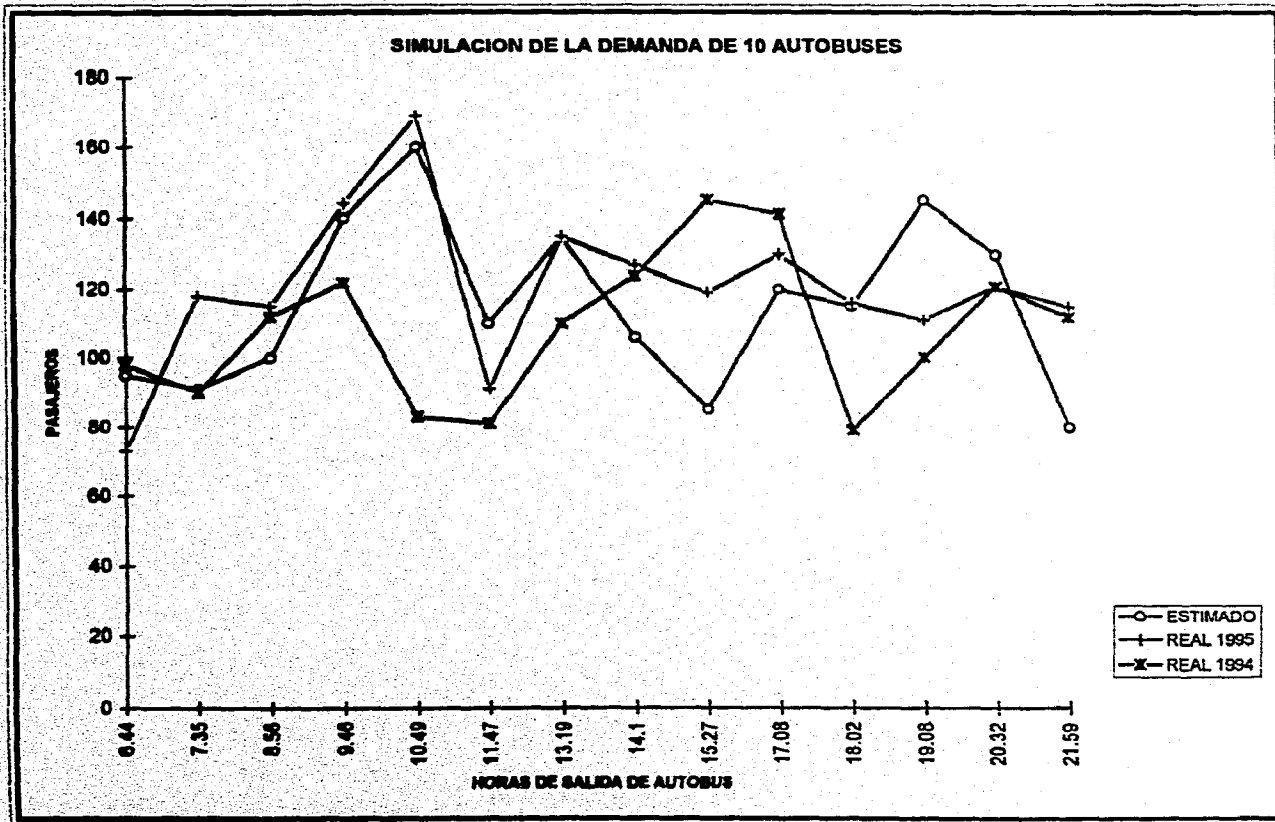


FIGURA 4.12

### SIMULACION DE LA DEMANDA DE 11 AUTOBUSES

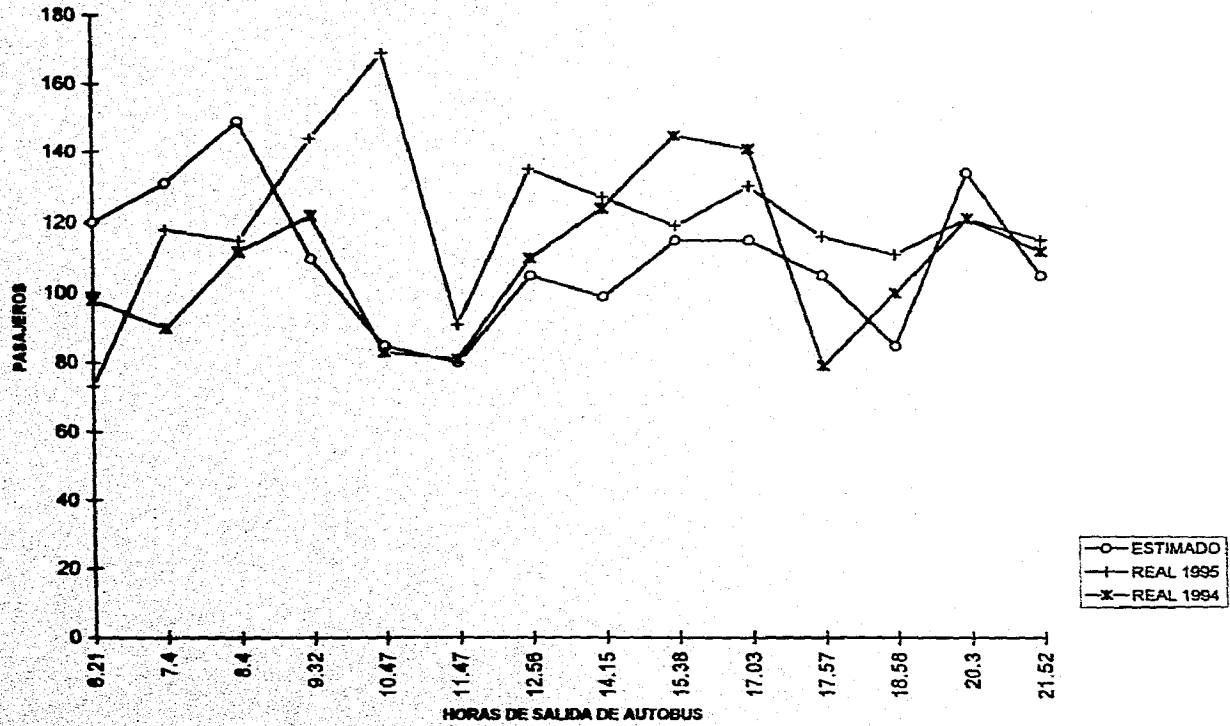


FIGURA 4.13

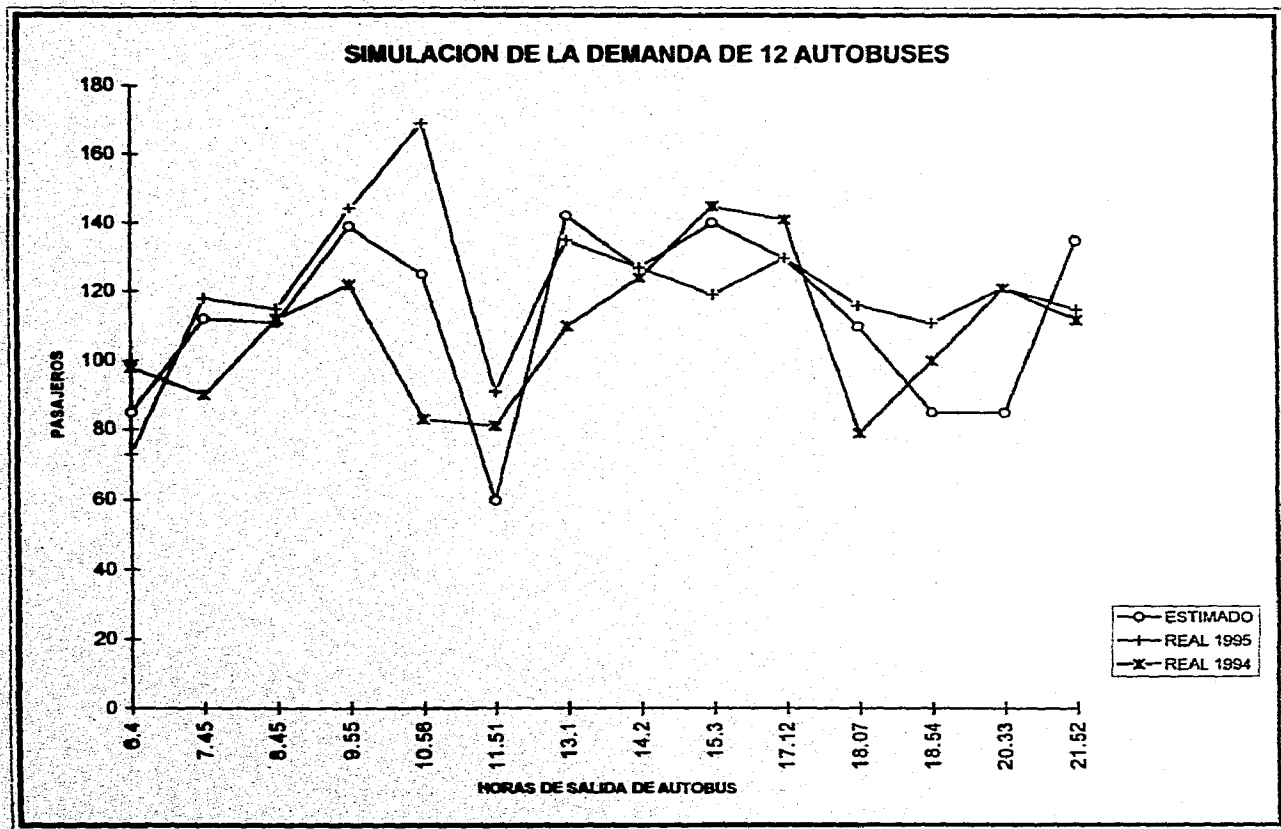


FIGURA 4.14

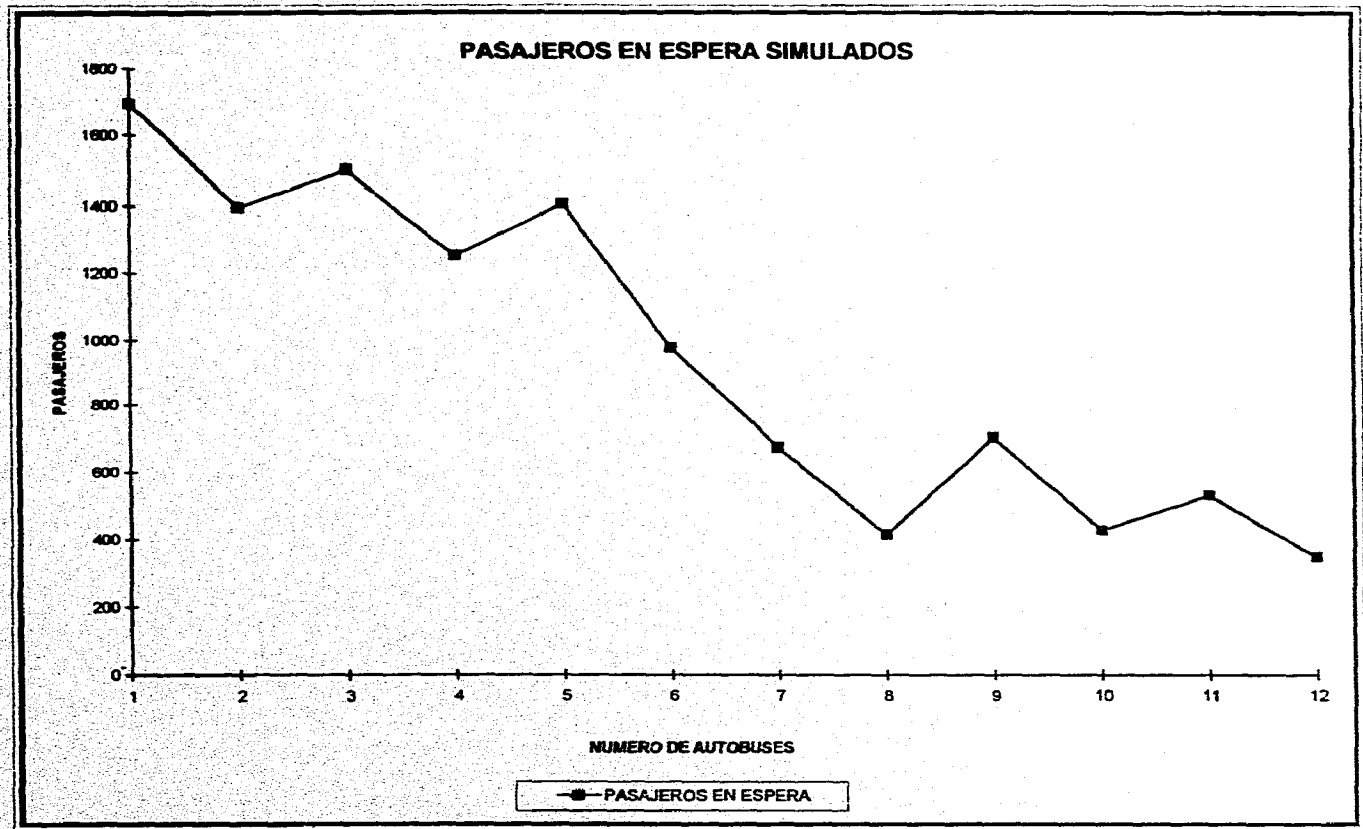


FIGURA 4.15

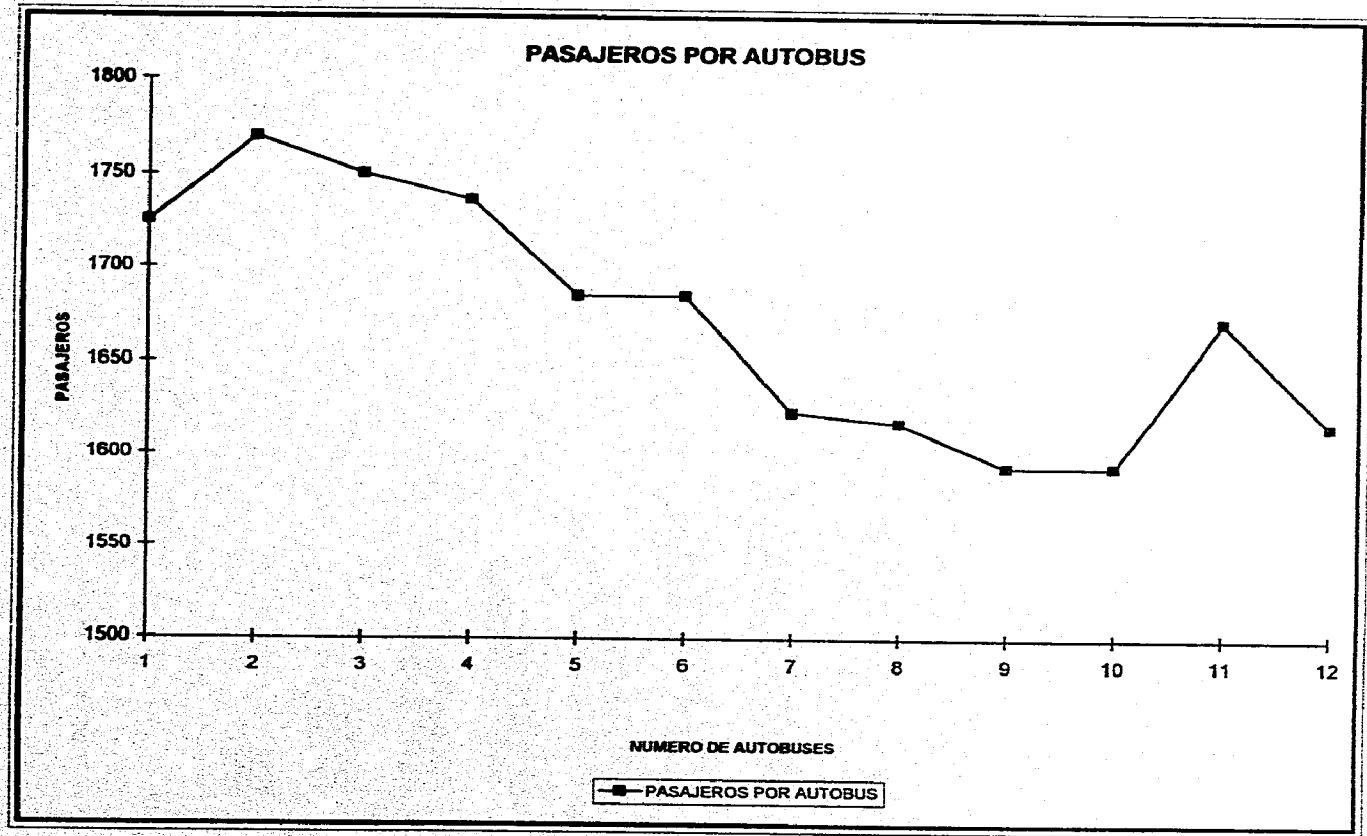


FIGURA 4.16



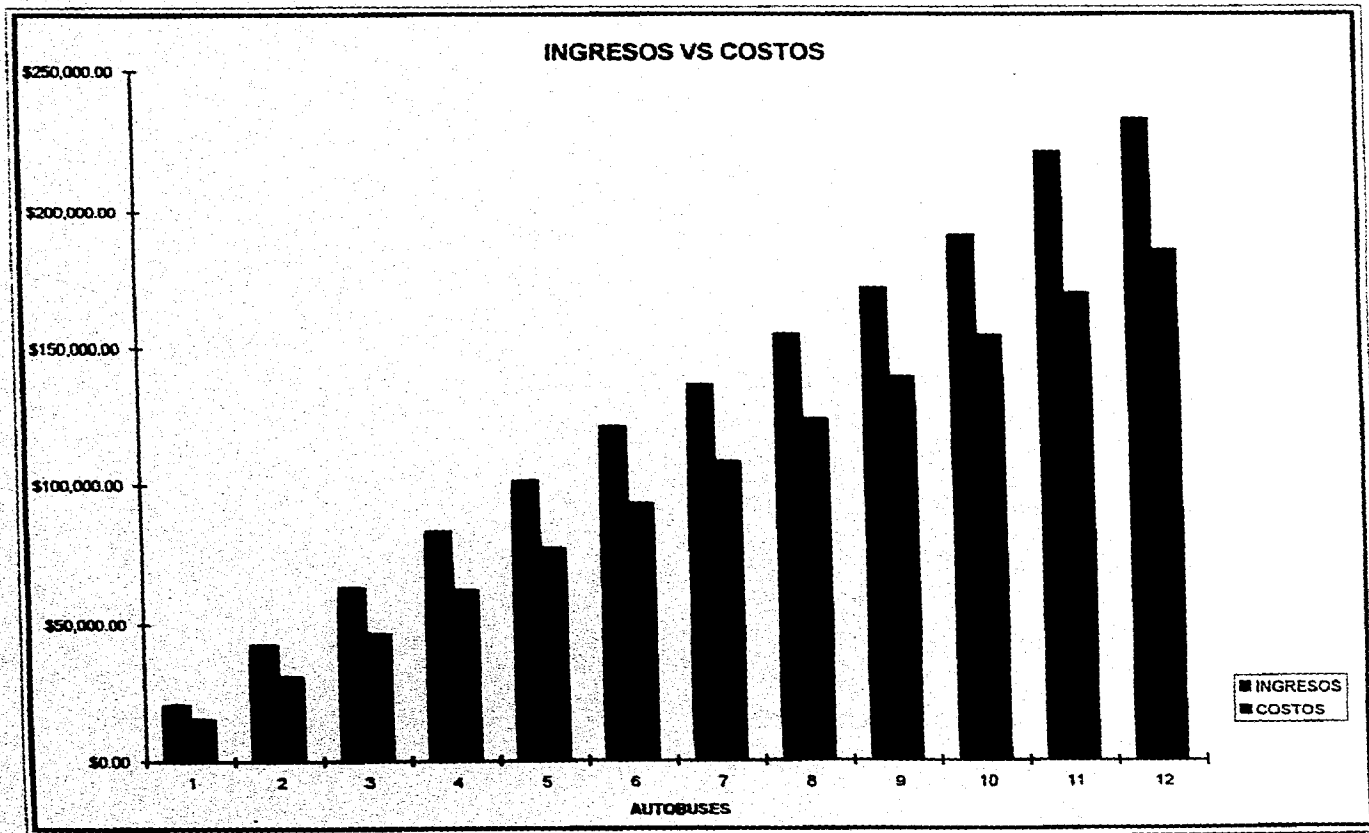


FIGURA 4.17

## CONCLUSION

En el presente trabajo se desarrolló un modelo para la Simulación del flujo de una ruta de autobuses de manera que se pudiera obtener el número de autobuses con el cual el número de pasajeros en espera tiende a cero, habiendo satisfecho, de esta forma, la demanda de pasajeros del servicio de autotransporte urbano.

En este caso se llevaron a cabo todas las pruebas posibles tanto para el generador de números aleatorios como para el modelo en si.

Básicamente se comprobó que el generador de números pseudoaleatorios sigue una distribución uniforme y que las medias muestrales que se obtuvieron con el programa de la simulación se encuentran en el intervalo adecuado en el que se encuentra la población de la muestra original; por lo que puede considerarse exitosa la simulación.

Con todo esto pudimos obtener una tabla de las simulaciones desde 1 hasta 12 autobuses y nos pudimos dar cuenta que el número de autobuses en que la demanda casi es satisfecha o que el número de pasajeros en espera tiende a cero es 12 autobuses, saliendo de la Base de Origen, es decir, el Metro Zapata, cada 5 minutos.

Se realizó también una tabla con los Ingresos, Costos y Utilidades que se obtienen en cada uno de los casos, desde 1 a 12 autobuses y se pudo ver que aún cuando la utilidad por autobús cuando el número es 12 no es la máxima, si se puede ver que se pierde mucho más cuando se tienen pocos autobuses y se dejan de transportar muchas personas; lo cual nos aleja del objetivo inicial, que es satisfacer la demanda, buscando de algún modo la rentabilidad para la empresa.

Es importante destacar que muchos de los datos comparativos e iniciales fueron otorgados por el organismo, el cual, en cierta medida, maquilla los mismos ó no maneja información correcta; siendo de esta forma difícil de llegar a un valor semejante al mencionado por ellos, y variando un poco la confiabilidad en los mismos, por lo cual se determinó sólo tomar en cuenta la información proporcionada por el mismo para parte del análisis de la empresa y en cuestión de costos o gastos de administración.

Cabe mencionar también, que en este trabajo se conjugan muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de la licenciatura, tales como análisis, diseño, desarrollo e implementación de sistemas, probabilidad, estadística, simulación y administración pública; sobre todo materias estudiadas en la preespecialidad.

Para mí fue muy importante realizar dicho trabajo porque pude ver claramente la aplicación de todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la licenciatura y saber que se pueden encontrar soluciones óptimas a problemas reales.

El presente trabajo se terminó de realizar aún cuando la empresa original (Ruta-100) se declaró en quiebra debido a que resulta de mucho valor para la nueva empresa, ya que la ruta elegida (M. Zapata - Plateros) no ha desaparecido y la demanda de pasajeros que requieren el transporte va en aumento por el incremento en el costo del transporte en la Ciudad de México, incluyendo el Transporte Colectivo "Metro".

Es importante para la nueva empresa tomar en cuenta los errores cometidos por la empresa anterior, sobre todo en el control de la recaudación, que de hecho ya se realiza por boletaje y en los costos de administración; ya que estos incrementan de manera considerable el gasto y hacen mínima la rentabilidad.

## Bibliografía

SHANON Robert E., Investigación de Operaciones, Ed. Limusa -Wiley, México, 1971.

GODDARD Laurence Stanley, Técnicas matemáticas de la Investigación de Operaciones, Ed. Alhambra S.A., Madrid, España.

JAUFRED M. Francisco J., Métodos de Optimización, Programación Lineal y Gráficas, Ed. Representaciones de Servicios de Ingeniería, México, 1971.

THENSEN Aine, Computer Methods in Operation Research, Ed. Academic Press, E.U.A.,  
1978.

RIVETT Patrick, Principles of Model Building : The Construction of Models for Decision Analysis Ed. Wiley, London, 1971.

ACKOFF Rusell, Investigación de Operaciones, Ed. Limusa -Wiley, México, 1971.

## ANEXO A

### PROGRAMA DE LA SIMULACION

```
program simu_ruta;
uses crt;
type
  arreglo = array[1..15] of real;
var
  num_autobus,num_min,indice,semilla,unavez,i,z,x,t,d: integer;
  tempo_regreso,g: arreglo;
  sum,incia,tempo_ensalir,tempo_recor,tempo_esp,terminar,tempo_lleg:real;
  tempo_salida,salida_autobus,r,y,min,crono_metro,s,w,v,u,o,p,q : real;
  a,b,c: real;
  autobus_libre,num_pasaj,pasaj_espera,tot_pasaj,pasaj_trans : integer;
```

```
procedure vent_n;
var
  i : integer;
begin;
  gotoxy(2,0);write('É');
  gotoxy(2,0);
  for i:= 1 to 70 do
    write('I');
  gotoxy(72,0);write('»');
  for i:= 2 to 24 do
    begin
      gotoxy(1,i);write('°');
    end;
  gotoxy(1,25);write('É');
  for i:= 2 to 24 do
    begin
      gotoxy(72,i);write('°');
    end;
  gotoxy(72,25);write('¼');
  gotoxy(2,25);
  for i:= 1 to 70 do
    write('I');
end;
```

```
procedure inicializa;
begin
```

```
semilla := 0;
tempo_salida := 0;
tempo_esp := 0;
terminar := 0;
tempo_recor:= 0;
pasaj_espera:= 0;
num_pasaj:= 0;
tot_pasaj:=0;
pasaj_trans:=0;
x:=0;
for indice := 1 to num_autobus + 1 do
    tempo_regreso[indice] := 0;
min:=0;
end;
```

```
procedure gen_pasaj;
var
    pasaje: real;
begin
    pasaje:=random;
    if (tempo_salida >= 5.30) and (tempo_salida <= 14.00) then
        begin
            if (pasaje >= 0) and (pasaje < 0.0167) then
                num_pasaj := 20;
            if (pasaje >= 0.0167) and (pasaje < 0.0358) then
                num_pasaj := 25;
            if (pasaje >= 0.0359) and (pasaje < 0.0709) then
                num_pasaj := 30;
            if (pasaje >= 0.0709) and (pasaje < 0.1293) then
                num_pasaj := 35;
            if (pasaje >= 0.1293) and (pasaje < 0.2120) then
                num_pasaj := 40;
            if (pasaje >= 0.2120) and (pasaje < 0.3193) then
                num_pasaj := 45;
            if (pasaje >= 0.3193) and (pasaje < 0.4484) then
                num_pasaj := 50;
            if (pasaje >= 0.4484) and (pasaje < 0.5794) then
                num_pasaj := 55;
            if (pasaje >= 0.5794) and (pasaje < 0.7020) then
                num_pasaj := 60;
            if (pasaje >= 0.7020) and (pasaje < 0.8079) then
                num_pasaj := 65;
            if (pasaje >= 0.8079) and (pasaje < 0.8850) then
                num_pasaj := 70;
```

```
if (pasaje >= 0.8850) and (pasaje < 0.9371) then
    num_pasaj := 75;
if (pasaje >= 0.9371) and (pasaje < 0.9696) then
    num_pasaj := 80;
if (pasaje >= 0.9696) and (pasaje < 0.9862) then
    num_pasaj := 85;
if (pasaje >= 0.9862) and (pasaje < 0.9944) then
    num_pasaj := 90;
if (pasaje >= 0.9944) and (pasaje < 0.9999) then
    num_pasaj := 95;
end;
if (tempo_salida >= 14.01) and (tempo_salida <= 22.30) then
begin
    if (pasaje >= 0) and (pasaje < 0.0418) then
        num_pasaj := 20;
    if (pasaje >= 0.0419) and (pasaje < 0.0708) then
        num_pasaj := 25;
    if (pasaje >= 0.0709) and (pasaje < 0.1131) then
        num_pasaj := 30;
    if (pasaje >= 0.1132) and (pasaje < 0.1711) then
        num_pasaj := 35;
    if (pasaje >= 0.1712) and (pasaje < 0.2483) then
        num_pasaj := 40;
    if (pasaje >= 0.2484) and (pasaje < 0.3372) then
        num_pasaj := 45;
    if (pasaje >= 0.3373) and (pasaje < 0.4364) then
        num_pasaj := 50;
    if (pasaje >= 0.4365) and (pasaje < 0.5398) then
        num_pasaj := 55;
    if (pasaje >= 0.5399) and (pasaje < 0.6443) then
        num_pasaj := 60;
    if (pasaje >= 0.6444) and (pasaje < 0.7357) then
        num_pasaj := 65;
    if (pasaje >= 0.7358) and (pasaje < 0.8133) then
        num_pasaj := 70;
    if (pasaje >= 0.8134) and (pasaje < 0.8770) then
        num_pasaj := 75;
    if (pasaje >= 0.8771) and (pasaje < 0.9222) then
        num_pasaj := 80;
    if (pasaje >= 0.9223) and (pasaje < 0.9535) then
        num_pasaj := 85;
    if (pasaje >= 0.9536) and (pasaje < 0.9744) then
        num_pasaj := 90;
    if (pasaje >= 0.9745) and (pasaje < 0.9999) then
        num_pasaj := 95;
```

```
end;  
end;
```

```
procedure checa_pasaj;  
begin  
  if(tot_pasaj > 120) then  
    begin  
      pasaj_espera:= tot_pasaj-120;  
      num_pasaj:= 0;  
    end  
  else  
    begin  
      num_pasaj:= 0;  
      pasaj_espera:= 0;  
    end;  
end;
```

```
procedure gen_pasaj5;  
var  
  pasaj_5min : real;  
begin  
  pasaj_5min:=random;  
  if((crono_metro >= 7.31) and (crono_metro <= 8.30)) or  
    ((crono_metro >= 11.31) and (crono_metro <= 12.30)) or  
    ((crono_metro >= 19.31) and (crono_metro <= 20.30)) then  
    begin  
      if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.0003354) then  
        num_pasaj := 0;  
      if (pasaj_5min > 0.0003354) and (pasaj_5min <= 0.0030191) then  
        num_pasaj := 1;  
      if (pasaj_5min > 0.0030191) and (pasaj_5min <= 0.0137539) then  
        num_pasaj := 2;  
      if (pasaj_5min > 0.0137539) and (pasaj_5min <= 0.04238) then  
        num_pasaj := 3;  
      if (pasaj_5min > 0.0423800) and (pasaj_5min <= 0.09963) then  
        num_pasaj := 4;  
      if (pasaj_5min > 0.09963) and (pasaj_5min <= 0.191233) then  
        num_pasaj := 5;  
      if (pasaj_5min > 0.191233) and (pasaj_5min <= 0.313371) then  
        num_pasaj := 6;  
      if (pasaj_5min > 0.313371) and (pasaj_5min <= 0.452951) then  
        num_pasaj := 7;  
      if (pasaj_5min > 0.452951) and (pasaj_5min <= 0.592531) then  
        num_pasaj := 8;
```



```
if (pasaj_5min > 0.592531) and (pasaj_5min <= 0.716607) then
  num_pasaj := 9;
if (pasaj_5min > 0.716607) and (pasaj_5min <= 0.815607) then
  num_pasaj := 10;
if (pasaj_5min > 0.815607) and (pasaj_5min <= 0.887784) then
  num_pasaj := 11;
if (pasaj_5min > 0.887784) and (pasaj_5min <= 0.935902) then
  num_pasaj := 12;
if (pasaj_5min > 0.935902) and (pasaj_5min <= 0.965513) then
  num_pasaj := 13;
if (pasaj_5min > 0.965513) and (pasaj_5min <= 0.982433) then
  num_pasaj := 14;
if (pasaj_5min > 0.982433) and (pasaj_5min <= 0.991458) then
  num_pasaj := 15;
if (pasaj_5min > 0.991458) and (pasaj_5min <= 0.99597) then
  num_pasaj := 16;
if (pasaj_5min > 0.99597) and (pasaj_5min <= 0.99800) then
  num_pasaj := 17;
if (pasaj_5min > 0.99800) and (pasaj_5min <= 0.99999) then
  num_pasaj := 18;
end;
if ((crono_metro >= 8.31) and (crono_metro <= 9.30)) or
  ((crono_metro >= 14.31) and (crono_metro <= 15.30)) or
  ((crono_metro >= 17.31) and (crono_metro <= 18.30)) then
begin
  if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000045) then
    num_pasaj := 0;
  if (pasaj_5min > 0.000045) and (pasaj_5min <= 0.000499) then
    num_pasaj := 1;
  if (pasaj_5min > 0.000499) and (pasaj_5min <= 0.002769) then
    num_pasaj := 2;
  if (pasaj_5min > 0.002769) and (pasaj_5min <= 0.010336) then
    num_pasaj := 3;
  if (pasaj_5min > 0.010336) and (pasaj_5min <= 0.029253) then
    num_pasaj := 4;
  if (pasaj_5min > 0.029253) and (pasaj_5min <= 0.067086) then
    num_pasaj := 5;
  if (pasaj_5min > 0.067086) and (pasaj_5min <= 0.130141) then
    num_pasaj := 6;
  if (pasaj_5min > 0.130141) and (pasaj_5min <= 0.220220) then
    num_pasaj := 7;
  if (pasaj_5min > 0.220220) and (pasaj_5min <= 0.332819) then
    num_pasaj := 8;
  if (pasaj_5min > 0.332819) and (pasaj_5min <= 0.457929) then
    num_pasaj := 9;
```

```
if (pasaj_5min > 0.457929) and (pasaj_5min <= 0.583039) then
  num_pasaj := 10;
if (pasaj_5min > 0.583039) and (pasaj_5min <= 0.696775) then
  num_pasaj := 11;
if (pasaj_5min > 0.696775) and (pasaj_5min <= 0.791555) then
  num_pasaj := 12;
if (pasaj_5min > 0.791555) and (pasaj_5min <= 0.864463) then
  num_pasaj := 13;
if (pasaj_5min > 0.864463) and (pasaj_5min <= 0.916540) then
  num_pasaj := 14;
if (pasaj_5min > 0.916540) and (pasaj_5min <= 0.951258) then
  num_pasaj := 15;
if (pasaj_5min > 0.951258) and (pasaj_5min <= 0.972957) then
  num_pasaj := 16;
if (pasaj_5min > 0.972957) and (pasaj_5min <= 0.985721) then
  num_pasaj := 17;
if (pasaj_5min > 0.985721) and (pasaj_5min <= 0.992812) then
  num_pasaj := 18;
if (pasaj_5min > 0.992812) and (pasaj_5min <= 0.996544) then
  num_pasaj := 19;
if (pasaj_5min > 0.996544) and (pasaj_5min <= 0.998410) then
  num_pasaj := 20;
if (pasaj_5min > 0.998410) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
  num_pasaj := 21;
end;
if ((crono_metro >= 9.31) and (crono_metro <= 10.30)) or
  ((crono_metro >= 20.31) and (crono_metro <= 21.30)) then
  begin
    if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000912) then
      num_pasaj := 0;
    if (pasaj_5min > 0.000912) and (pasaj_5min <= 0.007295) then
      num_pasaj := 1;
    if (pasaj_5min > 0.007295) and (pasaj_5min <= 0.029636) then
      num_pasaj := 2;
    if (pasaj_5min > 0.029636) and (pasaj_5min <= 0.081755) then
      num_pasaj := 3;
    if (pasaj_5min > 0.081765) and (pasaj_5min <= 0.172991) then
      num_pasaj := 4;
    if (pasaj_5min > 0.172991) and (pasaj_5min <= 0.300708) then
      num_pasaj := 5;
    if (pasaj_5min > 0.300708) and (pasaj_5min <= 0.449711) then
      num_pasaj := 6;
    if (pasaj_5min > 0.449711) and (pasaj_5min <= 0.598714) then
      num_pasaj := 7;
    if (pasaj_5min > 0.598714) and (pasaj_5min <= 0.729091) then
```

```
    num_pasaj := 8;
  if (pasaj_5min > 0.830496) and (pasaj_5min <= 0.901479) then
    num_pasaj := 9;
  if (pasaj_5min > 0.901479) and (pasaj_5min <= 0.946650) then
    num_pasaj := 10;
  if (pasaj_5min > 0.946650) and (pasaj_5min <= 0.973000) then
    num_pasaj := 11;
  if (pasaj_5min > 0.973000) and (pasaj_5min <= 0.987188) then
    num_pasaj := 12;
  if (pasaj_5min > 0.987188) and (pasaj_5min <= 0.994282) then
    num_pasaj := 13;
  if (pasaj_5min > 0.994282) and (pasaj_5min <= 0.997593) then
    num_pasaj := 14;
  if (pasaj_5min > 0.997593) and (pasaj_5min <= 0.999041) then
    num_pasaj := 15;
  if (pasaj_5min > 0.999041) and (pasaj_5min <= 0.999637) then
    num_pasaj := 16;
  if (pasaj_5min > 0.999637) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
    num_pasaj := 17;
end;
if ((crono_metro >= 10.31) and (crono_metro <= 11.30)) or
  ((crono_metro >= 21.31) and (crono_metro <= 22.30)) then
  begin
    if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.006738) then
      num_pasaj := 0;
    if (pasaj_5min > 0.006738) and (pasaj_5min <= 0.040428) then
      num_pasaj := 1;
    if (pasaj_5min > 0.040428) and (pasaj_5min <= 0.124652) then
      num_pasaj := 2;
    if (pasaj_5min > 0.124652) and (pasaj_5min <= 0.265026) then
      num_pasaj := 3;
    if (pasaj_5min > 0.265026) and (pasaj_5min <= 0.440493) then
      num_pasaj := 4;
    if (pasaj_5min > 0.440493) and (pasaj_5min <= 0.615960) then
      num_pasaj := 5;
    if (pasaj_5min > 0.615960) and (pasaj_5min <= 0.762183) then
      num_pasaj := 6;
    if (pasaj_5min > 0.762183) and (pasaj_5min <= 0.866628) then
      num_pasaj := 7;
    if (pasaj_5min > 0.866628) and (pasaj_5min <= 0.931906) then
      num_pasaj := 8;
    if (pasaj_5min > 0.931906) and (pasaj_5min <= 0.968172) then
      num_pasaj := 9;
    if (pasaj_5min > 0.968172) and (pasaj_5min <= 0.986305) then
      num_pasaj := 10;
```

```
if (pasaj_5min > 0.986305) and (pasaj_5min <= 0.994577) then
  num_pasaj := 11;
if (pasaj_5min > 0.994547) and (pasaj_5min <= 0.997981) then
  num_pasaj := 12;
if (pasaj_5min > 0.997981) and (pasaj_5min <= 0.999302) then
  num_pasaj := 13;
if (pasaj_5min > 0.999302) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
  num_pasaj := 14;
end;
if ((crono_netro >= 12.31) and (crono_metro <= 13.30)) or
((crono_metro >= 18.31) and (crono_metro <= 19.30)) then
begin
  if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.002479) then
    num_pasaj := 0;
  if (pasaj_5min > 0.002479) and (pasaj_5min <= 0.017352) then
    num_pasaj := 1;
  if (pasaj_5min > 0.017352) and (pasaj_5min <= 0.061970) then
    num_pasaj := 2;
  if (pasaj_5min > 0.061970) and (pasaj_5min <= 0.151205) then
    num_pasaj := 3;
  if (pasaj_5min > 0.151205) and (pasaj_5min <= 0.285058) then
    num_pasaj := 4;
  if (pasaj_5min > 0.285058) and (pasaj_5min <= 0.445681) then
    num_pasaj := 5;
  if (pasaj_5min > 0.445681) and (pasaj_5min <= 0.606304) then
    num_pasaj := 6;
  if (pasaj_5min > 0.606304) and (pasaj_5min <= 0.743981) then
    num_pasaj := 7;
  if (pasaj_5min > 0.743981) and (pasaj_5min <= 0.847239) then
    num_pasaj := 8;
  if (pasaj_5min > 0.847239) and (pasaj_5min <= 0.916077) then
    num_pasaj := 9;
  if (pasaj_5min > 0.916077) and (pasaj_5min <= 0.979909) then
    num_pasaj := 10;
  if (pasaj_5min > 0.979909) and (pasaj_5min <= 0.991173) then
    num_pasaj := 11;
  if (pasaj_5min > 0.991173) and (pasaj_5min <= 0.996372) then
    num_pasaj := 12;
  if (pasaj_5min > 0.996372) and (pasaj_5min <= 0.998600) then
    num_pasaj := 13;
  if (pasaj_5min > 0.998600) and (pasaj_5min <= 0.999491) then
    num_pasaj := 14;
  if (pasaj_5min > 0.999491) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
    num_pasaj := 15;
end;
```

```
if (crono_metro >= 13.31) and (crono_metro <= 14.30) then
begin
  if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000002) then
    num_pasaj := 0;
  if (pasaj_5min > 0.000002) and (pasaj_5min <= 0.000031) then
    num_pasaj := 1;
  if (pasaj_5min > 0.000031) and (pasaj_5min <= 0.000222) then
    num_pasaj := 2;
  if (pasaj_5min > 0.000222) and (pasaj_5min <= 0.001050) then
    num_pasaj := 3;
  if (pasaj_5min > 0.001050) and (pasaj_5min <= 0.003740) then
    num_pasaj := 4;
  if (pasaj_5min > 0.003740) and (pasaj_5min <= 0.010734) then
    num_pasaj := 5;
  if (pasaj_5min > 0.010734) and (pasaj_5min <= 0.025887) then
    num_pasaj := 6;
  if (pasaj_5min > 0.025887) and (pasaj_5min <= 0.054028) then
    num_pasaj := 7;
  if (pasaj_5min > 0.054028) and (pasaj_5min <= 0.099758) then
    num_pasaj := 8;
  if (pasaj_5min > 0.099758) and (pasaj_5min <= 0.165812) then
    num_pasaj := 9;
  if (pasaj_5min > 0.165812) and (pasaj_5min <= 0.251682) then
    num_pasaj := 10;
  if (pasaj_5min > 0.251682) and (pasaj_5min <= 0.353165) then
    num_pasaj := 11;
  if (pasaj_5min > 0.353165) and (pasaj_5min <= 0.463105) then
    num_pasaj := 12;
  if (pasaj_5min > 0.463105) and (pasaj_5min <= 0.573045) then
    num_pasaj := 13;
  if (pasaj_5min > 0.573045) and (pasaj_5min <= 0.675132) then
    num_pasaj := 14;
  if (pasaj_5min > 0.675132) and (pasaj_5min <= 0.763607) then
    num_pasaj := 15;
  if (pasaj_5min > 0.763607) and (pasaj_5min <= 0.835493) then
    num_pasaj := 16;
  if (pasaj_5min > 0.835493) and (pasaj_5min <= 0.890465) then
    num_pasaj := 17;
  if (pasaj_5min > 0.890465) and (pasaj_5min <= 0.930167) then
    num_pasaj := 18;
  if (pasaj_5min > 0.930167) and (pasaj_5min <= 0.957331) then
    num_pasaj := 19;
  if (pasaj_5min > 0.957331) and (pasaj_5min <= 0.974988) then
    num_pasaj := 20;
  if (pasaj_5min > 0.974988) and (pasaj_5min <= 0.985918) then
```

```
    num_pasaj := 21;
if (pasaj_5min > 0.985918) and (pasaj_5min <= 0.992377) then
    num_pasaj := 22;
if (pasaj_5min > 0.992377) and (pasaj_5min <= 0.996028) then
    num_pasaj := 23;
if (pasaj_5min > 0.996028) and (pasaj_5min <= 0.998005) then
    num_pasaj := 24;
if (pasaj_5min > 0.998005) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
    num_pasaj := 25;
end;
if (crono_metro >= 15.31) and (crono_metro <= 16.30) then
begin
    if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000123) then
        num_pasaj := 0;
    if (pasaj_5min > 0.000123) and (pasaj_5min <= 0.001234) then
        num_pasaj := 1;
    if (pasaj_5min > 0.001234) and (pasaj_5min <= 0.006232) then
        num_pasaj := 2;
    if (pasaj_5min > 0.006232) and (pasaj_5min <= 0.021226) then
        num_pasaj := 3;
    if (pasaj_5min > 0.021226) and (pasaj_5min <= 0.054963) then
        num_pasaj := 4;
    if (pasaj_5min > 0.054963) and (pasaj_5min <= 0.115690) then
        num_pasaj := 5;
    if (pasaj_5min > 0.115690) and (pasaj_5min <= 0.206780) then
        num_pasaj := 6;
    if (pasaj_5min > 0.206780) and (pasaj_5min <= 0.323896) then
        num_pasaj := 7;
    if (pasaj_5min > 0.323896) and (pasaj_5min <= 0.455652) then
        num_pasaj := 8;
    if (pasaj_5min > 0.455652) and (pasaj_5min <= 0.587408) then
        num_pasaj := 9;
    if (pasaj_5min > 0.587408) and (pasaj_5min <= 0.705988) then
        num_pasaj := 10;
    if (pasaj_5min > 0.705988) and (pasaj_5min <= 0.803008) then
        num_pasaj := 11;
    if (pasaj_5min > 0.803008) and (pasaj_5min <= 0.875773) then
        num_pasaj := 12;
    if (pasaj_5min > 0.875773) and (pasaj_5min <= 0.926149) then
        num_pasaj := 13;
    if (pasaj_5min > 0.926149) and (pasaj_5min <= 0.958533) then
        num_pasaj := 14;
    if (pasaj_5min > 0.958533) and (pasaj_5min <= 0.977964) then
        num_pasaj := 15;
    if (pasaj_5min > 0.977964) and (pasaj_5min <= 0.988894) then
```

```
num_pasaj := 16;
if (pasaj_5min > 0.988894) and (pasaj_5min <= 0.994680) then
  num_pasaj := 17;
if (pasaj_5min > 0.994680) and (pasaj_5min <= 0.997573) then
  num_pasaj := 18;
if (pasaj_5min > 0.997573) and (pasaj_5min <= 0.998943) then
  num_pasaj := 19;
if (pasaj_5min > 0.998943) and (pasaj_5min <= 0.999560) then
  num_pasaj := 20;
if (pasaj_5min > 0.999560) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
  num_pasaj := 21;
end;
if (crono_metro >= 16.31) and (crono_metro <= 17.30) then
  begin
    if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000017) then
      num_pasaj := 0;
    if (pasaj_5min > 0.000017) and (pasaj_5min <= 0.000201) then
      num_pasaj := 1;
    if (pasaj_5min > 0.000201) and (pasaj_5min <= 0.001211) then
      num_pasaj := 2;
    if (pasaj_5min > 0.001211) and (pasaj_5min <= 0.004916) then
      num_pasaj := 3;
    if (pasaj_5min > 0.004916) and (pasaj_5min <= 0.015105) then
      num_pasaj := 4;
    if (pasaj_5min > 0.015105) and (pasaj_5min <= 0.037520) then
      num_pasaj := 5;
    if (pasaj_5min > 0.037520) and (pasaj_5min <= 0.078615) then
      num_pasaj := 6;
    if (pasaj_5min > 0.078615) and (pasaj_5min <= 0.143192) then
      num_pasaj := 7;
    if (pasaj_5min > 0.143192) and (pasaj_5min <= 0.231986) then
      num_pasaj := 8;
    if (pasaj_5min > 0.231986) and (pasaj_5min <= 0.340512) then
      num_pasaj := 9;
    if (pasaj_5min > 0.340512) and (pasaj_5min <= 0.459890) then
      num_pasaj := 10;
    if (pasaj_5min > 0.459890) and (pasaj_5min <= 0.579268) then
      num_pasaj := 11;
    if (pasaj_5min > 0.579268) and (pasaj_5min <= 0.688698) then
      num_pasaj := 12;
    if (pasaj_5min > 0.688698) and (pasaj_5min <= 0.781293) then
      num_pasaj := 13;
    if (pasaj_5min > 0.781293) and (pasaj_5min <= 0.854046) then
      num_pasaj := 14;
    if (pasaj_5min > 0.854046) and (pasaj_5min <= 0.907398) then
```

```
    num_pasaj := 15;
    if (pasaj_5min > 0.907398) and (pasaj_5min <= 0.944078) then
        num_pasaj := 16;
    if (pasaj_5min > 0.944078) and (pasaj_5min <= 0.967812) then
        num_pasaj := 17;
    if (pasaj_5min > 0.967812) and (pasaj_5min <= 0.982316) then
        num_pasaj := 18;
    if (pasaj_5min > 0.982316) and (pasaj_5min <= 0.990713) then
        num_pasaj := 19;
    if (pasaj_5min > 0.990713) and (pasaj_5min <= 0.995331) then
        num_pasaj := 20;
    if (pasaj_5min > 0.995331) and (pasaj_5min <= 0.997750) then
        num_pasaj := 21;
    if (pasaj_5min > 0.997750) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
        num_pasaj := 22;
end;
    if (crono_metro >= 5.30) and (crono_metro <= 7.30) then
begin
    if (pasaj_5min > 0) and (pasaj_5min <= 0.000006) then
        num_pasaj := 0;
    if (pasaj_5min > 0.000006) and (pasaj_5min <= 0.000079) then
        num_pasaj := 1;
    if (pasaj_5min > 0.000079) and (pasaj_5min <= 0.000300) then
        num_pasaj := 2;
    if (pasaj_5min > 0.000300) and (pasaj_5min <= 0.002069) then
        num_pasaj := 3;
    if (pasaj_5min > 0.002069) and (pasaj_5min <= 0.007377) then
        num_pasaj := 4;
    if (pasaj_5min > 0.007377) and (pasaj_5min <= 0.020117) then
        num_pasaj := 5;
    if (pasaj_5min > 0.020117) and (pasaj_5min <= 0.045598) then
        num_pasaj := 6;
    if (pasaj_5min > 0.045598) and (pasaj_5min <= 0.089280) then
        num_pasaj := 7;
    if (pasaj_5min > 0.089280) and (pasaj_5min <= 0.154803) then
        num_pasaj := 8;
    if (pasaj_5min > 0.154803) and (pasaj_5min <= 0.242167) then
        num_pasaj := 9;
    if (pasaj_5min > 0.242167) and (pasaj_5min <= 0.346932) then
        num_pasaj := 10;
    if (pasaj_5min > 0.346932) and (pasaj_5min <= 0.461221) then
        num_pasaj := 11;
    if (pasaj_5min > 0.461221) and (pasaj_5min <= 0.575510) then
        num_pasaj := 12;
    if (pasaj_5min > 0.575510) and (pasaj_5min <= 0.681008) then
```



```

    num_pasaj := 13;
    if (pasaj_5min > 0.681008) and (pasaj_5min <= 0.771434) then
        num_pasaj := 14;
    if (pasaj_5min > 0.771434) and (pasaj_5min <= 0.843825) then
        num_pasaj := 15;
    if (pasaj_5min > 0.843825) and (pasaj_5min <= 0.898118) then
        num_pasaj := 16;
    if (pasaj_5min > 0.898118) and (pasaj_5min <= 0.936443) then
        num_pasaj := 17;
    if (pasaj_5min > 0.936443) and (pasaj_5min <= 0.961993) then
        num_pasaj := 18;
    if (pasaj_5min > 0.961993) and (pasaj_5min <= 0.978130) then
        num_pasaj := 19;
    if (pasaj_5min > 0.978130) and (pasaj_5min <= 0.987812) then
        num_pasaj := 20;
    if (pasaj_5min > 0.987812) and (pasaj_5min <= 0.993345) then
        num_pasaj := 21;
    if (pasaj_5min > 0.993345) and (pasaj_5min <= 0.996363) then
        num_pasaj := 22;
    if (pasaj_5min > 0.996363) and (pasaj_5min <= 0.997937) then
        num_pasaj := 23;
    if (pasaj_5min > 0.997937) and (pasaj_5min <= 0.998724) then
        num_pasaj := 24;
    if (pasaj_5min > 0.998724) and (pasaj_5min <= 0.999999) then
        num_pasaj := 25;
end;
end;

```

```

procedure gen_tserv;

```

```

var

```

```

    tiempo: real;

```

```

begin

```

```

    tiempo:=random;

```

```

    if (tempo_salida >= 5.30) and (tempo_salida <= 11.00) then

```

```

        begin

```

```

            if (tiempo > 0) and (tiempo <= 0.3085) then

```

```

                tempo_recor := 0.50;

```

```

            if (tiempo > 0.3085) and (tiempo <= 0.3662) then

```

```

                tempo_recor := 0.55;

```

```

            if (tiempo > 0.3662) and (tiempo <= 0.4168) then

```

```

                tempo_recor := 1.0;

```

```

            if (tiempo > 0.4168) and (tiempo <= 0.4761) then

```

```

                tempo_recor := 1.05;

```

```

            if (tiempo > 0.4761) and (tiempo <= 0.5359) then

```

```

                tempo_recor := 1.10;

```

```
if (tiempo > 0.5359) and (tiempo <= 0.5948) then
    tempo_recor := 1.15;
if (tiempo > 0.5948) and (tiempo <= 0.6480) then
    tempo_recor := 1.20;
if (tiempo > 0.6480) and (tiempo <= 0.9999) then
    tempo_recor := 1.25;
end;
if (tiempo_salida >= 11.01) and (tiempo_salida <= 16.30) then
    begin
        if (tiempo > 0.0000) and (tiempo <= 0.3520) then
            tempo_recor := 0.55;
        if (tiempo > 0.3520) and (tiempo <= 0.4013) then
            tempo_recor := 1.00;
        if (tiempo > 0.4013) and (tiempo <= 0.4483) then
            tempo_recor := 1.05;
        if (tiempo > 0.4483) and (tiempo <= 0.5517) then
            tempo_recor := 1.15;
        if (tiempo > 0.5517) and (tiempo <= 0.5987) then
            tempo_recor := 1.20;
        if (tiempo > 0.5987) and (tiempo <= 0.6480) then
            tempo_recor := 1.25;
        if (tiempo > 0.6480) and (tiempo <= 0.6915) then
            tempo_recor := 1.30;
        if (tiempo > 0.6915) and (tiempo <= 0.7357) then
            tempo_recor := 1.35;
        if (tiempo > 0.7357) and (tiempo <= 0.9999) then
            tempo_recor := 1.40;
    end;
if (tiempo_salida >= 16.31) and (tiempo_salida <= 18.00) then
    begin
        if (tiempo > 0.0000) and (tiempo <= 0.3372) then
            tempo_recor := 0.55;
        if (tiempo > 0.3372) and (tiempo <= 0.3707) then
            tempo_recor := 0.56;
        if (tiempo > 0.3707) and (tiempo <= 0.4013) then
            tempo_recor := 0.57;
        if (tiempo > 0.4013) and (tiempo <= 0.4325) then
            tempo_recor := 0.58;
        if (tiempo > 0.4325) and (tiempo <= 0.4681) then
            tempo_recor := 0.59;
        if (tiempo > 0.4681) and (tiempo <= 0.5319) then
            tempo_recor := 1.01;
        if (tiempo > 0.5319) and (tiempo <= 0.5675) then
            tempo_recor := 1.02;
        if (tiempo > 0.5675) and (tiempo <= 0.5987) then
```

```
    tempo_recor := 1.03;
  if (tiempo > 0.5987) and (tiempo <= 0.6293) then
    tempo_recor := 1.04;
  if (tiempo > 0.6293) and (tiempo <= 0.6628) then
    tempo_recor := 1.05;
  if (tiempo > 0.6628) and (tiempo <= 0.6915) then
    tempo_recor := 1.06;
  if (tiempo > 0.6915) and (tiempo <= 0.7190) then
    tempo_recor := 1.07;
  if (tiempo > 0.7190) and (tiempo <= 0.7486) then
    tempo_recor := 1.08;
  if (tiempo > 0.7486) and (tiempo <= 0.7734) then
    tempo_recor := 1.09;
  if (tiempo > 0.7734) and (tiempo <= 0.7967) then
    tempo_recor := 1.10;
  if (tiempo > 0.7967) and (tiempo <= 0.8212) then
    tempo_recor := 1.11;
  if (tiempo > 0.8212) and (tiempo <= 0.9999) then
    tempo_recor := 1.12;
end;
if (tempo_salida >= 18.01) and (tempo_salida <= 21.20) then
begin
  if (tiempo > 0.0000) and (tiempo <= 0.3409) then
    tempo_recor := 1.00;
  if (tiempo > 0.3409) and (tiempo <= 0.4052) then
    tempo_recor := 1.05;
  if (tiempo > 0.4052) and (tiempo <= 0.4721) then
    tempo_recor := 1.10;
  if (tiempo > 0.4721) and (tiempo <= 0.5398) then
    tempo_recor := 1.15;
  if (tiempo > 0.5398) and (tiempo <= 0.6103) then
    tempo_recor := 1.20;
  if (tiempo > 0.6103) and (tiempo <= 0.6736) then
    tempo_recor := 1.25;
  if (tiempo > 0.6736) and (tiempo <= 0.6985) then
    tempo_recor := 1.30;
  if (tiempo > 0.6985) and (tiempo <= 0.7852) then
    tempo_recor := 1.35;
  if (tiempo > 0.7852) and (tiempo <= 0.9999) then
    tempo_recor := 1.40;
end;
if (tempo_salida >= 21.21) then
  tempo_recor := 0.40
end;
```

```

procedure temp_salida;
var
  t : real;
begin
  tempo_salida := tempo_salida + salida_autobus;
  r:= frac(tempo_salida);
  if r >= 0.59999 then
    begin
      tempo_salida:= tempo_salida-r;
      t:= r-0.60;
      t:= t+1.0;
      tempo_salida:= tempo_salida+t;
    end;
  if tempo_regreso[indice]=0.0 then
    begin
      tempo_salida:= tempo_salida;
    end
  else
    begin
      if num_autobus > 1 then
        begin
          i:= 1;
          g[i] := tempo_regreso[i];
          min:= tempo_regreso[i];
          indice:=i;
          for i:= 2 to num_autobus do
            begin
              if min >= tempo_regreso[i] then
                begin
                  if tempo_regreso[i] < g[1] then
                    begin
                      min:= tempo_regreso[i];
                      indice:= i;
                      g[1]:= tempo_regreso[i];
                    end
                  else
                    min:= g[1];
                end;
            end;
          end;
          { SE AGREGO PARA MINUTOS REGULARES DE MIN }
          b:= frac(min);
          c:= b;
          b:= b*100;
          b:= round(b);
          d:= trunc(b);
        end;
      end;
    end;
end;

```

```
min:= min - c;  
a:= d/100;  
min:= min + a;  
{ FIN DE RUTINA MINUTOS REGULARES DE MIN }
```

```
if min <= crono_metro then tempo_salida:= min  
else tempo_salida:= tempo_salida;  
{ tempo_salida := min; }  
end  
else  
begin  
indice:= 1;  
tempo_salida:= tempo_regreso[indice];  
end;  
end;  
end;
```

```
{ SE AGREGO PARA QUE FUERAN MINUTOS REGULARES }  
p:= frac(tempo_salida);  
q:= p;  
p:= p*100;  
p:= round(p);  
t:= trunc(p);  
tempo_salida:= tempo_salida - q;  
o:= t/100;  
tempo_salida:=tempo_salida + o;  
{ FIN DE RUTINA DE MINUTOS REGULARES }
```

```
if (crono_metro >= tempo_salida) and (tempo_salida >= min) then  
begin  
if crono_metro > tempo_salida then tempo_salida:=crono_metro  
else tempo_salida:= tempo_salida;  
autobus_libre:= 1;  
end  
else  
begin  
if tempo_regreso[indice] > 0 then  
begin  
if r > 0.59999 then  
begin  
tempo_salida:= tempo_salida - t ;  
{ t:= t - 1.0;  
t:= r + 0.60; }  
tempo_salida:= tempo_salida + r;  
end;  
end;  
end;
```

```
    tempo_salida:= tempo_salida - salida_autobus;
    autobus_libre:= 0;
end;
end;
```

```
begin
  clrscr;
  randomize;
  vent_n;
  gotoxy(6,12);writeln("Cu ntos autobuses quieres simular? ");
  gotoxy(50,12);read(num_autobus);
  gotoxy(6,14);writeln("Cu ntos minutos durar la simulaci3n? ");
  gotoxy(50,14);read(num_min);
  gotoxy(6,16);writeln("A qu, hora quieres empezar? ");
  gotoxy(50,16);read(tempo_lleg);
  clrscr;
  writeln;
  writeln(' Hora Llegada Num Pasaj Salida Regresa Pasaj Esp ');
  writeln;
  inicializa;
  inicia := 0;
  autobus_libre := 1;
  tempo_ensalir:= 60/num_autobus;
  salida_autobus:= 0.60/num_autobus;
  crono_metro:= tempo_lleg;
  indice:= 1;
  unavez := 1;
  while ((terminar -inicia) < num_min) do
    begin
      if unavez = 1 then
        begin
          tempo_salida:=tempo_lleg;
        end
      else
        temp_salida;
        { s:= frac(tempo_salida);
          if (s >= 0.59999) and (s < 0.99999) then
            begin
              tempo_salida:= tempo_salida - s;
              s := s - 0.60;
              s := s + 1.0;
              tempo_salida:= tempo_salida + s;
            end; }
        { y:= frac(crono_metro);
```

```

y:= y*100;
y:= round(y);
z:= trunc(y);
x:= z mod 5; }
if x = 0 then
begin
  gen_pasaj5;
  tot_pasaj:= tot_pasaj + num_pasaj;
end;
if autobus_libre = 0 then
  pasaj_espera:= pasaj_espera + num_pasaj
else
begin
  gen_tserv;
  tempo_regreso[indice]:=tempo_salida + tempo_recor;
  { rutina para obtener minutos de .50 + .50 }
  u:= frac(tempo_salida);
  u:= u+tempo_recor;
  if (u >= 0.99999) and (u <= 1.18) then
  begin
    tempo_regreso[indice] := tempo_regreso[indice] - 0.60;
    tempo_regreso[indice] := tempo_regreso[indice] + 1.0;
  end;
  { fin de rutina para obtener minutos de .50 + .50 }
  r:= frac(tempo_regreso[indice]);
  if r >= 0.59999 then
  begin
    tempo_regreso[indice] := tempo_regreso[indice] - r;
    r := r - 0.60;
    r := r + 1.0;
    tempo_regreso[indice]:= tempo_regreso[indice] + r;
  end;
  gen_pasaj;
  tot_pasaj:= tot_pasaj + num_pasaj;
  gen_pasaj;
  tot_pasaj:= tot_pasaj + num_pasaj;
  checa_pasaj;
  pasaj_trans:= pasaj_trans + tot_pasaj - pasaj_espera;
end;
write(' ',crono_metro:5:2);
if (x = 0) or (autobus_libre = 1) then
  write(' ',tot_pasaj:5)
else
  write(' ',0:5);
if autobus_libre = 1 then

```

```

begin
  write(' ',tempo_salida:5:2);
  write(' ',tempo_regreso[indice]:5:2);
end
else
begin
  write(' ',0.0:5:2);
  write(' ',0.0:5:2);
end;
if (x = 0) or (autobus_libre = 1) then
  write(' ',pasaj_espera:5)
else
  write(' ',0:5);
writeln;
unavez := unavez + 1;
crono_metro:= crono_metro + 0.01;
y:= frac(crono_metro);
w:= y;
y:= y*100;
y:= round(y);
z:= trunc(y);
x:= z mod 5;
crono_metro:= crono_metro - w;
v:= y/100;
crono_metro:=crono_metro + v;
r:= frac(crono_metro);
if r >= 0.59999 then
begin
  crono_metro:= crono_metro - r ;
  r:= r - 0.60;
  r:= r + 1;
  crono_metro:= crono_metro + r;
end;
terminar := terminar + 1;
if autobus_libre > 0 then
begin
  tot_pasaj:= pasaj_espera;
  indice:= indice + 1;
  if tempo_regreso[indice] = 0 then indice:= indice
  else indice:= indice - 1;
  if indice > num_autobus then indice:= 1;
end
else
begin
  num_pasaj:= 0;

```



```
    { tot_pasaj:= 0; }  
    end;  
end;  
repeat until keypressed;  
write ('Pasajeros Transportados      ');  
write (pasaj_trans:5);  
end.  
□
```

## ANEXO B

### VALIDACIONES DE LA SIMULACION VALIDACION DEL GENERADOR DE NUMEROS ALEATORIOS

```
program frecuencias;
uses crt;
type
  arreglo = array[1..15] of real;
  arreglo1 = array[1..100] of real;
  arreglo2 = array[0..20] of real;
var
  num_intervalo,num_min,indice,semilla,unavez,j,n,k,g,u: integer;
  frecuen_cia,frec: arreglo;
  tabla_numalea: arreglo1;
  frec_obs: arreglo2;
  prob: arreglo2;
  sum,incia,tempo_ensalir,tempo_recor,tempo_esp,terminar,tempo_lleg:real;
  tempo_salida,frec2,r,y,s,z,estadist,x2,frecesp,t: real;
  alpha,beta,prob_n,teta,distancia:real;
  autobus_libre,num_pasaj,pasaj_espera,tot_pasaj : integer;
```

```
function potenc(d:integer;prb:real):real;
begin
  if d = 0 then potenc:=1
  else
    potenc:= prb * potenc(d-1,prb)
  end;
```

```
procedure vent_n;
var
  i : integer;
begin;
  gotoxy(2,0);write('E');
  gotoxy(2,0);
  for i:= 1 to 70 do
    write('I');
  gotoxy(72,0);write('»');
  for l:= 2 to 24 do
    begin
      gotoxy(1,i);write('°');
    end;
  gotoxy(1,25);write('E');
  for i:= 2 to 24 do
```

```

begin
  gotoxy(72,i);write('0');
end;
gotoxy(72,25);write('1/4');
gotoxy(2,25);
for i:= 1 to 70 do
  write('1');
end;

```

```

procedure inicializa;
begin
  r := 0.0;
  j := 0;
  y := 0.0;
  s := 0.0;
  sum := 0.0;
  g:= 0;
  u:= 0;
  for indice := 1 to num_intervalo + 1 do
    frecuen_cia[indice] := 0;
    prob[indice] := 0;
  for k:= 0 to num_intervalo do
    frec_obs[k]:=0;
  end;
end;

```

```

procedure max(var frec: arreglo1; var i: integer);
var
  k: integer;
  maximo: real;
begin
  maximo:= frec[1];
  for k:= 2 to i do
    if maximo < frec[k] then maximo:= frec[k];
  begin
    writeln;
    write ('Prueba de Kolmogorov-Smirnov: ', maximo:4:6);
    writeln;
  end;
end;
end;

```

```

procedure ord_frec(var frec: arreglo1; i:integer);
var
  k, intervalo: longint;
  temp : real;
  encontrado: boolean;

```

```

begin
intervalo:= abs(i) div 2;
repeat
repeat
encontrado:= false;
for k:= 1 to i - intervalo do
if frec[k] > frec[k + intervalo] then
begin
temp:= frec[k];
frec[k]:= frec[k + intervalo];
frec[k + intervalo]:= temp;
encontrado:= true;
end;
until not(encontrado);
intervalo:= intervalo div 2;
until intervalo = 0;
end;

```

```

procedure kol_smir(var frec: arreglo1; var i: integer);
var
k: integer;
begin
k:=1;
while(k <= i) do
begin
frec[k]:= abs(frec[k] - k/i);
k:= k + 1;
end;
end;

```

```

procedure promedio (var sum: real; var i:integer);
var
media,l:real;
begin
media:=sum/i;
l:=(media-1/2) * sqrt(i) / sqrt(1/12);
writeln('Prueba del promedio:', abs(l):4:6);writeln;
end;

```

```

procedure frecu_obs(var r:real; var frec_obs: arreglo2;
var g: integer);
begin
if (r > alpha) and (r <= beta) then
begin

```

```

if (u > 0) then
  frec_obs[g]:=frec_obs[g] + 1.0;
  g:= 0;
  u:=u+1;
end
else
begin
  if u > 0 then
    g:= g + 1;
  end;
end;
end;

```

```

begin
  clrscr;
  randomize;
  vent_n;
  gotoxy(6,12);writeln('Número de intervalos a utilizar? ');
  gotoxy(50,12);read(num_intervalo);
  gotoxy(6,14);writeln('Teclea el estadístico del # de intervalos');
  gotoxy(50,14);read(estadist);
  gotoxy(6,16);writeln('Teclea el valor de alfa y beta, beta > alfa');
  gotoxy(50,16);read(alpha);
  gotoxy(55,16);read(beta);
  clrscr;
  inicializa;
  { writeln;
  writeln;
  writeln(' Numero Intervalo Frecuencia ');
  writeln; }
  repeat
    r:= random;
    j:=j+1;
    tabla_numalea[j]:= r;
    s:=0.0000;
    z:=1/num_intervalo;
    y:=z;
    for indice:= 1 to num_intervalo do
      begin
        if (r > s) and (r <= y) then
          begin
            frecuen_cia[indice]:= frecuen_cia[indice] + 1.0;
            t:= frecuen_cia[indice];
            sum := sum + r;
            indice:=num_intervalo;
          end
        end
      end
    end
  end

```

```

else
  begin
    s:=y;
    y:=s+z;
  end;
end;
frecu_obs(r,frec_obs,g);
{ write(' ',r:0:5); }
{ writeln; }
until j >= 100;
j:=100;
frecesp:= 100.0/num_intervalo;
x2:=0.0;
for indice:= 1 to num_intervalo do
  begin
    writeln;
    { write(' ',indice:2); }
    { write(' ',frecuen_cia[indice]:5:2); }
    frec2:=sqr(frecuen_cia[indice]-frecesp);
    x2:=x2+frec2;
    writeln;
  end;
x2:=x2/frecesp;
writeln;
write ('Prueba de las frecuencias: ', x2:5:3);
writeln;
if (x2<=estadist) then
  write ('Si proviene de una distribucion uniforme')
else
  write ('No proviene de una distribucion uniforme');
writeln;
promedio(sum,j);
ord_frec(tabla_numalea,j);

{ for k:= 1 to j do
  begin
    write ('tabla ordenada', tabla_numalea[k]:8:5);
    writeln;
  end; }

kol_smir(tabla_numalea,j);
max(tabla_numalea,j);
teta:= beta-alpha;
for k:= 0 to num_intervalo-1 do
  begin

```

```
    prob[k]:= teta * potenc(k,1-teta);
end;
prob_n := potenc(num_intervalo,1-teta);
distancia:= prob_n;
for k:=1 to num_intervalo-1 do
    begin
        distancia:= prob[k] * frec_obs[k] + distancia;
    end;
    writeln;
    writeln ('Prueba de las distancias: ', distancia:4:6);
end.
```

## ANEXO C

### CORRIDAS DE LA SIMULACION

#### DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 1 AUTOBUS

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T. RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.2	0.5	0		
15	6.2	7.1	0.5	134	73	98
15	7.1	8	0.5	109	118	90
15	8	9.25	1.25	154	115	112
15	9.25	10.5	1.25	151	144	122
15	10.5	12.15	1.25	107	169	83
15	12.15	13.1	0.55	134	91	81
15	13.1	14.25	1.15	45	135	110
15	14.25	15.5	1.25	163	127	124
15	15.5	17.25	1.35	81	119	145
15	17.25	18.2	0.55	139	130	141
15	18.2	19.2	1	128	116	79
15	19.2	21	1.4	124	111	100
15	21	22.2	1.2	102	121	121
15	22.2	23	0.4	154	115	112

#### DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 2 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T. RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.2	0.5	110		
25	6	7.15	1.15	132		
15	6.2	7.3	1.1	139	73	98
25	7.15	8.05	0.5	138		
15	7.3	8.2	0.5	124	118	90
25	8.05	9.1	1.05	128		
15	8.2	9.45	1.25	115	115	112
25	9.1	10.05	0.55	128		
15	9.45	10.35	0.5	123	144	122
25	10.05	11.3	1.25	146		
15	10.35	11.25	0.5	108	169	83
15	11.25	12.2	0.55	139		
25	11.3	13.1	1.4	78	91	81
15	12.2	14	1.4	132		
25	13.1	14.05	0.55	75	135	110



15	14	15.4	1.4	152		
25	14.05	15.4	1.35	92	127	124
15	15.4	16.55	1.15	74		
25	15.41	16.46	1.05	65	119	145
25	16.46	17.41	0.55	134	130	141
15	16.55	18.07	1.12	143		
25	17.41	18.53	1.12	100		
15	18.07	19.47	1.4	110	116	79
25	18.53	20.13	1.2	115		
15	19.47	20.47	1	115	111	100
25	20.13	21.38	1.25	105		
15	20.47	21.47	1	120	121	121
25	21.38	22.18	0.4	95		
15	21.47	22.27	0.4	100	115	112
25	22.18	22.58	0.4	95		
15	22.27	23.07	0.4	110		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 3 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.55	1.25	122		
25	5.5	6.4	0.5	130		
30	6.1	7.05	0.55	85		
25	6.4	8.05	1.25	89	73	98
15	6.55	8.05	1.1	110		
30	7.05	8.45	1.4	103		
25	8.05	9.3	1.25	157	118	90
15	8.06	8.56	0.5	105		
30	8.45	10.1	1.25	97	115	112
15	8.56	9.46	0.5	80		
25	9.3	10.55	1.25	116	144	122
15	9.46	10.46	1	90		
30	10.1	11.35	1.25	103		
15	10.46	12.11	1.25	120	169	83
25	10.55	11.45	0.5	110		
30	11.35	13.15	1.4	137		
25	11.45	12.45	1	152		
15	12.11	13.41	1.3	150	91	81
25	12.45	13.4	0.55	103		
30	13.15	14.45	1.3	141	135	110
25	13.4	14.4	1	112		
15	13.41	15.11	1.3	105	127	124

12/2

25	14.4	15.35	0.55	122		
30	14.45	16.15	1.3	126		
15	15.11	16.16	1.05	150		
25	15.35	16.3	0.55	105	119	145
30	16.15	17.1	0.55	150		
15	16.16	17.31	1.15	150		
25	16.3	17.55	1.25	145	130	141
30	17.1	18.14	1.04	120		
15	17.31	18.32	1.01	105		
25	17.55	19.06	1.11	142	116	79
30	18.14	19.54	1.4	140		
15	18.32	19.42	1.1	100		
25	19.06	20.36	1.3	120	111	100
15	19.42	21.22	1.4	110		
30	19.54	21.04	1.1	125		
25	20.36	21.46	1.1	140	121	121
30	21.04	22.19	1.15	150		
15	21.22	22.02	0.4	85		
25	21.46	22.26	0.4	125	115	112
15	22.02	22.42	0.4	100		
25	22.19	22.59	0.4	90		
15	22.26	23.06	0.4	135		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 4 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.55	1.25	118		
25	5.45	6.35	0.5	122		
30	6	7.25	1.25	72		
35	6.15	7.05	0.5	108		
25	6.35	7.55	1.2	143	73	98
15	6.55	8.1	1.15	139		
35	7.05	8.25	1.2	110		
30	7.25	8.5	1.25	169		
25	7.55	9.15	1.2	121	118	90
15	8.1	9.35	1.25	144		
35	8.25	9.25	1	84		
30	8.5	10.1	1.2	147		
25	9.15	10.25	1.1	105		
35	9.25	10.5	1.25	87	115	112
15	9.35	10.3	0.55	145		
30	10.1	11.35	1.25	107		

25	10.25	11.35	1.1	106		
15	10.3	11.55	1.25	114	144	122
35	10.5	11.4	0.5	135		
30	11.35	12.5	1.15	157		
25	11.36	12.41	1.05	95	169	83
35	11.4	13.2	1.4	95		
15	11.55	12.5	0.55	112		
25	12.41	14.21	1.4	70	91	81
30	12.5	13.45	0.55	129		
15	12.51	14.31	1.4	100		
35	13.2	14.25	1.05	136	135	110
30	13.45	15.25	1.4	151		
25	14.21	15.16	0.55	145		
35	14.25	15.2	0.55	160	127	124
15	14.31	15.26	0.55	155		
25	15.16	16.11	0.55	110		
35	15.2	16.5	1.3	193		
30	15.25	17.05	1.4	119	119	145
15	15.26	16.26	1	115		
25	16.11	17.06	0.55	95		
15	16.26	17.21	0.55	120		
35	16.5	17.45	0.55	85	130	141
30	17.05	18.49	1.44	109		
25	17.06	18.01	0.55	115		
15	17.21	18.2	0.59	120		
35	17.45	18.46	1.01	96	116	79
25	18.01	19.41	1.4	55		
15	18.2	19.3	1.1	131		
35	18.46	20.01	1.15	120		
30	18.49	20.29	1.4	125	111	100
15	19.3	20.5	1.2	127		
25	19.41	20.41	1	90		
35	20.01	21.41	1.4	80		
30	20.29	21.34	1.05	115	121	121
25	20.41	21.41	1	115		
15	20.5	21.5	1	115		
30	21.34	22.14	0.4	135		
25	21.41	22.21	0.4	95		
35	21.42	22.22	0.4	125	115	112
15	21.5	22.3	0.4	135		
30	22.14	22.54	0.4	145		
25	22.21	23.01	0.4	75		
35	22.22	23.02	0.4	105		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 5 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.35	1.05	118		
25	5.42	6.32	0.5	100		
30	5.54	7.19	1.25	130		
35	6.06	7.51	1.45	120		
40	6.18	7.08	0.5	105		
25	6.32	7.22	0.5	125	73	98
15	6.35	7.4	1.05	155		
40	7.08	8.33	1.25	120		
30	7.19	8.09	0.5	115		
25	7.22	8.17	0.55	130		
15	7.4	9.05	1.25	113	118	90
35	7.51	9.16	1.25	120		
30	8.09	8.59	0.5	120		
25	8.17	9.32	1.15	155		
40	8.33	9.58	1.25	105	115	112
30	8.59	10.24	1.25	105		
15	9.05	10	0.55	163		
35	9.16	10.11	0.55	115		
25	9.32	10.57	1.25	105	144	122
40	9.58	10.58	1	120		
15	10	10.5	0.5	110		
35	10.11	11.56	0.55	90		
30	10.24	11.14	0.5	100	169	83
15	10.5	11.55	1.05	119		
25	10.57	12.22	1.25	125		
40	10.58	12.23	1.25	110		
30	11.14	12.54	1.4	120		
15	11.55	12.5	0.55	143	91	81
35	11.56	13.36	1.4	105		
25	12.22	13.27	1.05	125		
40	12.23	14.03	1.4	115		
15	12.5	14.3	1.4	150	135	110
30	12.54	13.49	0.55	115		
25	13.27	14.22	0.55	100		
35	13.36	14.31	0.55	115		
30	13.49	14.44	0.55	105	127	124
40	14.03	14.58	0.55	140		
25	14.22	15.47	1.25	125		

15	14.3	16.05	1.35	135		
35	14.31	15.56	1.25	105		
30	14.44	16.24	1.4	90		
40	14.58	15.53	0.55	155	119	145
25	15.47	17.17	1.3	75		
40	15.53	17.33	1.4	100		
35	15.56	17.36	1.4	75		
15	16.05	17	0.55	119		
30	16.24	17.29	1.05	130		
15	17	18.41	1.41	89	130	141
25	17.17	18.12	0.55	80		
30	17.29	18.24	0.55	110		
40	17.33	18.32	0.59	135		
35	17.36	18.35	0.59	85	116	79
25	18.12	19.22	1.1	100		
30	18.24	19.24	1	90		
40	18.32	20.12	1.4	140		
35	18.35	19.35	1	130		
15	18.41	20.16	1.3	150	111	100
25	19.22	20.57	1.25	125		
30	19.24	20.29	1.05	95		
35	19.35	21	1.25	102		
40	20.12	21.32	1.2	105		
15	20.16	21.21	1.05	130		
30	20.29	21.29	1	155	121	121
25	20.57	22.22	1.25	90		
35	21	22.5	1.5	151		
15	21.21	22.01	0.4	80		
30	21.29	22.09	0.4	125		
40	21.32	22.12	0.4	185		
15	22.01	22.41	0.4	120	115	112
30	22.09	22.49	0.4	115		
40	22.12	22.52	0.4	110		
25	22.22	23.02	0.4	95		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 6 AUTOBUSES

UNIDAD SALIDA LLEGADA T.RECOR ESTIMADO REAL 1995 REAL 1994

15	5.3	6.55	1.25	140		
25	5.4	6.3	0.5	102		
30	5.5	6.4	0.5	139		
35	6	7.55	1.55	126		

40	6.1	7	0.5	96		
45	6.2	7.1	0.5	164		
25	6.3	7.2	0.5	110	73	98
30	6.4	7.3	0.5	98		
15	6.55	8.2	1.25	110		
40	7	8.55	1.55	130		
45	7.1	8.35	1.25	128		
25	7.2	8.45	1.25	112		
30	7.3	8.35	1.05	124	118	90
35	7.55	9.2	1.25	159		
15	8.2	9.45	1.25	142		
45	8.35	9.3	0.55	130		
30	8.36	9.36	1	100	115	112
25	8.45	9.35	0.5	143		
40	8.55	9.5	0.55	119		
35	9.2	10.2	1	164		
45	9.3	10.55	1.25	112		
25	9.35	10.25	0.5	133	144	122
30	9.36	10.36	1	95		
15	9.45	10.35	0.5	115		
40	9.5	10.4	0.5	117		
35	10.2	11.15	0.55	121		
25	10.25	11.15	0.5	93		
15	10.35	12	1.25	155	169	83
30	10.36	11.31	0.55	80		
40	10.4	12.05	1.25	107		
45	10.55	11.45	0.5	97		
35	11.15	12.35	1.2	90		
25	11.16	12.21	1.05	95		
30	11.31	13.11	1.4	135	91	81
45	11.45	13.25	1.4	142		
15	12	12.55	0.55	92		
40	12.05	13	0.55	103		
25	12.21	14.01	1.4	140		
35	12.35	13.3	0.55	101		
15	12.55	13.5	0.55	51	135	110
40	13	14.2	1.2	137		
30	13.11	14.51	1.4	95		
45	13.25	14.45	1.2	128		
35	13.3	15.1	1.4	121		
15	13.5	15.25	1.35	107	127	124
25	14.01	15.36	1.35	115		
40	14.2	15.35	1.15	176		

45	14.45	16.25	1.4	86		
30	14.51	15.46	0.55	115		
35	15.1	16.05	0.55	129	119	145
15	15.25	16.5	1.25	134		
40	15.35	16.3	0.55	152		
25	15.36	16.31	0.55	190		
30	15.46	17.21	1.35	105		
35	16.05	17.2	1.15	139		
45	16.25	17.5	1.25	97		
40	16.3	17.25	0.55	173		
25	16.31	17.43	1.12	105		
15	16.5	17.55	1.05	143	130	141
35	17.2	18.22	1.02	71		
30	17.21	18.33	1.12	170		
40	17.25	18.37	1.12	137		
25	17.43	18.38	0.55	80	116	79
45	17.5	19.02	1.12	106		
15	17.55	18.52	0.57	77		
35	18.22	19.22	1	90		
30	18.33	19.43	1.1	155		
40	18.37	20.07	1.3	105		
25	18.38	19.53	1.15	100	111	100
15	18.52	19.57	1.05	145		
45	19.02	20.27	1.25	140		
35	19.22	20.42	1.2	60		
30	19.43	21.23	1.4	45		
25	19.53	21.13	1.2	115		
15	19.57	21.12	1.15	105		
40	20.07	21.47	1.4	120		
45	20.27	21.27	1	60	121	121
35	20.42	22.07	1.25	140		
15	21.12	22.52	0.4	70		
25	21.13	22.53	0.4	135		
30	21.23	22.03	0.4	110		
45	21.27	22.07	0.4	110		
40	21.47	22.27	0.4	110	115	112
30	22.03	22.43	0.4	95		
35	22.07	22.47	0.4	90		
45	22.08	22.48	0.4	110		
40	22.27	23.07	0.4	105		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 7 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.2	0.5	146		
25	5.39	6.54	1.15	100		
30	5.48	7.13	1.25	115		
35	5.57	7.22	1.25	130		
40	6.06	7.31	1.25	135		
45	6.15	7.05	0.5	122		
50	6.24	7.14	0.5	100		
15	6.25	7.5	1.25	71	73	98
25	6.54	7.49	0.55	75		
45	7.05	8.45	1.4	91		
30	7.13	8.58	1.45	120		
50	7.14	8.04	0.5	95		
35	7.22	8.37	1.15	145		
40	7.31	8.56	1.25	110	118	90
25	7.49	9.14	1.25	80		
15	7.5	9.15	1.25	110		
50	8.04	8.54	0.5	120		
35	8.37	9.32	0.55	105	115	112
45	8.45	10	1.15	106		
50	8.54	10.19	1.25	90		
40	8.56	10.16	1.2	105		
30	8.58	10.23	1.25	120		
25	9.14	10.04	0.5	125		
15	9.15	10.4	1.25	97		
35	9.32	10.57	1.25	100	144	122
45	10	10.5	0.5	143		
25	10.04	10.54	0.5	85		
40	10.16	11.41	1.25	120		
50	10.19	11.39	1.2	90		
30	10.23	11.48	1.25	110		
15	10.4	12.05	1.25	105	169	83
45	10.5	11.4	0.5	116		
25	10.54	12.19	1.25	135		
35	10.57	11.47	0.5	90		
50	11.39	12.34	0.55	160		
45	11.4	12.35	0.55	107		
40	11.41	13.21	1.4	105	91	81
35	11.47	13.02	1.15	115		
30	11.48	13.03	1.15	105		



15	12.05	13.45	1.4	84		
25	12.19	13.14	0.55	110		
50	12.34	13.29	0.55	130		
45	12.35	13.3	0.55	111		
35	13.02	14.42	1.4	100	135	110
30	13.03	13.58	0.55	140		
25	13.14	14.09	0.55	95		
40	13.21	15.01	1.4	170		
50	13.29	14.44	1.15	105		
45	13.3	14.3	1	160		
15	13.45	14.4	0.55	89		
30	13.58	14.53	0.55	95	127	124
25	14.09	15.04	0.55	95		
45	14.3	16.1	1.4	113		
15	14.4	15.45	1.05	85		
35	14.42	15.37	0.55	135		
50	14.44	16.24	1.4	140		
30	14.53	16.33	1.4	155		
40	15.01	15.56	0.55	115	119	145
25	15.04	15.59	0.55	100		
35	15.37	16.37	1	115		
15	15.45	17	1.15	126		
40	15.56	16.51	0.55	50		
25	15.59	16.54	0.55	115		
45	16.1	17.05	0.55	171		
50	16.24	17.19	0.55	120		
30	16.33	17.28	0.55	175		
35	16.37	17.32	0.55	130		
40	16.51	17.46	0.55	80	130	141
25	16.54	17.55	1.01	85		
15	17	18.47	1.47	101		
45	17.05	18.46	1.41	134		
50	17.19	18.14	0.55	95		
30	17.28	18.31	1.03	135		
35	17.32	18.42	1.1	95		
40	17.46	18.56	1.1	105	116	79
25	17.55	19.05	1.1	92		
50	18.14	19.54	1.4	95		
30	18.31	19.41	1.1	85		
35	18.42	19.42	1	80		
45	18.46	20.11	1.25	115		
15	18.47	20.27	1.4	135	111	100
40	18.56	19.56	1	70		

25	19.05	20.45	1.4	63		
30	19.41	20.51	1.1	90		
35	19.42	21.22	1.4	100		
50	19.54	21.14	1.2	125		
40	19.56	20.56	1	170		
45	20.11	21.46	1.35	110		
15	20.27	22.07	1.4	75	121	121
25	20.45	21.5	1.05	72		
30	20.51	22.26	1.35	165		
40	20.56	21.56	1	140		
50	21.14	22.44	1.3	100		
35	21.22	22.02	0.4	155		
45	21.46	22.26	0.4	85	115	112
25	21.5	22.3	0.4	152		
40	21.56	22.36	0.4	110		
35	22.02	22.42	0.4	115		
15	22.07	22.47	0.4	136		
30	22.26	23.06	0.4	150		
45	22.27	23.07	0.4	120		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 8 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.3	1	136		
25	5.38	7.03	1.25	105		
30	5.45	6.4	0.55	153		
35	5.52	7.17	1.25	115		
40	6	6.5	0.5	144		
45	6.07	7.32	1.25	125		
50	6.14	7.39	1.25	155		
55	6.21	7.11	0.5	90		
15	6.3	7.3	1	91	73	98
30	6.4	7.45	1.05	130		
40	6.5	8.05	1.15	94		
25	7.03	7.53	0.5	105		
55	7.11	8.21	1.1	80		
35	7.17	8.12	0.55	125		
15	7.3	8.55	1.25	89		
45	7.32	8.57	1.25	100	118	90
50	7.39	8.59	1.2	80		
30	7.45	9.1	1.25	105		
25	7.53	8.43	0.5	115		

40	8.05	9.3	1.25	134		
35	8.12	9.37	1.25	90		
55	8.21	9.11	0.5	80		
25	8.43	9.58	1.15	90	115	112
15	8.55	9.55	1	156		
45	8.57	10.22	1.25	130		
50	8.59	9.49	0.5	100		
30	9.1	10.35	1.25	133		
55	9.11	10.01	0.5	85		
40	9.3	10.35	1.05	106		
35	9.37	11.02	1.25	115	144	122
50	9.49	10.39	0.5	115		
15	9.55	10.55	1	105		
25	9.58	10.58	1	110		
55	10.01	11.26	1.25	110		
45	10.22	11.12	0.5	70		
30	10.35	11.45	1.1	75		
40	10.36	12.01	1.25	115		
50	10.39	11.49	1.1	115	169	83
15	10.55	11.45	0.5	165		
25	10.58	12.08	1.1	125		
35	11.02	12.42	1.4	95		
45	11.12	12.07	0.55	105		
55	11.26	12.31	1.05	125		
15	11.45	13	1.15	146		
30	11.46	13.06	1.2	145	91	81
50	11.49	12.44	0.55	145		
40	12.01	12.56	0.55	95		
45	12.07	13.52	1.45	135		
25	12.08	13.03	0.55	115		
55	12.31	13.26	0.55	120		
35	12.42	13.37	0.55	90		
50	12.44	13.59	1.15	45		
40	12.56	13.56	1	150		
15	13	14.4	1.4	68		
25	13.03	14.43	1.4	135	135	110
30	13.06	14.01	0.55	125		
55	13.26	14.46	1.2	115		
35	13.37	15.17	1.4	140		
45	13.52	15.22	1.3	80		
40	13.56	14.51	0.55	115		
50	13.59	14.54	0.55	115		
30	14.01	15.26	1.25	125	127	124

15	14.4	15.4	1	106		
25	14.43	15.58	1.15	155		
55	14.46	15.41	0.55	125		
40	14.51	15.46	0.55	95		
50	14.54	16.34	1.4	120		
35	15.17	16.37	1.2	115	119	145
45	15.22	16.37	1.15	135		
30	15.26	17.06	1.4	110		
15	15.4	16.35	0.55	129		
55	15.41	17.06	1.25	110		
40	15.46	17.21	1.35	75		
25	15.58	17.38	1.4	150		
50	16.34	17.3	0.56	65		
15	16.35	17.36	1.01	106		
35	16.37	17.32	0.55	95		
45	16.38	17.39	1.01	125		
30	17.06	18.01	0.55	50	130	141
55	17.07	18.02	0.55	65		
40	17.21	18.17	0.56	85		
50	17.3	18.31	1.01	150		
35	17.32	18.27	0.55	145		
15	17.36	18.31	0.55	129		
25	17.38	18.33	0.55	70		
45	17.39	18.48	1.09	165		
30	18.01	19.21	1.2	105	116	79
55	18.02	19.42	1.4	115		
40	18.17	19.57	1.4	120		
35	18.27	19.27	1	60		
50	18.31	19.31	1	110		
15	18.32	19.52	1.2	85		
25	18.33	20.13	1.4	100		
45	18.48	19.48	1	130	111	100
30	19.21	20.56	1.35	105		
35	19.27	21.07	1.4	85		
50	19.31	20.31	1	130		
55	19.42	20.42	1	115		
45	19.48	20.53	1.05	100		
15	19.52	20.57	1.05	80		
40	19.57	21.37	1.4	75		
25	20.13	21.53	1.4	95		
50	20.31	21.46	1.15	85	121	121
55	20.42	21.42	1	130		
45	20.53	22.13	1.2	135		

30	20.56	22.36	1.4	95		
15	20.57	22.07	1.1	80		
35	21.07	22.52	1.45	130		
40	21.37	22.17	0.4	120		
55	21.42	22.22	0.4	130		
50	21.46	22.26	0.4	135	115	112
25	21.53	22.33	0.4	100		
15	22.07	22.47	0.4	90		
45	22.13	22.53	0.4	115		
40	22.17	22.57	0.4	150		
55	22.22	23.02	0.4	95		
50	22.26	23.06	0.4	75		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 9 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.4	1.1	104		
25	5.37	6.47	1.1	115		
30	5.44	6.59	1.15	95		
35	5.51	6.41	0.5	100		
40	5.58	7.23	1.25	105		
45	6.05	6.55	0.5	137		
50	6.12	7.37	1.25	110		
55	6.19	7.44	1.25	110		
60	6.26	7.26	1	110		
15	6.4	8.05	1.25	111	73	98
35	6.41	8.06	1.25	120		
25	6.47	7.37	0.5	140		
45	6.55	7.45	0.5	150		
30	6.59	8.24	1.25	110		
40	7.23	8.48	1.25	110		
60	7.26	8.51	1.25	85		
50	7.37	8.27	0.5	125	118	90
25	7.38	8.53	1.15	85		
55	7.44	8.54	1.1	85		
45	7.45	8.35	0.5	127		
15	8.05	9.2	1.15	132		
35	8.06	8.56	0.5	125		
30	8.24	9.14	0.5	145		
50	8.27	9.52	1.25	110		
45	8.35	9.55	1.2	113		
40	8.48	10.13	1.25	95	115	112
60	8.51	10.06	1.15	125		

25	8.53	9.53	1	160		
55	8.54	9.44	0.5	115		
35	8.56	9.51	0.55	145		
30	9.14	10.39	1.25	115		
15	9.2	10.1	0.5	108		
55	9.44	11.04	1.2	110	144	122
35	9.51	10.56	1.05	85		
50	9.52	10.57	1.05	80		
25	9.53	11.03	1.1	70		
45	9.55	11.2	1.25	93		
60	10.06	11.31	1.25	105		
15	10.1	11	0.5	123		
40	10.13	11.23	1.1	120		
30	10.39	12.04	1.25	75	169	83
35	10.56	12.21	1.25	105		
50	10.57	12.22	1.25	95		
15	11	12.25	1.25	128		
25	11.03	11.58	0.55	135		
55	11.04	12.44	1.4	95		
45	11.2	12.35	1.15	136		
40	11.23	13.03	1.4	110		
60	11.31	12.26	0.55	125	91	81
25	11.58	13.38	1.4	185		
30	12.04	12.59	0.55	135		
35	12.21	14.01	1.4	105		
50	12.22	13.17	0.55	45		
15	12.25	14.05	1.4	162		
60	12.26	14.06	1.4	105		
45	12.35	14.15	1.4	78		
55	12.44	13.59	1.15	105		
30	12.59	14.39	1.4	120		
40	13.03	14.23	1.2	175	135	110
50	13.17	14.12	0.55	95		
25	13.38	15.08	1.3	165		
55	13.59	15.39	1.4	115		
35	14.01	15.56	1.55	100		
15	14.05	15	0.55	140		
60	14.06	15.01	0.55	160		
50	14.12	15.52	1.4	75		
45	14.15	15.45	1.3	131	127	124
40	14.23	15.23	1	80		
30	14.39	15.39	1	120		
15	15	15.55	0.55	142		

60	15.01	16.36	1.35	95		
25	15.08	16.03	0.55	95		
40	15.23	16.18	0.55	115		
30	15.39	16.34	0.55	95	119	145
55	15.4	16.35	0.55	122		
45	15.45	17.25	1.4	91		
50	15.52	16.52	1	125		
15	15.55	16.5	0.55	120		
35	15.56	17.01	1.05	165		
25	16.03	17.58	1.55	140		
40	16.18	17.58	1.4	100		
30	16.34	17.29	0.55	115		
55	16.35	17.4	1.05	146		
60	16.36	17.48	1.12	110		
15	16.5	17.53	1.03	143		
50	16.52	18.02	1.1	90		
35	17.01	18.52	1.51	115	130	141
45	17.25	18.37	1.12	120		
30	17.29	18.24	0.55	95		
55	17.4	18.35	0.55	85		
60	17.48	18.43	0.55	135		
15	17.53	18.57	1.04	110		
25	17.58	18.57	0.59	140		
40	17.59	19.11	1.12	110		
50	18.02	19.42	1.4	125	116	79
30	18.24	19.24	1	95		
55	18.35	19.35	1	119		
45	18.37	19.42	1.05	80		
60	18.43	19.53	1.1	80		
35	18.52	20.32	1.4	80		
15	18.57	20.07	1.1	90		
25	18.58	20.08	1.1	80		
40	19.11	20.51	1.4	155	111	100
30	19.24	20.49	1.25	135		
55	19.35	21	1.25	107		
45	19.42	21.17	1.35	85		
50	19.43	21.18	1.35	155		
60	19.53	20.53	1	105		
15	20.07	21.52	1.45	130		
25	20.08	21.48	1.4	130		
35	20.32	21.37	1.05	120	121	121
30	20.49	22.19	1.3	125		
40	20.51	21.51	1	115		

60	20.53	21.53	1	20		
55	21	22.4	1.4	139		
45	21.17	22.27	1.1	100		
50	21.18	22.38	1.2	125		
35	21.37	22.17	0.4	70		
25	21.48	22.28	0.4	85		
40	21.51	22.31	0.4	95		
15	21.52	22.32	0.4	120		
60	21.53	22.33	0.4	145	115	112
35	22.17	22.57	0.4	120		
30	22.19	22.59	0.4	105		
45	22.27	23.07	0.4	155		
25	22.28	23.08	0.4	120		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 10 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.45	1.15	120		
25	5.36	7.01	1.25	85		
30	5.42	7.07	1.25	140		
35	5.48	7.08	1.2	115		
40	5.54	6.44	0.5	100		
45	6	7.25	1.25	140		
50	6.06	6.56	0.5	105		
55	6.12	7.02	0.5	105		
60	6.18	7.08	0.5	125		
65	6.24	7.49	1.25	135		
40	6.44	7.59	1.15	95	73	98
15	6.45	7.35	0.5	120		
50	6.56	8.21	1.25	105		
25	7.01	8.56	1.55	130		
55	7.02	8.27	1.25	105		
30	7.07	8.32	1.25	75		
35	7.08	8.53	1.45	110		
60	7.09	8.19	1.1	110		
45	7.25	8.25	1	96		
15	7.35	9	1.25	91	118	90
65	7.49	9.14	1.25	110		
40	7.59	9.24	1.25	95		
60	8.19	9.09	0.5	125		
50	8.21	9.46	1.25	125		
45	8.25	9.35	1.1	113		



55	8.27	9.52	1.25	115		
30	8.32	9.42	1.1	95		
35	8.53	10.18	1.25	130		
25	8.56	9.46	0.5	100	115	112
15	9	10.25	1.25	129		
60	9.09	10.24	1.15	75		
65	9.14	10.39	1.25	80		
40	9.24	10.49	1.25	105		
45	9.35	10.25	0.5	98		
30	9.42	11.07	1.25	120		
25	9.46	10.36	0.5	140	144	122
50	9.47	11.12	1.25	95		
55	9.52	10.57	1.05	115		
35	10.18	11.13	0.55	130		
60	10.24	11.49	1.25	60		
15	10.25	11.15	0.5	148		
45	10.26	11.41	1.25	130		
25	10.36	11.26	0.5	85		
65	10.39	12.04	1.25	120		
40	10.49	12.14	1.25	160	169	83
55	10.57	11.47	0.5	110		
30	11.07	12.02	0.55	150		
50	11.12	12.07	0.55	135		
35	11.13	12.28	1.15	160		
15	11.15	12.55	1.4	132		
25	11.26	12.21	0.55	105		
45	11.41	13.21	1.4	135		
55	11.47	12.42	0.55	110	91	81
60	11.49	12.44	0.55	130		
30	12.02	13.57	0.55	130		
65	12.04	13.19	1.15	95		
50	12.07	13.02	0.55	130		
40	12.14	13.54	1.4	115		
25	12.21	14.01	1.4	55		
35	12.28	13.33	1.05	115		
55	12.42	13.47	1.05	120		
60	12.44	13.39	0.55	125		
15	12.55	14.1	1.15	104		
50	13.02	13.57	0.55	80		
65	13.19	14.59	1.4	135	135	110
45	13.21	14.46	1.25	80		
35	13.33	14.48	1.15	115		
60	13.39	14.39	1	85		

				90		
55	13.47	15.27	1.4	105		
40	13.54	14.49	0.55	115		
30	13.57	14.52	0.55	95		
50	13.58	14.53	0.55	115		
25	14.01	15.21	1.2	106	127	124
15	14.1	15.45	1.35	90		
60	14.39	16.19	1.4	150		
45	14.46	15.51	1.05	105		
35	14.48	16.18	1.3	115		
40	14.49	15.44	0.55	120		
30	14.52	16.32	1.4	95		
50	14.53	15.48	0.55	125		
65	14.59	15.54	0.55	110		
25	15.21	17.01	1.4	85	119	145
55	15.27	16.22	0.55	80		
40	15.44	16.49	1.05	151		
15	15.45	17.2	1.35	100		
50	15.48	17.08	1.2	80		
45	15.51	17.16	1.25	80		
65	15.54	16.59	1.05	80		
35	16.18	17.58	1.4	105		
60	16.19	17.14	0.55	95		
55	16.22	17.27	1.05	145		
30	16.32	17.27	0.55	125		
40	16.49	17.53	1.04	75		
65	16.59	18.02	1.03	125		
25	17.01	17.56	0.55	130		
50	17.08	18.58	1.5	120	130	141
60	17.14	18.26	1.12	130		
45	17.16	18.11	0.55	120		
15	17.2	18.32	1.12	133		
55	17.27	18.39	1.12	115		
30	17.28	18.37	1.09	105		
40	17.53	18.55	1.02	105		
25	17.56	19.08	1.12	65		
35	17.58	18.55	0.57	110		
65	18.02	19.32	1.3	115	116	79
45	18.11	19.51	1.4	160		
60	18.26	19.26	1	110		
15	18.32	19.32	1	70		
30	18.37	19.37	1	95		
55	18.39	20.19	1.4	110		
40	18.55	20.15	1.2	113		

35	18.56	20.36	1.4	110		
50	18.58	20.13	1.15	130		
25	19.08	20.58	1.5	145	111	100
60	19.26	20.26	1	80		
65	19.32	20.32	1	70		
15	19.33	20.53	1.2	135		
30	19.37	21.12	1.35	135		
45	19.51	21.31	1.4	120		
50	20.13	21.48	1.35	105		
40	20.15	21.4	1.25	131		
55	20.19	21.59	1.4	95		
60	20.26	21.41	1.25	100		
65	20.32	21.57	1.25	130	121	121
35	20.36	21.36	1	145		
15	20.53	22.28	1.35	145		
25	20.58	21.58	1	165		
30	21.12	22.57	1.45	165		
45	21.31	22.11	0.4	155		
35	21.36	22.16	0.4	105		
40	21.4	22.2	0.4	56		
60	21.41	22.21	0.4	90		
50	21.48	22.28	0.4	130		
65	21.57	22.37	0.4	75		
25	21.58	22.38	0.4	135		
55	21.59	22.39	0.4	80	115	112
45	22.11	22.51	0.4	125		
35	22.16	22.56	0.4	100		
40	22.2	23	0.4	98		
60	22.21	23.01	0.4	140		
15	22.28	23.08	0.4	75		
50	22.29	23.09	0.4	120		

DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 11 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.2	0.5	104		
25	5.35	7	1.25	118		
30	5.4	7.05	1.25	119		
35	5.45	6.55	1.1	91		
40	5.5	7.15	1.25	153		
45	5.55	7.2	1.25	117		
50	6	7.25	1.25	127		

55	6.05	6.55	0.5	129		
60	6.1	7.05	0.55	82		
65	6.15	7.4	1.25	135		
70	6.2	7.45	1.25	97		
15	6.21	7.46	1.25	120	73	98
35	6.55	7.45	0.5	136		
55	6.56	7.46	0.5	100		
25	7	8.25	1.25	115		
30	7.05	7.55	0.5	107		
60	7.06	7.56	0.5	95		
40	7.15	8.05	0.5	127		
45	7.2	8.4	1.2	94		
50	7.25	8.2	0.55	150		
65	7.4	8.4	1	131	118	90
70	7.45	8.35	0.5	96		
35	7.46	9.11	1.25	115		
15	7.47	9.12	1.25	85		
55	7.48	9.13	1.25	90		
30	7.55	9	1.05	112		
60	7.56	8.46	0.5	95		
40	8.05	9.3	1.25	123		
50	8.2	9.25	1.05	64		
25	8.25	9.15	0.5	126		
70	8.35	9.3	0.55	92		
45	8.4	9.3	0.5	149	115	112
65	8.41	9.56	1.15	75		
60	8.46	9.56	1.1	120		
30	9	10.45	1.45	146		
35	9.11	10.36	1.25	125		
15	9.12	10.07	0.55	105		
55	9.13	10.33	1.2	90		
25	9.15	10.4	1.25	93		
50	9.25	10.5	1.25	131		
40	9.3	10.2	0.5	99		
70	9.31	10.56	1.25	125		
45	9.32	10.27	0.55	110	144	122
65	9.56	10.56	1	90		
60	9.57	10.47	0.5	95		
15	10.07	10.57	0.5	75		
40	10.2	11.45	1.25	125		
45	10.27	11.52	1.25	155		
55	10.33	11.58	1.25	135		
35	10.36	12.01	1.25	125		

25	10.4	12.05	1.25	117		
30	10.45	11.35	0.5	97		
60	10.47	12.12	1.25	85	169	83
50	10.5	12.15	1.25	84		
70	10.56	12.06	1.1	110		
65	10.57	11.47	0.5	105		
15	10.58	11.53	0.55	125		
30	11.35	12.35	1	115		
40	11.45	13.2	1.35	137		
65	11.47	12.42	0.55	80	91	81
45	11.52	13.32	1.4	155		
15	11.53	12.48	0.55	130		
55	11.58	12.53	0.55	60		
35	12.01	12.56	0.55	120		
25	12.05	13.45	1.4	94		
70	12.06	13.01	0.55	135		
60	12.12	13.07	0.55	85		
50	12.15	13.55	1.4	118		
30	12.35	14.15	1.4	148		
65	12.42	14.02	1.2	130		
15	12.48	14.28	1.4	80		
55	12.53	14.33	1.4	80		
35	12.56	13.51	0.55	105	135	110
70	13.01	13.56	0.55	110		
60	13.07	14.02	0.55	80		
40	13.2	15	1.4	111		
45	13.32	14.37	1.05	105		
25	13.45	14.4	0.55	121		
35	13.51	15.31	1.4	105		
50	13.55	14.5	0.55	124		
70	13.56	15.36	1.4	145		
65	14.02	15.42	1.4	170		
60	14.03	14.58	0.55	140		
30	14.15	15.55	1.4	99	127	124
15	14.28	16.08	1.4	145		
55	14.33	15.38	1.05	110		
45	14.37	15.32	0.55	110		
25	14.4	15.55	1.15	113		
50	14.5	16.3	1.4	112		
60	14.58	15.53	0.55	135		
40	15	15.55	0.55	97		
35	15.31	16.56	1.25	80		
45	15.32	17.02	1.3	135		

70	15.36	16.31	0.55	160		
55	15.38	17.18	1.4	115	119	145
65	15.42	16.37	0.55	130		
60	15.53	17.33	1.4	145		
30	15.55	16.5	0.55	91		
25	15.56	16.51	0.55	85		
40	15.57	17.02	0.55	135		
15	16.08	17.48	1.4	80		
50	16.3	17.25	0.55	168		
70	16.31	17.42	1.11	160		
65	16.37	17.32	0.55	105		
30	16.5	17.45	0.55	112		
25	16.51	17.46	0.55	85		
35	16.56	17.51	0.55	80		
45	17.02	17.57	0.55	110		
40	17.03	18.55	1.52	115	130	141
55	17.18	18.29	1.11	155		
50	17.25	18.2	0.55	162		
65	17.32	18.33	1.01	130		
60	17.33	18.36	0.57	140		
70	17.42	18.37	0.55	90		
30	17.45	18.41	0.55	108		
25	17.46	18.58	1.12	140		
15	17.48	18.49	1.01	95		
35	17.51	18.52	1.01	130		
45	17.57	18.52	0.55	105	116	79
50	18.2	19.3	1.1	145		
55	18.29	19.29	1	95		
65	18.33	19.48	1.15	135		
60	18.36	19.51	1.15	115		
70	18.37	20.02	1.25	85		
30	18.41	20.01	1.2	120		
15	18.49	19.49	1	135		
35	18.52	20.27	1.35	105		
45	18.53	19.58	1.05	85		
40	18.55	20.3	1.35	128		
25	18.58	20.18	1.2	85	111	100
55	19.29	20.34	1.05	80		
50	19.3	20.3	1	128		
65	19.48	21.28	1.4	95		
15	19.49	21.14	1.25	125		
60	19.51	20.51	1	135		
45	19.58	21.33	1.35	105		

30	20.01	21.41	1.4	105		
70	20.02	21.37	1.35	135		
25	20.18	21.43	1.25	45		
35	20.27	21.52	1.25	145		
40	20.3	22.05	1.35	134	121	121
50	20.31	21.31	1	100		
55	20.34	21.49	1.15	150		
60	20.51	22.16	1.25	150		
15	21.14	22.34	1.2	90		
65	21.28	22.08	0.4	135		
50	21.31	22.11	0.4	115		
45	21.33	22.13	0.4	90		
70	21.37	22.17	0.4	135		
30	21.41	22.21	0.4	150		
25	21.43	22.23	0.4	115		
55	21.49	22.29	0.4	130		
35	21.52	22.32	0.4	105	115	112
40	22.05	22.45	0.4	108		
65	22.08	22.48	0.4	145		
50	22.11	22.51	0.4	50		
45	22.13	22.53	0.4	85		
60	22.16	22.56	0.4	110		
70	22.17	22.57	0.4	55		
30	22.21	23.01	0.4	105		
25	22.23	23.03	0.4	130		
55	22.29	23.09	0.4	90		

### DEMANDA DE PASAJEROS SIMULADA PARA 12 AUTOBUSES

UNIDAD	SALIDA	LLEGADA	T.RECOR	ESTIMADO	REAL 1995	REAL 1994
15	5.3	6.55	1.25	153		
25	5.35	6.45	1.1	149		
30	5.4	7.05	1.25	130		
35	5.45	6.45	1	137		
40	5.5	6.4	0.5	102		
45	5.55	6.45	0.5	127		
50	6	7.5	1.5	148		
55	6.05	7.45	1.4	125		
60	6.1	7.35	1.25	125		
65	6.15	7.05	0.5	116		
70	6.2	7.45	1.25	93		
75	6.25	7.15	0.5	119		

154

40	6.4	8.05	1.25	85	73	98
25	6.45	8.1	1.25	171		
35	6.46	7.36	0.5	115		
45	6.47	8.12	1.25	160		
15	6.55	8.15	1.2	92		
30	7.05	7.55	0.5	96		
65	7.06	8.51	1.45	80		
75	7.15	8.4	1.25	113		
60	7.35	8.45	1.1	143		
35	7.36	8.26	0.5	80		
55	7.45	9.1	1.25	112	118	90
70	7.46	8.36	0.5	120		
50	7.5	9	1.1	107		
30	7.55	9.1	1.15	89		
40	8.05	9.3	1.25	137		
25	8.1	9.55	1.45	128		
45	8.12	9.37	1.25	130		
15	8.15	9.4	1.25	112		
35	8.26	9.16	0.5	155		
70	8.36	9.46	1.1	70		
75	8.4	10	1.2	106		
60	8.45	10	1.15	111	115	112
65	8.51	9.51	1	125		
50	9	10.25	1.25	162		
55	9.1	10.5	1.4	117		
30	9.11	10.36	1.25	95		
35	9.16	10.21	1.05	115		
40	9.3	10.4	1.1	126		
45	9.37	10.32	0.55	120		
15	9.4	10.55	1.15	115		
70	9.46	11.11	1.25	90		
65	9.51	11.16	1.25	105		
25	9.55	10.55	1	139	144	122
75	10	11.25	1.25	94		
60	10.01	10.51	0.5	105		
35	10.21	11.11	0.5	110		
50	10.25	11.45	1.2	115		
45	10.32	11.57	1.25	120		
30	10.36	11.51	1.15	80		
40	10.4	11.35	0.55	114		
55	10.5	11.4	0.5	113		
60	10.51	12.16	1.25	80		
15	10.55	12.15	1.2	131		



25	10.56	11.46	0.5	125	169	83
70	11.11	12.36	1.25	140		
35	11.12	12.37	1.25	100		
65	11.16	12.56	1.4	110		
75	11.25	12.2	0.55	120		
40	11.35	13.15	1.4	98		
55	11.4	12.4	1	133		
50	11.45	13.25	1.4	115		
25	11.46	12.41	0.55	150		
30	11.51	13.31	1.4	60	91	81
45	11.57	13.22	1.25	130		
15	12.15	13.1	0.55	137		
60	12.16	13.56	1.4	110		
75	12.2	14	1.4	98		
70	12.36	13.31	0.55	95		
35	12.37	14.12	1.35	95		
55	12.4	14.15	1.35	90		
25	12.41	13.36	0.55	115		
65	12.56	14.36	1.4	60		
15	13.1	14.05	0.55	142	135	110
40	13.15	14.2	1.05	124		
45	13.22	15.02	1.4	115		
50	13.25	14.2	0.55	115		
30	13.31	15.11	1.4	95		
70	13.32	14.47	1.15	110		
25	13.36	14.41	1.05	170		
60	13.56	15.26	1.3	115		
75	14	14.55	0.55	127		
15	14.05	15.2	1.15	131		
35	14.12	15.07	0.55	130		
55	14.15	15.3	1.15	115		
40	14.2	15.15	0.55	127	127	124
50	14.21	15.51	1.3	75		
65	14.36	15.51	1.15	115		
25	14.41	16.21	1.4	130		
70	14.47	16.27	1.4	115		
75	14.55	16.35	1.4	131		
45	15.02	15.57	0.55	130		
35	15.07	16.02	0.55	125		
30	15.11	16.51	1.4	100		
40	15.15	16.35	1.2	115		
15	15.2	17	1.4	105		
60	15.26	16.21	0.55	120		

156

55	15.3	16.25	0.55	140	119	145
50	15.51	16.46	0.55	140		
65	15.52	17.32	1.4	70		
45	15.57	17.12	1.15	100		
35	16.02	17.42	1.4	125		
25	16.21	17.36	1.15	135		
60	16.22	17.17	0.55	100		
55	16.25	17.25	1	115		
70	16.27	17.22	0.55	115		
75	16.35	17.47	1.12	117		
40	16.36	17.31	0.55	75		
50	16.46	17.58	1.12	85		
30	16.51	17.48	0.57	110		
15	17	18.45	1.45	147		
45	17.12	18.07	0.55	130	130	141
60	17.17	18.26	1.09	90		
70	17.22	18.17	0.55	150		
55	17.25	18.28	1.03	135		
40	17.31	18.33	1.02	110		
65	17.32	18.41	1.09	90		
25	17.36	18.41	1.05	60		
35	17.42	18.4	0.58	120		
75	17.47	18.53	1.06	95		
30	17.48	18.43	0.55	65		
50	17.58	18.53	0.55	110		
45	18.07	19.57	1.5	110	116	79
70	18.17	19.52	1.35	110		
60	18.26	20.06	1.4	95		
55	18.28	20.08	1.4	120		
40	18.33	19.53	1.2	110		
35	18.4	19.5	1.1	130		
65	18.41	20.21	1.4	110		
25	18.42	19.47	1.05	110		
30	18.43	19.43	1	115		
15	18.45	20.1	1.25	137		
75	18.53	20.33	1.4	110		
50	18.54	20.14	1.2	85	111	100
30	19.43	20.43	1	115		
25	19.47	21.22	1.35	125		
35	19.5	20.55	1.05	84		
45	19.52	20.52	1	90		
40	19.53	21.33	1.4	115		
45	19.57	21.37	1.4	155		

151

60	20.06	21.46	1.4	100		
55	20.08	21.48	1.4	165		
15	20.1	21.5	1.4	141		
50	20.14	21.39	1.15	130		
65	20.21	21.56	1.35	145		
75	20.33	21.48	1.15	85	121	121
30	20.43	22.23	1.4	115		
45	20.52	21.52	1	160		
35	20.55	22.35	1.4	108		
25	21.22	22.02	0.4	130		
40	21.33	22.13	0.4	115		
45	21.37	22.17	0.4	110		
50	21.39	22.19	0.4	100		
60	21.46	22.26	0.4	110		
55	21.48	22.28	0.4	130		
75	21.49	22.29	0.4	125		
15	21.5	22.3	0.4	142		
45	21.52	22.32	0.4	135	115	112
65	21.56	22.36	0.4	135		
25	22.02	22.42	0.4	90		
40	22.13	22.53	0.4	80		
45	22.17	22.57	0.4	120		
50	22.19	22.59	0.4	160		
30	22.23	23.03	0.4	140		
60	22.26	23.06	0.4	140		
55	22.28	23.08	0.4	80		
75	22.29	23.09	0.4	85		

150