

01167

3

24

ASISTENCIA POR MICROCOMPUTADORAS
A LA PLANEACION

RENE GILBERTO PARADA MORENO

TESIS

Presentada a la División de Estudios de

Posgrado de la

FACULTAD DE INGENIERIA

de la

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Como requisito para obtener

el grado de

MAESTRO EN INGENIERIA

(PLANEACION)

Ciudad Universitaria

Junio de 1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N D I C E G E N E R A L

ASISTENCIA POR MICROCOMPUTADORAS A LA PLANEACION

	<u>PAGINA</u>
Resumen	1
Primera Parte: MARCO CONCEPTUAL	
Capítulo 1: PRESENTACION	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Alcance y Objetivos	8
1.3 Introducción	11
Capítulo 2: VISION GENERAL SOBRE LA APLICACION DE LA PLANEACION EN INGENIERIA	17
2.1 Tipología de los procesos de Planeación implantados .	17
2.2 Problemas de Planeación y su delimitación	25
2.3 Situación actual de la Planeación en México	30
Capítulo 3: REQUERIMIENTOS DE APOYO COMPUTACIONAL EN LA PLANEACION	32
3.1 Modo de apoyo computacional en la Planeación	32
3.2 Aplicación de la computación para mejorar las soluciones en la planeación	39
Capítulo 4: LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS	47
4.1 Conceptos generales de Simulación	47
4.2 Simulación de problemas continuos y discretos	52
4.3 Simulación con el lenguaje GPSS	55
4.3.1 Interpretación de resultados en los reportes	61

Segunda Parte: UN CASO PRACTICO 68

Estudio para el mejoramiento y optimización del funcionamiento de la caseta de cobro No. 23 sobre la carretera México-Pachuca.

Capítulo 5: ANALISIS DEL ESTUDIO 69

5.1 Antecedentes	69
5.2 Diagnóstico de la autopista	74
5.2.1 Generalidades	74
5.2.2 Volúmenes de Tránsito	75
5.2.2.1 Volúmenes Anuales	75
5.2.2.2 Volúmenes Mensuales	76
5.2.2.3 Volúmenes Diarios	78
5.2.2.4 Volúmenes Horarios	81
5.3 Diagnóstico de la caseta de cobro	83
5.3.1 Entorno Social	83
5.3.2 Características Generales	85
5.3.3 Volúmenes de Tránsito	86
5.3.4 Características de Operación	92
5.4 Conclusiones del diagnóstico	93

Capítulo 6: SIMULACION DE LA OPERACION 96

6.1 Introducción	96
6.2 Modelos en GPSS y comentarios de los resultados	97
6.3 Pronósticos tendenciales	108
6.4 Propuestas de mejoramiento	112
6.4.1 Carretera	113
6.4.2 Caseta de Cobro	115

ANEXOS

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2:

- 1.- El continuo problema - estructura. ^[10]

CAPITULO 3:

- 2.- Lenguajes de computación de uso más común. ^[10]
- 3.- Software disponible por aplicación. ^[10]

CAPITULO 4:

- 4.- Parámetros en un proceso de simulación. ^[16]

CAPITULO 5:

DIAGNOSTICO DE LA AUTOPISTA.-

- 5.- Comparativo mensual de Enero a Julio 1988 y 1989.
 Informes estadísticos comparativos mensuales 88 y 89.
- 6.- Volúmenes diarios observados de Agosto 88 a Julio 1989.
 Control diario de vehículos e ingresos.
- 7.- Tránsito diario promedio de Agosto 1988 a Julio 1989.
- 8.- Variaciones horarias observadas en cada sentido.

DIAGNOSTICO DE LA CASETA DE COBRO.-

- 9.- Volúmenes diarios por sentido en la caseta de cobro 23.
 Enero 1989. Fuente: Liquidaciones Enero/89 CYPFISC
- 10.- Volúmenes vehiculares diarios por carril correspondiente
 al día pico Jueves 5 de Enero de 1989.

CAPITULO 6:

- 11.- Porcentajes acumulados de utilización en cada carril,
 en el día pico Jueves 5 de enero de 1989.
- 12.- Distribución de frecuencias de llegadas a la caseta de
 cobro.
- 13.- Resultados de las corridas de los modelos.
- 14.- Resultados de la regresión lineal.
- 15.- Resultados finales del pronóstico.

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 3:

- 1.- Los cinco niveles presentes en la mayor parte de las computadoras modernas. ^[10]
- 2.- Ejemplos de Modelos. ^[10]

CAPITULO 4:

- 3.- Proceso de simulación. ^[10]
- 4.- Diagrama de flujo del proceso de un auto en una gasolinera. ^[16]
- 5.- Diagrama de programación de eventos de una gasolinera. ^[16]
- 6.- Simbolos de los diagramas de bloques del GPSS. ^[7]

CAPITULO 5:

- 7.- Características generales de la caseta de cobro No. 23. Levantamiento físico.

CAPITULO 6:

- 8.- Perspectiva de la caseta de cobro No. 23. Carriles funcionando.

INDICE DE GRAFICAS

CAPITULO 5:

- 1.- Volúmenes de Tránsito Anuales 1964-1987. Prontuario Carretero, Octubre 1988.
- 2.- Tránsito Mensual Enero-Julio 1988-1989. SCT.

CAPITULO 6:

- 3.- Simulación de la operación en la caseta de cobro. Resultados de las corridas de los modelos.

INDICE DE FOTOGRAFIAS

CAPITULO 5:

Agosto 1989

- FOTO 1.- Autopista México-Pachuca/Pirámides.
- FOTO 2.- Autopista Pachuca-México.
- FOTO 3.- Zona de aproximación a la caseta de cobro.
- FOTO 4.- Caseta de cobro No. 23 / Carril 11.

R E S U M E N

El presente trabajo consiste en la descripción y uso de los sistemas de computación en la Planeación, utilizando para ello algunas herramientas de la investigación de operaciones, los modelos de simulación.

La tesis consta de dos partes, siendo la primera lo que constituye el marco conceptual, y la segunda un caso práctico. El contenido de cada capítulo se indica a continuación:

Primera Parte: MARCO CONCEPTUAL

Capítulo 1: PRESENTACION

Introducción al trabajo de tesis, planteando los antecedentes del estudio, esto es, el marco de referencia.

Luego se establecen los alcances y objetivos que se persiguen, así como el marco teórico e histórico, para cerrar lo que viene constituyendo el marco conceptual.

Capítulo 2: VISION GENERAL SOBRE LA APLICACION DE LA PLANEACION EN INGENIERIA

Se ofrece una visión global de la evolución de la planeación, desde su definición hasta su situación actual, así como también se mencionan la naturaleza de los problemas en planeación y su encauzamiento hacia diversas soluciones mediante su formulación.

Capítulo 3: REQUERIMIENTOS DE APOYO COMPUTACIONAL EN LA PLANEACION

Aquí se habla del modo como interviene la computación en la Planeación específicamente - ya que es el tema principal - ya sea a través de Software, que son paquetes de computación que vienen sellados y para cumplir una función determinada, o por medio de la simulación y lenguajes de programación, que, claro está, vienen representados por un modelo específico. Se hace así también una clasificación de los modelos de acuerdo a varios autores para tener una idea más clara de lo que son, los cuales se emplearán prácticamente. Se presenta además el procedimiento general para construir un modelo. También se habla como la computación puede ayudar a la planeación en la solución de problemas diversos relacionados con esta materia.

Capítulo 4: LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS

Se pretende mostrar lo que es la simulación, describiendo los conceptos teóricos generales, así como también lo que es la simulación de problemas continuos y discretos para adentrarse un poco en lo que se presentará posteriormente. Finalmente, se hace una descripción teórica de la interpretación de los resultados que arroja el reporte de la corrida de los modelos realizados en el lenguaje de

simulación GPSS (General Purpose Simulation System) que es el que se empleará en el modelo de fines prácticos y que se presenta en capítulos más adelante.

Segunda Parte.- UN CASO PRACTICO

Estudio para el mejoramiento y optimización del funcionamiento de la caseta de cobro No. 23, sobre la carretera México-Pachuca.

Capítulo 5: ANALISIS DEL ESTUDIO

Se hace un análisis, comenzando por los antecedentes, siguiendo luego con el diagnóstico tanto de la autopista como de la caseta de cobro en cuanto a los volúmenes vehiculares, presentando por último las conclusiones preliminares a que se llegan de los diagnósticos.

Capítulo 6: SIMULACION DE LA OPERACION

Se presentan tres diferentes modelos de simulación en GPSS, con sus respectivas corridas y reportes de resultados. Se hace así también, una interpretación de los modelos y de los resultados que da cada corrida.

Finalmente, en base a los diagnósticos y la simulación de la operación, se presentan los pronósticos de los volúmenes vehiculares en la mencionada caseta; y por último se plantean

las propuestas de mejoramiento en base a lo estudiado, así también algunas recomendaciones para la optimización de la caseta de cobro.

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Se refiere a los comentarios y conclusiones a los que se llegó después de haber terminado con el estudio completo de la tesis.

La metodología utilizada es un enfoque práctico y completo para desarrollar un plan estratégico de acuerdo con la realidad, que sirva para implementar los sistemas de aplicación, hardware de apoyo y tecnología de software, que con la infraestructura de administración de los mismos comprenden la estrategia de Sistemas de Información para la Planeación.

PRIMERA PARTE MARCO CONCEPTUAL

CAPITULO 1

PRESENTACION

1.1 ANTECEDENTES.-

Los antecedentes constituyen el marco de referencia que permite ubicar el estudio en el área del conocimiento en que se inscribe el tema tratado. De los antecedentes se desprenden los objetivos y la justificación de la investigación.

En los últimos cinco años se puede notar como la computación ha invadido casi todos los campos de acción existentes.

Así también, es notable como el ritmo de modernización y avance de esta rama ha sido acelerada. Tan solo hace 10 años, no se podía pensar en una asistencia por computadora generalizada, ya que sólo eran manejadas por personal especializado. Con la salida de la microcomputadora al mercado, fué que esta rama se fué innovando y mejorando cada vez más, y con la aparición de los Software (Paquetes de computación sellados con una tarea determinada) se hace cada día mas fácil el manejo de las microcomputadoras.

Así es como el tema de tesis se centra en la asistencia de la microcomputadora, equipos de cómputo, y software en el campo de la Planeación.

Para esto, será necesario establecer los trabajos que se pueden desempeñar en la Planeación y separarlos de acuerdo a su tipología para verificar si se podría apoyar con la computación.

Un ejemplo son las grandes bases de datos que se manejan en el sector público, para lo cual ya existen los software que se dedican exclusivamente a solucionar esos problemas.

De ahí, que será necesario evaluar y seleccionar los software disponibles de acuerdo a las necesidades de una empresa u organización, ya sea adquiriendo el existente en el mercado, u optar por la creación del propio que satisfaga las necesidades totalmente.

La computación es muy usual en otra rama afín de la Ingeniería de Sistemas que es la Investigación de Operaciones, y que todas las veces trabaja en conjunto con la Planeación. Es ahí donde está el apoyo computacional con mayor intensidad.

Como se sabe, últimamente la modernización en los sistemas causa un impacto en las personas involucradas, y hoy es

cuando más se deben estudiar estos campos y así fomentar el progreso y la modernización en nuestros países en desarrollo, tanto desde una pequeña empresa privada, pasando por toda una organización, hasta el desarrollo general de todo un país. Se está dando este proceso en casi todos los sectores, especialmente en el sector privado. Un ejemplo es la modernización de los sistemas de cómputo en la banca debido a su dinamismo, y no se puede dejar de mencionar las diferentes ramas de la ingeniería así como la consultoría en donde es indispensable.

Se considera que todo lo anterior es útil, para todos aquellos involucrados en el proceso de toma de decisiones en una organización, pero que sin embargo, dicho campo no se ha desarrollado en toda su potencialidad.

1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS.-

Uno de los objetivos principales de la tesis es la de justificar el uso de la microcomputadora y los respectivos software así como la simulación en el campo de la Planeación. Se mencionan a continuación cada uno de ellos:

- a. Justificar el uso de la computación en los trabajos de Planeación y sus ramas conexas.
- b. Usar la simulación en la solución de problemas relacionados con la Planeación.
- c. Mejorar la comprensión de la forma en que las variables más relevantes en un problema interactúan a través del tiempo.
- d. Util como guía para el manejo y análisis de la información que se llevan a cabo en los estudios de Planeación, empleando ayudas computacionales para tal efecto.
- e. Optimizar el uso de Software de apoyo en cuanto a la facilidad de obtener reportes, tablas, gráficas etc., usando en cada caso el que más se adecúe al problema.

f. Utilizar los "Sistemas de Información" con creatividad para obtener una ventaja respecto a la competencia, esto a nivel privado, y apoyar las estrategias de la organización.

g. Asegurarse de que las inversiones en Sistemas sean efectivas y que se controlen por metas y presupuestos.

h. Preparar la estrategia de migración de los sistemas actuales hacia los nuevos equipos.

i. Proteger la inversión actual en Sistemas, preparando una metodología de evaluación, para calificar las propuestas de los proveedores de equipo, tal como Hardware de apoyo y tecnología de Software.

j. Coordinar la utilización de tecnologías de sistemas de información: Correo Electrónico, Bases de Datos, Computadores personales (PC's), etc., para que resulte en un uso coherente y dirigido de éstos.

k. Plantear los requerimientos de apoyo computacional en los trabajos de Planeación.

Así el alcance final de la tesis es el de coordinar los objetivos mencionados con el propósito de aplicarlos en Planeación, haciendo del campo de la computación algo muy útil en la actualidad.

Se usa para esto la simulación que como se verá, se intenta dar solución a través de este medio a un problema de transporte. Quizá no tanto solucionarlo, sino más que todo analizarlo en todos sus contextos posibles, deduciendo de las corridas en computadora un análisis de sensibilidad y ver en donde falla el sistema y proponer soluciones.

Por lo tanto, el objetivo principal se centra en la utilización de los sistemas de cómputo, asesorados con la Investigación de Operaciones, y aplicados a la Planeación. Así se pretende establecer un modelo discreto de simulación para una caseta de cobro que da servicio a una región.

El saber plantear y resolver los problemas existentes dependerá del éxito de una empresa o de un trabajo en particular, por ello la microcomputadora puede ser útil para manejar todos estos datos, ya que en muchas ocasiones se manejan datos muy extensos.

1.3 INTRODUCCION.-

Esta parte constituye lo que es el marco teórico, así primeramente, se definirán algunos conceptos básicos, que con frecuencia, suelen usarse indistintamente como los conceptos de Planeación, Plan y Programa, existiendo marcadas diferencias, como se aprecia a continuación: ⁽⁹⁾

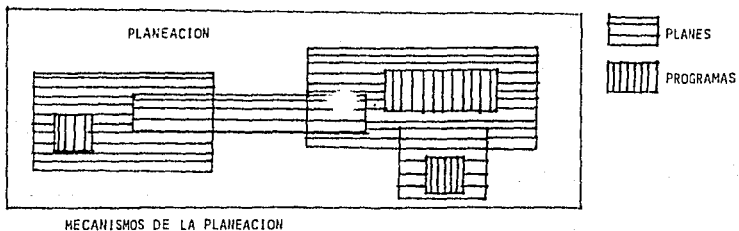
PLANEACION.- este concepto involucra la necesidad de cambiar la situación actual por otra supuestamente mejor, y para ello se generarán "N" alternativas de solución, éstas se evaluarán o se compararán entre sí, para conocer sus ventajas y desventajas y posteriormente se implementará la mejor.

La Planeación nos planteará la pregunta de ¿ Qué Hacer ?

PLAN.- es el conjunto coherente de Políticas, Estrategias y Metas. El Plan constituye el marco general y reformable de acción, deberá definir las prácticas a seguir y el marco en el que se desarrollarán las actividades. El plan será, en otras palabras, la estrategia a seguir. Nos planteará la pregunta ¿ Cómo Hacer ?

PROGRAMA.- es la ordenación en el tiempo y el espacio de los acontecimientos. El programa estará incluido dentro del plan el cual se deberá de cumplir, este programa indicará el inicio, duración y lugar en el que se deben realizar los eventos (Construcción o implementación). Nos planteará la pregunta ¿ Cuándo Hacer ?

De lo anterior se puede afirmar, haciendo una analogía con la teoría de conjuntos, que la planeación es el universo de las acciones, y necesariamente tendrá uno o varios sub-conjuntos. Haciendo un diagrama descriptivo, quedaria de la siguiente manera:



La Planeación en cuanto a su aplicación se puede clasificar en: ^[9]

- a) Indicativa
- b) Imperativa

La planeación Indicativa, es aquella que se lleva a cabo en los llamados países occidentales, en el cual se deja actuar libremente la economía de mercado (oferta y demanda), indicando por medio de medidas de tipo fiscal la conveniencia de que los empresarios inviertan en una cierta zona, en cierto sector y en un determinado tiempo.

La planeación Imperativa, tiene lugar en los países socialistas, en los que las actividades productivas se llevan a cabo por total impulso y dirección del estado. En este caso el gobierno central es el dueño de todos los medios de producción y por lo tanto no tiene que pedir opinión del capital, instala factorías y ordena el territorio de acuerdo a directrices centrales.

Por lo que respecta al área de acción, la Planeación se puede clasificar en: ^[9]

- a) Global
- b) Sectorial

La Global es aquella que abarca todos los sectores de la economía: agropecuario, industrial y servicios.

Se contemplará desde un punto de vista macroeconómico.

El Sectorial se ocupará sólo de un sector de la economía.

En cuanto al tiempo la Planeación se puede clasificar en:

Periodo

Corto plazo	menor de 5 años
Mediano plazo	entre 5 y 10 años
Largo plazo	entre 10 y 20 años
Prospectiva (Long Range Planning)	no se fija el periodo*

* Será una meta lejana por alcanzar

MARCO HISTORICO. - ⁽⁶⁾

La planeación se inicia en el período Post-Revolucionario, creándose en 1928 por decreto el Consejo Nacional Económico, como una entidad de investigación y consulta en la elaboración de estudios de carácter legislativo y administrativo, relacionados con la actividad económica y social de los poderes Ejecutivo y Legislativo.

Al empezar la década de los sesenta, México se enfrentaba en el ámbito internacional a una situación caracterizada por una nueva política de los Estados Unidos hacia Latinoamérica. Se había creado la Alianza para el progreso y de acuerdo con la carta de Punta del Este. El país se comprometió a elaborar un programa de desarrollo económico.

Fue en ese momento que se empiezan a elaborar Planes de Desarrollo cada sexenio de gobierno. Para entonces, se estableció una Comisión Intersecretarial formada por las secretarías de la Presidencia y de Hacienda y Crédito Público, que sería responsable de elaborar Planes y Programas Nacionales de Desarrollo a corto y mediano plazo.

Esta comisión elaboró el "Plan de Acción inmediata, 1962-64", que definía la naturaleza de un plan nacional de inversiones.

En la administración 1976-1982 se crea en sustitución de la secretaria de la Presidencia, la de Programación y Presupuesto, que ampliando las funciones de su antecesora, cubre prácticamente todo el proceso de Planeación, tanto sectorial como regionalmente.

Cuenta con 3 subsecretarías que cubren, en primera instancia, la planeación a corto y largo plazo, Programación; la elaboración y seguimiento del presupuesto es llevado a cabo por la de presupuesto; en tercer lugar la confrontación de resultados, mediante la subsecretaría de evaluación.

Así, la Secretaría de Programación y Presupuesto (S.P.P.) asume la conducción del esfuerzo de Planificación en el país, buscando la congruencia de los planes sectoriales dentro de un marco de referencia macro-económico.

Asimismo en un esfuerzo de congruencia intersectorial a nivel macroeconómico y regional se elaboró previamente el Plan Global de Desarrollo 1980-1982.

CAPITULO 2

VISION GENERAL SOBRE LA APLICACION DE LA PLANEACION EN INGENIERIA

Para poder hablar de la planeación, será necesario primeramente definirla y plantear su situación actual, de donde se desglosarán los problemas que generalmente se presentan en Planeación.

2.1 TIPOLOGIA DE LOS PROCESOS DE PLANEACION IMPLANTADOS.-

Primeramente, tipología se refiere a un proceso de clasificación y categorización de datos derivados de la reagrupación de los elementos de una población en tipos, clases, etc.

Las categorías en función de las cuales se analizan los fenómenos individuales y grupales se basan en rasgos característicos de cada individuo o grupo social.

Como se definió anteriormente, el término Planeación, se refiere en términos llanos, al proceso requerido para la elaboración de un plan ^[14]. Es esencialmente el proceso de adopción de técnicas prescriptivas apoyadas en proyecciones estadísticas, evaluaciones cuantitativas y estimaciones

cualitativas para prever el futuro en función de objetivos, metas, políticas y programas establecidos.

Como proceso requerido para la elaboración y depuración del plan, por su naturaleza y ámbito, existen distintos tipos de planeación: a) administrativa, b) económica, c) regional, d) rural, e) social, f) sectorial y g) urbana ^[14].

a) Planeación Administrativa.-

Es el proceso administrativo necesario para la elaboración de un plan. Se le define como el diseño de un sistema orgánico-funcional que trate de aprovechar los recursos humanos, materiales y de la propia organización, a fin de concederle al plan la mayor factibilidad administrativa en su consecución.

b) Planeación Económica.-

Es el uso del instrumental económico necesario para tratar de ordenar las condiciones sobre las cuales debe desenvolverse el sistema económico, así como de prever los desajustes inherentes al sistema, tales como la injusta distribución de la riqueza o el desequilibrado crecimiento regional. Así, se puede definir como la incorporación en el plan de la necesaria adaptación de la producción a las necesidades de la sociedad, ya que la elaboración de un plan no obedece al deseo de organizar y reglamentar la producción, sino de adaptarla a su fin, que consiste en la

satisfacción de las necesidades sociales, adecuadamente jerarquizadas.

c) Planeación Regional.-

Se define como el proceso de incorporación de las variables regionales en cualquier tipo de plan. La mayor parte de los planes regionales persiguen dos objetivos fundamentales:

- a) el desarrollo equilibrado entre las regiones, y
- b) la promoción del ritmo creciente de cambio económico y social traducido en un crecimiento secular de la producción y el ingreso por habitante. Esta planeación comprende dos visiones que teóricamente debieran complementarse pero empíricamente sucede lo contrario. Estos dos ámbitos son: Planeación Urbana y Rural.

d) Planeación Rural.-

Junto con la planeación urbana comprende uno de los dos ámbitos de la planeación regional. Consiste en la elaboración del documento rector o plan de desarrollo integral de áreas físicas no urbanizadas. Las características de estas áreas son:

- i) población económicamente activa (PEA), destinada en gran porcentaje a actividades del sector primario;
- ii) carencia de servicios educacionales en nivel superior;
- iii) constantes flujos migratorios hacia otras zonas;
- iv) baja densidad poblacional;

v) relaciones de dependencia económica frente a la metrópoli.

Estas consideraciones del plan rural se deberán tomar como parte del plan regional y consecuentemente sus lineamientos corresponderán sólo a la dimensión rural del documento regional.

e) Planeación Social.-

Consiste en las disposiciones sociales, tales como: el mejoramiento de las condiciones de vida de la población y la satisfacción creciente de las necesidades sociales en el documento rector de las relaciones de los grupos sociales. La fusión de los objetivos sociales en la planeación exige fuerte coordinación técnica y política, teniendo en cuenta las leyes económicas del sistema.

f) Planeación Sectorial.-

Se le llama también planeación ramal. Significa el conjunto de acciones encaminadas a la elaboración del plan de cada sector. Así, existe la planeación agrícola, industrial, etc. Por lo general, se utilizan modelos de crecimiento de las actividades estatales agrupadas en y para cada sector.

g) Planeación Urbana.-

Se define como la acción reguladora, ejercida por agencias y organismos del Estado y que a través de diversas alternativas proporcionan una perspectiva global del

fenómeno urbano y sus posibles soluciones.

A diferencia de lo que es Planeación, existe otro término que con frecuencia se usa para referirse a lo mismo, esto es Planificación ⁽¹⁴⁾.

Planificación es uno de los conceptos de mayor controversia en la actualidad.

Debido a las condiciones prevalecientes en el socialismo y en el capitalismo, la concepción de la planificación varía enormemente. Planificar, significa en la economía socialista, tomar en cuenta no sólo las numerosas proporciones indispensables para un funcionamiento correcto de la economía, el máximo aprovechamiento de las materias primas, combustibles, máquinas, materiales auxiliares, las rutas más cortas de transporte, los costos más bajos de explotación, etc., sino sobre todo, ahorrar al hombre un trabajo improductivo. En la programación de las acciones correlativas en el socialismo se debe tomar en consideración tanto los aspectos cualitativos como los cuantitativos de la vida económica.

La Planificación es una de las modalidades por las cuales las economías capitalistas contemporáneas tratan de resolver un cierto número de problemas; pero si no adoptan el método de planificación, las economías capitalistas adoptan métodos muy próximos.

No obstante la divergencia en las concepciones, la planificación se debe conceptualizar como una actividad de convergencia entre la política y la economía, para actuar en función de ciertos objetivos, en forma sistemática y continua, introduciendo deliberadamente mayor racionalidad a las decisiones políticas.

La planificación en sí es un instrumento natural desde el punto de vista político y ético. De ello que su empleo obedece a distintas realidades y racionalidades. Así, las principales concepciones sobre tipos de planificación posibles, son:

Planificación anticíclica, centralizada, compensadora, democrática, descentralizada, económica, estructural, flexible, imperativa, indicativa, global o integral, normativa, operativa, participativa, por etapas de la planeación, regional, sectorial, social y urbana.

De la planificación por etapas de la planeación, surgen los conceptos de planificación estratégica, y la planificación de control.

Cada planificador tiene distinto modo de subdividir las decisiones que deben hacerse ^[1]. Con tal de que se tomen en cuenta todas las decisiones importantes, las diversas maneras de dividir un plan en partes son generalmente cuestión de estilo o de preferencia personal y entre otras son: fines, medios, recursos, realización y control.

Estas partes son en detalle las siguientes:

1. Fines: especificar metas y objetivos.
2. Medios: elegir políticas, programas, procedimientos y prácticas con las que habrán de alcanzarse los objetivos.
3. Recursos: determinar tipos y cantidades de los recursos que se necesitan; definir cómo se habrán de adquirir o generar, y cómo habrán de asignarse a las actividades.
4. Realización: diseñar los procedimientos para tomar decisiones, así como la forma de organizarlos para que el plan pueda realizarse.
5. Control: diseñar un procedimiento para prever o detectar los errores o las fallas del plan, así como para prevenirlos o corregirlos sobre una base de continuidad.

Estas son las partes que según la opinión de Ackoff debería tener un plan. Muchos planes no las tienen. Es principalmente cuestión de la filosofía que sustente la planeación, la que indica qué partes están contenidas en un plan y la atención relativa de que sean objeto.

Es evidente que la planeación es un proceso de toma de decisiones; pero es igualmente claro que la toma de decisiones no siempre equivale a la Planeación. Es peculiar en tres sentidos: ⁽¹⁾

1. La planeación es algo que se hace antes de efectuar una acción; o sea, es una toma de decisión anticipada. Es un proceso de decidir lo que va a hacerse y cómo se va a realizar antes de que se necesite actuar. Si estas decisiones pudieran tomarse rápidamente sin menoscabar la eficiencia, la planeación no se necesitaría.

2. La planeación es necesaria cuando el hecho futuro que deseamos implica un conjunto de decisiones interdependientes; esto es, un sistema de decisiones. Un conjunto de decisiones forma un sistema si el efecto de cada decisión sobre los resultados del conjunto, depende de una o más de las decisiones restantes.

3. La planeación es un proceso que se dirige hacia la producción de uno o más estados futuros deseados y que no es probable que ocurran a menos que haga algo al respecto. Así pues, la planeación se interesa tanto por evitar las acciones incorrectas como por reducir los fracasos en aprovechar oportunidades.

Obviamente, si se cree que el curso natural de los acontecimientos ocasionaría lo que se desea, no existe la necesidad de planear.

Así, la planeación tiene un elemento optimista y otro pesimista. El pesimismo consiste en la creencia de que a

menos que se haga algo, no es probable que ocurra un estado futuro deseado.

El optimismo es la convicción de que puede hacerse algo para aumentar la probabilidad de que se logre alcanzar ese estado deseado.

2.2 PROBLEMAS DE PLANEACION Y SU DELIMITACION.-

Primeramente habría que definir lo que significa un problema. Los problemas y las decisiones siempre se nos presentan en el trabajo, y en todos los ámbitos de la existencia.

Pero, como sabemos cuándo tenemos un problema? Cómo se relacionan las decisiones con los problemas? Qué tipo de información y cuáles técnicas nos ayudarán a resolverlos y a llegar a una decisión? Estas preguntas tan complejas son las que el analista ha de tratar de contestar si quiere diseñar un sistema realmente útil.

Naturaleza de los Problemas.-

Aunque muchos problemas son obvios, existen otros que quizá no se detecten. Los principales tipos de problemas actuales o inminentes se describen del modo siguiente: ^[10]

1. El desempeño no está cumpliendo actualmente con los objetivos presentes.

2. Se prevé que más adelante el desempeño no continuará alcanzando los objetivos presentes.

3. Los objetivos del presente van a ser cambiados y los procedimientos actuales no darán por resultado la obtención de los nuevos objetivos futuros.

4. Los objetivos del presente van a ser cambiados y las nuevas operaciones que se prevén no los alcanzarán.

Así pues, un problema lo constituye la desviación entre un deseo y una situación presente anticipada. (Ver Tabla 1)

Una parte importante en la solución de los problemas lo constituye la formulación. Una mala formulación del problema lleva a una poca efectividad de las soluciones.

Así, hay que estudiar detenidamente la formulación de un problema. No se ha de aceptar fácilmente un conjunto de hechos o el planteamiento del mismo realizado por otros.

El análisis del problema deberá ser extenso. Cuanto más se especifiquen los números reales en el análisis, más clara será la formulación del problema que se obtenga. A medida que se consiguen las soluciones, pueden ser modelados y guardadas en el sistema computacional como parte del sistema de información administrativa.

La formulación en el caso de problemas complejos y mal estructurados puede comenzar con descripciones. Una

TABLA 1

EL CONTINUO PROBLEMA - ESTRUCTURA

Fuente: Sistemas de Información Administrativa
Murdick Robert G. y Munson John C.

ESTRUCTURA DEL PROBLEMA	MÉTODOS DE SOLUCION	DATOS	NATURALEZA IMPREVISTA DE SOLUCION	EJEMPLO
1. Muy bien estructurado	Conocido y específico.	Conocidos, disponibles y exactos.	Se conoce la forma específica de la solución.	Análisis del punto de equilibrio para una empresa de un solo producto.
2. Bien estructurado	Conocidos pero pueden considerarse otros métodos.	Casi todos se conocen con exactitud pero algunos datos básicos contienen posiblemente un pequeño error.	Conocida o se conocen las alternativas.	Evaluación de alternativas del equipo de capital. Otros métodos son el valor presente o la tasa de descuento del rendimiento. El costo de capital y los costos futuros de operación están sujetos a error.
3. Un poco mal estructurado	Se conocen los métodos de la solución, pero los gerentes aeben servirse únicamente de la solución técnica como ayuda.	Se conocen los datos pero en forma muy imprecisa o aproximada.	No está bien anticipada.	Organización de la planta de una empresa de muchos productos que se sirve de varios procesos de producción. Los métodos heurísticos y de tanteo ofrecen otras soluciones.
4. Mal estructurado	El problema tiene un ámbito limitado pero difícil de formular.	Aproximados, incompletos, poco confiables.	La naturaleza de la solución se conoce sólo de modo general.	Elaboración de un programa de mercadotecnia por una compañía que desde hace años ha estado perdiendo su participación en el mercado por una deficiente administración de mercadotecnia.
5. Muy mal estructurado	No se conocen técnicas ni módulos específicos. Sólo se distinguen de un método general de solución de problemas.	Aproximados, incompletos, poco confiables.	No se conoce la naturaleza de la solución.	Una empresa se ve agobiada por multitud de problemas como el agotamiento de materias primas, gerentes incompetentes y conservadores, equipo obsoleto, una competencia nueva y agresiva, disminución del crédito, un problema de inventario masivo.

descripción deberá contener todos los síntomas del problema, junto con todos los problemas evidentes y luego tratar de detectar un problema central. En este momento habrá de ser posible llegar a una formulación más estructurada.

La formulación en el caso de problemas bien estructurados puede comenzar con las descripciones de objetivos y entradas. Después se construyen los enunciados de las relaciones entre variables de entrada y de salida. Por último, esos enunciados se traducen a una notación matemática.

El proceso de solución de los problemas.-

La solución de problemas muy sencillos es un proceso de un solo paso y consiste en que una persona llegue a una o más soluciones aceptables. En los problemas complejos una serie de respuestas alternas, seguidas de una decisión, llevan a una solución final. Se requiere creatividad para formularlos y sin la toma de decisiones no pueden clasificarse ni seleccionarse.

Un enfoque pragmático en la solución de problemas consiste en aplicar algunos métodos básicos como: ⁽¹⁰⁾

1. Libre asociación. En una versión de este enfoque, llamada lluvia de ideas o tormenta de ideas, un grupo de personas propone ideas libremente, sin análisis ni crítica. Las ideas se analizan después y se profundiza en las que resulten buenas.

2. Relaciones forzadas. Se elabora una lista de comprobación de las posibilidades.

3. Método analítico. En el análisis morfológico, el problema se divide en partes y se consiguen soluciones alternas para cada una. Luego se llega a las soluciones alternas integradas.

Uno de los problemas clásicos en la Planeación, puede ser o en muchos casos es la oposición en una organización a la introducción y el desarrollo de la planeación ^[18].

Y lo que pasa es que la planeación cambia tantas cosas en las organizaciones que origina todo tipo de dudas, malentendidos, frustraciones e inseguridades, lo cual resulta en barreras en contra de la misma.

Tener un problema significa tener que mejorar una situación que se considera no satisfactoria. Aquí puede entrar el trabajo de un consultor.

Así, un proyecto se realiza para resolver un problema, siendo muy importante definir con claridad de qué se trata el problema, y así encauzar una o varias soluciones.

Muchas veces se comete el error de resolver problemas equivocados, esto es, que no eran los que debían ser resueltos para alcanzar los resultados esperados.

En otros casos, se aspira a resolver problemas gigantescos y

En otros casos, se aspira a resolver problemas gigantescos y a veces se empieza a resolver el problema antes de detectar que para concluirlo se requieren más recursos de los que se tienen y no es posible llevarlo a su fin, lo cual da como resultado una utilización no redituable de los recursos. Se presenta también el caso de realizar todo sin ningún orden y que por lo tanto no se llegue a ningún lado.

Un problema surge de la contradicción entre un estado real y un estado deseado de las cosas, y se presenta como la necesidad de mejorar una condición que se juzga no satisfactoria.

Así, la construcción conceptual de un problema depende de la forma de conceptualizar de la persona que lo estudie y ésta a su vez, está en función de su formación, su actitud y su experiencia. La solución del problema será aquella que cancele el sentimiento de inquietud, inseguridad, insatisfacción, etc.

En conclusión, el problema más general de consultoría en Planeación es aquél en el que no se conocen los fines ni los medios para alcanzarlos con precisión, y aún más, los planteamientos de las diferentes personas pueden ser distintos.

2.3 SITUACION ACTUAL DE LA PLANEACION EN MEXICO.- ¹⁶¹

La realidad económica del país se ha visto afectada negativamente a la inversión pública y privada en nuevos proyectos de infraestructura e industriales.

Esto ha cambiado la estructura de la demanda, cambiándola hacia servicios de consultoría administrativa para el mejoramiento operacional de las industrias e infraestructuras ya existentes.

La eficacia con que se lleve a cabo la modernización industrial del país dependerá de la contribución que pueda hacer el sector de ingeniería y consultoría y de ahí su papel estratégico en la recuperación del crecimiento económico.

Los trabajos de consultoría, para poder desarrollarse en forma efectiva y eficiente, requieren de una guía que permita ordenar las acciones por realizar.

Ahora bien, las empresas en consultoría se forman a través de la organización multidisciplinaria de capacidades profesionales que utilizan su acervo científico y el conocimiento tecnológico en el proceso estructurado de crear, expandir o mejorar los sistemas productivos ^[13].

Durante la década de los 60 y 70, la tendencia de los servicios de consultoría fué de crecimiento y llegó a su pico en 1981.

Como reflejo de la crisis económica del país y de la drástica disminución de la inversión pública y privada, la consultoría entró en un cambio recesivo que permanece en la actualidad. La consultoría es un servicio provisto por una o varias personas calificadas que se avocan a la identificación de problemas, concernientes a la política, organización, procedimientos y métodos, recomendando la acción apropiada y ayudando a su implantación.

La consultoría es un trabajo difícil basado en el análisis de hechos concretos y en la búsqueda de soluciones originales pero factibles.

En los problemas de consultoría, el proceso de solución consiste en buscar el origen de las anomalías que se han producido y en determinar y eliminar sus causas. Si se procede de esta manera, es probable que se encuentren oportunidades de conseguir una situación mejor que la primitiva.

Así, se considera que la Planeación es bastante utilizable en la actualidad, debido a la necesidad de ahorrar y optimizar en todos los sentidos, a causa de la crisis económica que sufren ultimamente muchos países.

CAPITULO 3

REQUERIMIENTOS DE APOYO COMPUTACIONAL EN LA PLANEACION

3.1 MODO DE APOYO DE LA COMPUTACION EN LA PLANEACION.-

El producto quintaesencial de la nueva era, el Software o programa de computadora, no es sinó un lenguaje de conocimiento codificado, que se plasma libremente entre computadoras. Los visionarios económicos dicen que la gente que pueda expresar sus ideas en este lenguaje tendrá la clave para la creatividad que predominará en nuestro futuro.

Como se sabe, cada día, trata de intervenir la tecnología de las computadoras en casi todas las ramas.

Aquí nos referiremos a los problemas de Planeación e Investigación de Operaciones.

La importancia de las ciencias administrativas y la tecnología de las computadoras aumenta conforme se elimina el concepto tradicional de la planeación convencional. Esto no significa que sea menos necesaria la experiencia y participación de los ejecutivos; al contrario es más indispensable. Aunque es más fácil para los ejecutivos la planeación satisfaciente; es muy difícil para los especialistas en las ciencias de la administración, realizar una planeación adaptable sin la participación de los ejecutivos.

Una manera de la intervención de la computadora es a través de los modelos matemáticos, que muchas veces deben procesarse con la ayuda de la computadora.

Se le llama simulación a un experimento realizado con el modelo de un sistema. Sin embargo, cuando se usan los modelos simbólicos, a veces es posible determinar cuáles serían los resultados de un experimento sin realizarlo, por medio de procesos deductivos (p.ej. análisis matemáticos). Frecuentemente esto puede ahorrar mucho tiempo y esfuerzo. El uso de los modelos simbólicos es esencial en la metodología de la Investigación de Operaciones.

SOFTWARE. ^{[10] [17]}

Un modo actual de apoyo computacional a la Planeación, es a través del llamado SOFTWARE, que son paquetes de programas sellados para un uso determinado.

El Software lo forman los programas de la computadora. Un programa es una serie de instrucciones que deben ser ejecutadas por ella. Hay dos niveles de Software:

- 1) el programa que dirige a la máquina o programa objeto, y
- 2) los programas para el usuario o programa ensamblador.

Se denomina programa objeto a aquél que se encuentra en código de máquina y que, por lo tanto, está listo para ser ejecutado. El lenguaje de máquina es una representación

particular de instrucciones y datos, los cuales son ejecutados inmediatamente por el hardware de la computadora. Esta representación puede presentarse en bits, por lo que puede presentarse en términos de ceros y unos.

Un programa en lenguaje de máquina no requiere de una traducción para que la computadora lo ejecute, por ello al lenguaje de máquina también se le denomina Código de Máquina. A diferencia del lenguaje de máquina, el lenguaje ensamblador consta de un conjunto de instrucciones representadas con caracteres alfanuméricos, que son nemotécnicos de palabras que indican instrucciones lo cual le da mayor comprensión. Para que un programa en lenguaje ensamblador pueda ejecutarse es necesario que se tenga su representación en código de máquina, a través de una traducción. Este proceso lo lleva a cabo el Programa Ensamblador.

En la década de 1950, se inventaron muchos lenguajes para facilitar el trabajo del programador. Esos lenguajes simplemente se servían de técnicas mnemónicas en la elaboración de instrucciones y direcciones. Era fácil traducirlos a lenguaje de máquina.

No obstante, se trataba de lenguajes bastante primitivos. Con el tiempo aparecieron muchos de nivel superior para efectuar tareas especiales: simulación, problemas de negocios y aplicaciones científicas. Estos últimos se parecen más a

la conversación humana que a la máquina y fueron traducidos en lenguaje de máquina para ser ejecutados en niveles inferiores de lenguaje.

Hoy en día, existen infinidad de tipos de Software en el mercado computacional, ya que con el ritmo de crecimiento de los sistemas de computadoras, existe una demanda de usos determinados, y es ahí donde nacen estos paquetes sellados para una aplicación determinada y de acuerdo inclusive, a las necesidades de un usuario.

En la tabla 2 se dan algunos ejemplos de los lenguajes que se emplean en las aplicaciones actuales.

Compiladores e Intérpretes. - ⁽¹⁷⁾

Un Compilador es un programa que, teniendo como entrada un programa fuente en lenguaje de alto nivel, produce un programa objeto listo para ser ejecutado.

Si un programa fuente tiene errores, el compilador los detecta y no se produce el programa objeto correspondiente, hasta que dichos errores sean corregidos.

Un Intérprete es un programa que traduce y ejecuta una por una las instrucciones de un programa fuente escrito en lenguaje de alto nivel. A diferencia de un compilador el intérprete no produce un programa objeto, sino que analiza la sintaxis y semántica de cada línea del programa y, si son correctas, las ejecuta, de lo contrario manda un mensaje del error correspondiente y se suspende la ejecución.

TABLA 2

LENGUAJES DE COMPUTACION DE USO MAS COMUN

Fuente: Sistemas de Información Administrativa
Murdick Robert G. y Munson John C.

ACRONIMO	LENGUAJE	DESCRIPCION
ALGOL	Lenguaje algorítmico	Desarrollado en forma conjunta por usuarios norteamericanos y europeos, este lenguaje es idóneo para expresar las soluciones de problemas que requieren cálculos numéricos en algunos procesos lógicos.
APL	Un lenguaje de programación	Lenguaje general con notación compleja y operaciones poco comunes pero potentes. La notación es extraordinariamente compacta.
BASIC	Código de instrucciones simbólicas de propósito general para principiantes	Un lenguaje muy sencillo destinado a la solución de problemas numéricos y de negocios desarrollado en sistemas en línea. A menudo lo utilizan usuarios no técnicos.
COBOL	Lenguaje común orientado a los negocios	Es un lenguaje inglés que se emplea muchísimo en los problemas relativos al procesamiento de datos de empresas.
FORTRAN	Traductor de fórmulas	Inventado hacia 1957, fue el primer lenguaje que se usó ampliamente para resolver problemas numéricos. Posiblemente fue el lenguaje de mayor uso antes de 1970 y ha sido instrumentado en casi todas las computadoras. Está orientado a tipos específicos de problemas; por ejemplo, la solución del problema área de un círculo πr^2 se escribiría $PI * R ** 2$. Las "generaciones" posteriores de FORTRAN son FORTRAN II, IV, etc.
SIMON	Simulador general de sistemas	Lenguaje para la simulación discreta de problemas, que se basa en un método de diagrama de bloques y en flujos de espera de los sistemas.
SIMSCRIPT		Otro lenguaje para resolver problemas de simulación discreta. Se basa en FORTRAN.
SIMULA	Lenguaje de simulación	Lenguaje basado en ALGOL y empleado ampliamente por los fabricantes internacionales de equipo de procesamiento de datos.
PASCAL		Un lenguaje de programación, fácil de utilizar, muy poderoso y semejante a ALGOL. El modo de abordar problemas nos recuerda al pensamiento humano, pues lo hace en función de bloques de pasos y subpasos.

Sistemas Operativos.- (10) (17)

Los sistemas operativos ocupan un lugar muy importante en la operación de la computadora.

Este es un programa que controla y administra los recursos de la computadora, tales como el procesador, la memoria principal, los dispositivos de entrada y salida así como el manejo de archivos. Su función primordial es el manejo y uso óptimo de la computadora.

Así el llamado nivel 3 que se indica en la figura 1, es el intérprete y se llama sistema operativo.

Este hace el trabajo que originalmente efectuaban los operadores. El sistema operativo es un conjunto complejo y numeroso de instrucciones, que incluye desde 30,000 a varios millones de ellas. Su finalidad es administrar los recursos de la máquina. Y este objetivo se alcanza mediante tres programas principales de control que el fabricante entrega al cliente junto con la computadora:

control (llamados también ejecutivo, monitor o supervisor), control de trabajo, y cargador inicial de programas.

A continuación se nombran las principales actividades del sistema operativo:

1. Programación de Trabajos;
2. Asignación de Recursos;
3. Despacho de Programas;
4. Comunicación con el Operador;

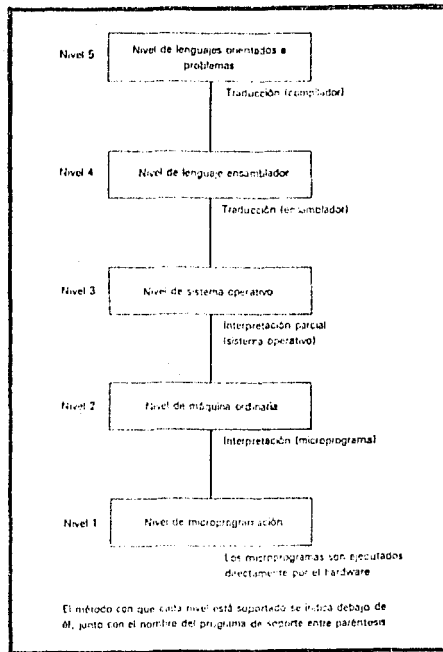


FIGURA 1 Los cinco niveles presentes en la mayor parte de las computadoras modernas. (Fuente: A. S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1976), p. 5. Reimpreso con autorización de Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.)

5. Recuperación después de Accidentes;
6. Registro de Estadísticas;
7. Almacenamiento y Recuperación de Datos;
8. Administración del Ambiente de Comunicaciones.

Los programas de aplicaciones son aquellos destinados a una operación constante en una compañía ^[10]; por ejemplo, un programa de cuentas por cobrar, uno de procesamiento de pedidos, uno de actualización de recursos humanos, y otro de avalúos en el campo de la planeación. Dichos programas pueden comprarse a los distribuidores. No todo paquete encajará en la configuración del hardware. A menudo resulta muy costoso modificar un programa de aplicaciones para adaptarlo a una compañía. En la tabla que se muestra, aparecen los tipos de programas de aplicación de que se dispone en el momento presente. Cuantos más paquetes haya para una aplicación específica, mayores probabilidades existirán de que encontremos una idónea para una compañía y su hardware.

El Software se ha convertido en el factor clave de ese gran campo en auge que es la microcomputación. Los adelantos futuros se centrarán en los programas de aplicación orientados al usuario.

Tabla 3.- Software disponible por aplicación ^[10]

Categoría de aplicación	Número estimado de paquetes disponibles
Control de inventario	150
Nómina/personal	300
Recepción de pedidos	80
Cuentas por cobrar	220
Costos de trabajo	20
Administración de proyectos	35
Edición de textos	15
Análisis estadístico	40
Administración del mantenimiento	5
Análisis de ventas	60
Escritores de informes	20
Control de radiodifusión	5
Control de máquinas distribuidoras	3
Análisis del funcionamiento del hardware	10

Fuente: Raymond P. Wenig, "Finding the Right Software Package", Journal of Information Systems Management.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el número de paquetes que existen en el mercado computacional es bastante grande y diverso y de acuerdo a las necesidades del usuario.

Así para adquirir uno específico, se cree conveniente hacer un análisis previo de lo que realmente se necesita.

3.2 APLICACION DE LA COMPUTACION PARA MEJORAR LAS SOLUCIONES EN LA PLANEACION.-

No necesariamente la computación tiene que mejorar una solución en cualquier campo, sino más bien de lo que se trata es de dar una especie de asistencia computacional para facilitar a llegar a una solución en este caso en la Planeación.

Para dar una solución en Planeación se vale el tomador de decisiones de varias herramientas matemáticas dentro de la investigación de operaciones como son los modelos, la optimización y como una consecuencia, la simulación.

Los modelos son representaciones de los sistemas reales. Pueden ser físicas, gráficas o simbólicas ⁽¹⁾. Las representaciones físicas son los modelos de aviones en los túneles aerodinámicos. Los diagramas y gráficas para las representaciones gráficas; o las ecuaciones matemáticas para las simbólicas.

Así se llama simulación a un experimento realizado sobre el modelo de un sistema.

El uso de los modelos simbólicos es esencial en la metodología de la Planeación. Estos modelos varían grandemente en tamaño, condición y complejidad; pero, dado que todos trabajan el proceso de toma de decisiones, todos tienen la misma estructura fundamental.

Por lo general, un modelo de decisiones tiene dos partes: una función objetivo y un conjunto de una o más restricciones.

La función objetivo es una ecuación que indica el rendimiento de un sistema, ya sea maximizar o minimizar este rendimiento.

Y las restricciones constan de una o más declaraciones simbólicas, en las que se expresan con precisión los límites del control.

Las variables controladas son las que puede manipular quien toma las declaraciones, p.ej. los precios de los productos; y las variables no controladas son las que no se sujetan al control de quien toma las decisiones, pero que, sin embargo, afectan el rendimiento del sistema, p.ej. las innovaciones tecnológicas.

Una vez que se ha construido el modelo de las decisiones, el problema del investigador es encontrar los valores de las variables controladas que, sujetas a las restricciones y bajo las condiciones específicas no sujetas a control, optimizan el rendimiento de un sistema. Estos valores óptimos de las variables controladas se buscan por medio de la simulación o por medio del análisis deductivo. En ambos procesos las computadoras han llegado a tener un papel cada vez más importante. Estas máquinas hacen posible al investigador manejar modelos de tal complejidad que difícilmente podrían manejarse a mano.

Para estos modelos de decisiones (Programación Lineal p. ej.) existen ya en la actualidad varios tipos de Software de computación para microcomputadoras, como son el LINDO (Linear Integrate aNd Discrete Optimizer), o el MicroManager, éste último maneja inclusive otros tipos de programación como es la programación binaria o la programación dinámica. El HYPERLINDO maneja también estos tipos adicionales de programación.

Los planificadores optimizadores buscan las mejores políticas, programas, procedimientos y prácticas asequibles por medio del uso de modelos matemáticos. El éxito que tal planificador obtenga depende de cuán completa y fielmente sus modelos representen el sistema real y de qué tan bien pueda deducir soluciones del modelo, una vez que éste se ha elaborado.

Su capacidad resulta limitada actualmente porque no puede construir un modelo que represente a todos y cada uno de los aspectos de un sistema global de una organización. Este planificador debe diseñar el modelo por partes. De ahí que tienda a planear solamente para aquellas unidades o aspectos de un sistema para los cuales pueda construir y resolver modelos.

El optimizador así, trata de minimizar los recursos que se necesitan para obtener un nivel específico de rendimiento,

maximizar el rendimiento que se puede conseguir con recursos disponibles, o tener el mejor equilibrio entre los costos y los beneficios.

Así como los modelos de decisión de los que se estuvo hablando anteriormente, existen otros tipos de modelos, el que se seleccione dependerá del objetivo ^[10].

En general, los modelos pueden servir para definir o describir cosas; ayudan a hacer el análisis de un sistema; especifican las relaciones y procesos; presentan una situación en términos simbólicos que se manipulan para obtener predicciones. Esta última finalidad - lograr un sistema de predicciones que pueda ser manipulado para ayudar al encargado de la toma de decisiones - constituye quizá el atributo principal de los modelos.

Tipos de Modelos. - ^[10]

Los modelos pueden dividirse en cinco clases. Las características de un modelo particular se representarán con un término tomado de cada clase.

Es evidente que deben definirse unos cuantos términos para describir las clases de modelos, por la simple razón de abreviar la expresión. También conviene saber qué opciones existen cuando estemos por emprender la construcción de modelos. Estos están clasificados en cinco formas:

Clase I.- Función

1. Descriptivo
2. Predictivo
3. Normativo

Clase II.- Estructura

1. Icónico
2. Analógico
3. Simbólico

Clase III.- Referencia temporal

1. Estático
2. Dinámico

Clase IV.- Referencia por incertidumbre

1. Determinístico
2. Probabilístico
3. Juego

Clase V.- Generalidad

1. General
2. Especializado

La clasificación anterior ofrece una estructura para entender los modelos; las descripciones específicas de las formas elementales de los modelos generales arrojarán más luz sobre su uso en las aplicaciones de las empresas.

En la figura 2 que se muestra a continuación, se indican los objetivos de algunos modelos, generalmente en una aplicación específica.

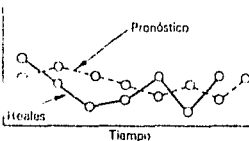
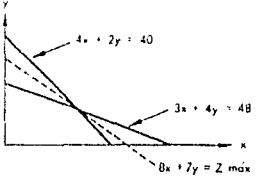
FIGURA 2
 EJEMPLOS DE MODELOS
 Fuente: Sistemas de Información Administrativa
 Murdick Robert G. y Munson John C.

Modelo	Objetivo	Nomenclatura de las variables relevantes	Representación gráfica	Representación matemática del sistema
Modelo de inventario	Encontrar la cantidad económica de orden mediante un intercambio entre los costos de mantenimiento de inventario y los de pedido, de modo que se minimice el costo del sistema.	Q = tamaño de mantenimiento de inventario K = costos de mantenimiento de inventario S = costos de hacer estimada D = demanda anual estimada TC = costo total del sistema		$TC = KC + S \cdot \frac{D}{Q} + S$ Q^* = Cantidad de orden económica = cantidad de orden que minimiza el TC
Modelo de progreso	Obtener el tiempo, costo o precio por unidad después de las disminuciones debidas a la experiencia adquirida.	K = costo de la primera unidad N = enésima unidad producida ϕ = fracción del costo inicial que se requiere para producir una unidad después de duplicar la producción C_N = costo de producir la enésima unidad		$C_N = K N^{\phi} \log \phi / \log 2$
Modelo de línea de espera	Obtener la longitud promedio de una línea de espera, el tiempo promedio de espera o el número óptimo de unidades de servicio.	Tasa de llegada de Poisson, con los tiempos de servicio exponencialmente distribuidos para una sola unidad de servicio. λ = número promedio de llegadas/periodo μ = número promedio de terminaciones de servicio/periodo C_w = costo por periodo para una persona o unidad que esperan C_f = costo por unidad del servicio para una unidad TC = costo total del sistema		Número promedio de unidades en el sistema = $\lambda / (\mu - \lambda)$ Tiempo promedio que una unidad espera en el sistema = $1 / (\mu - \lambda)$ Tasa de servicio para el costo mínimo, min = $\lambda \cdot \sqrt{\lambda C_w / C_f}$

CONTINUACION FIGURA 2:

Modulo	Objetivos	Nomenclatura de las variables relevantes	Representación gráfica	Representación matemática del sistema
Modelo de proceso de Markov	Obtener la participación del mercado que corresponde a cada compañía, si es posible, estimar las probabilidades del cambio de marca entre los clientes.	<p>S_{11} = participación del mercado de la marca 1 en el periodo 1</p> <p>S_{21} = participación del mercado de la marca 2 en el periodo 1</p> <p>S_{12}, S_{22}, de manera similar</p> <p>P_{11} = probabilidad de que un cliente que haya comprado la marca 1 en el periodo 1 la compre también en el periodo siguiente</p> <p>P_{12} = probabilidad de cambio de marca 1 a la marca 2</p> <p>P_{21}, P_{22}, de manera similar</p>	<p>donde $P_{11} + P_{12} = 1$ $P_{21} + P_{22} = 1$</p>	$\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} S_{11} & S_{21} \\ P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} S_{11} P_{11} + S_{21} P_{21} & S_{11} P_{12} + S_{21} P_{22} \end{pmatrix}$
Modelo de valor esperado	Determinar el curso de acción que producirá la mayor ganancia esperada.	<p><input type="checkbox"/> Punto de decisión</p> <p><input type="circle"/> Acontecimiento aleatorio en el mundo</p> <p>P_i = probabilidad de que ocurra un evento particular</p> <p>a_i = ganancia o pérdida atribuibles al resultado de un evento aleatorio</p> <p>EV = valor esperado de un curso de acción</p>		<p>EV (alternativa 1) =</p> $P_1 a_1 + P_2 a_2 = .2(-70) + .8(-100)$ <p>EV (alternativa 2) =</p> $P_3 a_3 + P_4 a_4 = .6(50) + .4(60)$

CONTINUACION FIGURA 2:

Modelo	Objetivos	Nomenclatura de variables relevantes	Representación gráfica	Representación matemática del sistema																				
Modelo de pronóstico	Estimar la demanda a corto plazo mediante el suavamiento de los datos anteriores y la extrapolación.	A = Peso del suavizante arbitrario S_t = Ventas reales durante el periodo t S_{t-1} = pronóstico anterior de ventas para el periodo t S_t = pronóstico de ventas	 <p>Ventas en unidades</p> <p>Pronóstico</p> <p>Tiempo</p>	$S_t = A S_t + (1 - A) S_{t-1}$ $0 < A < 1$																				
Modelo de programación lineal	Optimizar una función lineal con restricciones lineales. En particular, maximizar la utilidad obtenida al fabricar dos productos cuando se dispone de un número limitado de horas por periodo en las dos máquinas usadas.	<table border="1" data-bbox="492 529 700 646"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Utilidad</th> <th colspan="2">Horas requeridas</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>Máquina 1</th> <th>Máquina 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P_1</td> <td>\$8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>P_2</td> <td>\$7</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Horas de máquina disponibles</td> <td>40</td> <td>48</td> </tr> </tbody> </table> <p>Z = Utilidad x = número de unidades de P_1 y = número de unidades de P_2</p>	Producto	Utilidad	Horas requeridas				Máquina 1	Máquina 2	P_1	\$8	4	3	P_2	\$7	2	4	Horas de máquina disponibles		40	48	 <p>$4x + 2y = 40$</p> <p>$3x + 4y = 48$</p> <p>$8x + 7y = Z \text{ max}$</p>	<p>Maximiza $Z = \\$8x + \\$7y$</p> <p>sujeta a $4x + 3y = 40$</p> <p>$2x + 5y = 30$</p>
Producto	Utilidad	Horas requeridas																						
		Máquina 1	Máquina 2																					
P_1	\$8	4	3																					
P_2	\$7	2	4																					
Horas de máquina disponibles		40	48																					
Modelo de juegos de conflicto	Encontrar la estrategia que deben adoptar dos competidores, cada uno de los cuales escoge su propio conjunto de estrategias y conoce el resultado de cada par de una de sus estrategias y de una de su competidor.	A = Empresa A B = Empresa B i = Una de las estrategias de A j = Una de las estrategias de B a_{ij} = Cantidad que B paga a A por el par de estrategias i y j	<p>B paga a A</p> <table border="1" data-bbox="762 770 977 876"> <thead> <tr> <th>Estrategia</th> <th>$j = 1$</th> <th>$j = 2$</th> <th>$j = 3$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$i = 1$</td> <td>3</td> <td>-5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>$i = 2$</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>$i = 3$</td> <td>-4</td> <td>-2</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>A gana si B</p>	Estrategia	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$i = 1$	3	-5	0	$i = 2$	5	4	2	$i = 3$	-4	-2	1	<p>Conociendo B a_{ij}, encuentre un resultado, si es que existe, determinado por</p> <p>$\max_i (\min_j a_{ij}) = \min_j (\max_i a_{ij})$</p> <p>(Encuentre un número que sea el menor en su renglón y el mayor en su columna)</p>				
Estrategia	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$																					
$i = 1$	3	-5	0																					
$i = 2$	5	4	2																					
$i = 3$	-4	-2	1																					

Los sistemas de información deben resolver el mayor número posible de problemas en forma rutinaria. La computadora y los modelos permiten resolver muchos de los problemas.

En algunas ocasiones, el desarrollo de un modelo complejo de las operaciones de una empresa puede ser indispensable para la supervivencia, pues la competencia está utilizando modelos ^[10]. En la actualidad se dispone de muchos paquetes de software comercial para construir modelos de problemas como el pronóstico, el control de inventario, la planeación de proyectos y la asignación de recursos. El modelado ha llegado a ser un potente instrumento en manos de quienes saben emplearlo en Planeación.

Para la construcción de modelos se requiere a menudo reconocer un problema y luego encontrar una técnica idónea para su solución. Se presenta a continuación un procedimiento general para construir un modelo, sobre todo en situaciones complejas:

1. Se identifica y se formula por escrito el problema.
2. Se identifican las constantes, los parámetros y las variables del problema. Se definen verbalmente y luego se introducen símbolos para representar cada una.
3. Se seleccionan las variables que parecen más significativas, de modo que el modelo pueda ser lo más

simple posible. Se distingue entre las que son controlables y las que no lo son.

4. Se establecen relaciones causales entre las variables, basándose en principios conocidos, especialmente en datos, en la intuición y la reflexión. Se hacen suposiciones o predicciones respecto al comportamiento de las variables incontrolables.

5. Se construye el modelo combinando todas las relaciones en un sistema de relaciones simbólicas.

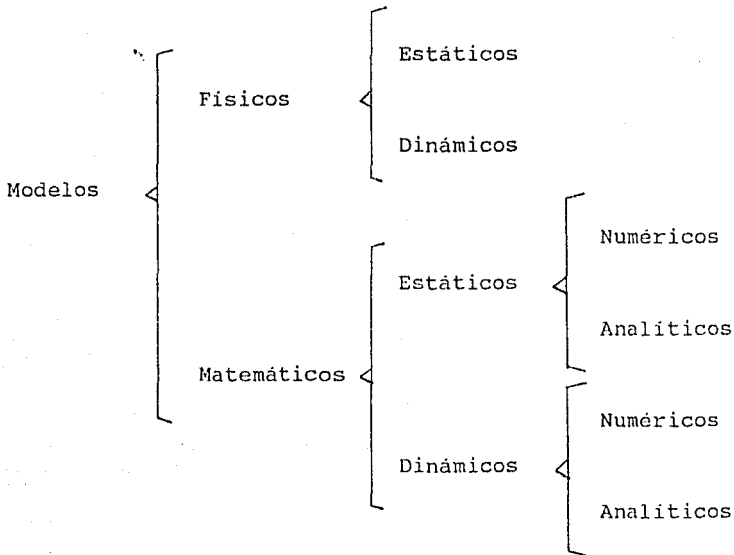
6. Se realizan las manipulaciones simbólicas (como la solución de sistemas de ecuaciones, la diferenciación o la realización de análisis estadísticos).

7. Se derivan del modelo haciendo predicciones a partir de él y comparándolas con los datos del mundo real.

8. Se revisa el modelo cada vez que sea necesario.

Se comprende por modelo, como ya se describió anteriormente, al conjunto de información relativa a un sistema que permite su estudio.

Una clasificación de modelos puede ser:



Entre los modelos matemáticos estáticos se encuentran, por ejemplo la programación lineal, transporte y asignación; y entre los modelos dinámicos se encuentran la programación dinámica.

Los modelos matemáticos pueden ser determinísticos o estocásticos.

De esto se hablará más ampliamente en el próximo capítulo.

CAPITULO 4

LA SIMULACION COMO HERRAMIENTA EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS

4.1 CONCEPTOS GENERALES DE SIMULACION.- ^[16]

Los procesos de simulación son, posiblemente, las herramientas más poderosas y populares de la Investigación de Operaciones para la toma de decisiones. Se afirma que más de 2,000 empresas en todo el mundo usan algún modelo de simulación en sus procesos de toma de decisiones.

En esta parte se presentan los conceptos básicos de simulación en GPSS-PC (General Purpose Simulation System), los pasos a seguir en todo proceso de simulación y los procesos de generación de números aleatorios. Posteriormente se presenta un ejemplo ilustrativo desarrollado para la optimización de una caseta de cobro.

Simulación.-

Es un proceso numérico diseñado para experimentar el comportamiento de cualquier sistema en una computadora digital, a lo largo de la dimensión tiempo. El comportamiento del sistema se presenta a base de modelos matemáticos y lógicos, diseñados para tal fin. Se puede simular el comportamiento de sistemas económicos, sociales,

administrativos, productivos, físicos, químicos, biológicos, etc.

La simulación es útil cuando se dificulta o imposibilita la resolución del modelo analítico o numérico requerido en un determinado problema. Comparados con los modelos analíticos y numéricos, los procesos de simulación presentan ventajas y desventajas.

Por un lado, permite estudiar al sistema real sin deformarlo. Los modelos analíticos o numéricos requieren la simplificación del sistema real de estudio, a fin de que se apegue a las condiciones que fundamentan la teoría del modelo en uso; por ésto, finalmente muchos modelos analíticos y numéricos resuelven un sistema deformado muy lejano al sistema real bajo estudio.

Los procesos de simulación son herramientas muy efectivas de entrenamiento de personal y generan una visión macro y micro del sistema bajo estudio mucho más profunda y detallada que cualquier modelo analítico o numérico.

Sin embargo, los procesos de simulación no producen resultados óptimos, sino simplemente buenos. Son procesos muy costosos en cuanto al requerimiento de tiempo de computadoras, necesitan por lo general de equipo electrónico sofisticado, se consume mucho tiempo en el diseño, prueba y verificación de un modelo de simulación y se requiere de estudios de campo intensivos para familiarizarse con el

sistema real de estudio.

En los procesos de simulación de cualquier sistema se deben definir los siguientes parámetros:

- Componente: Cualquier parte importante del sistema.

Un sistema puede tener varias componentes.

- Atributo: Se refiere a las propiedades de cualquier componente del sistema. Una componente puede tener varios atributos.

- Actividad: Cualquier proceso que causa cambios en el sistema.

- Estado del sistema: Descripción de las componentes, sus atributos y actividades de un sistema, en un determinado periodo de tiempo.

En la tabla 4 se ilustran algunas de estas definiciones para diferentes sistemas.

Todo sistema se encuentra ubicado o enmarcado dentro de un macrosistema, es decir, de un sistema mayor que le sirve como marco de referencia. A este macrosistema se le conoce como marco ambiental.

Existen actividades, que afectan al sistema bajo estudio y que se originan en un marco ambiental. A dichas actividades se les conoce como actividades exógenas; aquéllas que se originan dentro del sistema bajo consideración, se llaman actividades endógenas.

TABLA 4
PARAMETROS EN UN PROCESO DE SIMULACION
 Fuente: Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones
 Modelos Estocásticos Vol. 2

Sistema	Componentes	Atributos	Actividades
Tráfico	Automóviles	Velocidad Capacidad	Manejar
	Reglamentos	Claridad Utilidad	Normar
Banco	Clientes	Crédito	Depositar
		Balance	Prestar
	Encaje legal	Monto	Transferir
Comercio	Clientes	Lista de compra	Comprar Pagar
	Productos	Inventario	Surtir

Un sistema sin actividades exógenas se llama sistema cerrado; uno que cuenta con ellas se llama sistema abierto.

Un sistema determinístico es aquél donde los efectos de una actividad se explican completamente en función de sus insumos; (p.ej. una máquina de escribir: cada tecla imprime una letra determinada). Cuando los efectos varían aleatoriamente, el sistema se denomina estocástico; (p.ej. un juego de ruleta: cada número tiene probabilidad de ganar).

Un sistema es continuo cuando los efectos de una actividad son continuos; (p.ej. un avión en pleno vuelo: la potencia, velocidad, etc., son variables que toman valores continuos). De otra manera, el sistema es discreto; (p.ej. servicio gineco-obstétrico de un hospital).

La simulación requiere de modelos para poder representar el comportamiento de un sistema en una computadora. (Ver fig. 3)

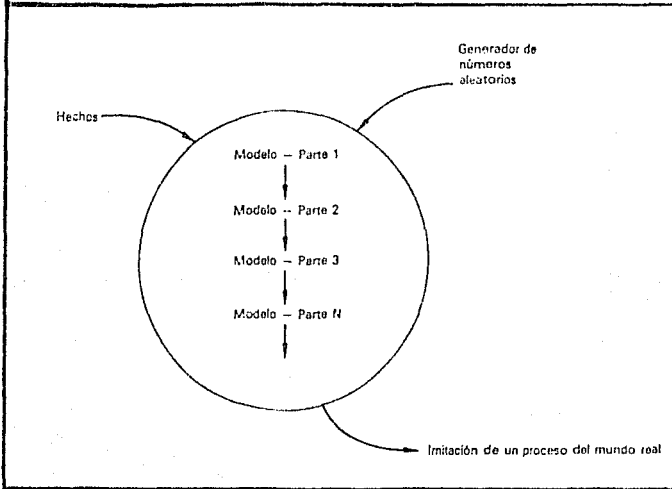
En este campo, constantemente se mencionan conceptos relacionados, pero que son diferentes. Uno de éstos son:

- a) Simulación de un sistema es la aplicación del proceso de simulación para resolver problemas específicos del mismo.
- b) Un juego, es un proceso de simulación dinámico de un sistema, donde una de sus componentes, el recurso humano, puede tomar decisiones a lo largo del parámetro tiempo.
- c) La técnica de Monte Carlo es una herramienta utilizada en los procesos de simulación y en los juegos, para generar números aleatorios.

FIGURA 3

PROCESO DE SIMULACION

Fuente: Sistemas de Información Administrativa
Murdick Robert G. y Munson John C.



d) Los números aleatorios proporcionan el factor estocástico requerido en los procesos de simulación de los sistemas bajo estudio. Los números generados en una computadora no son totalmente aleatorios, porque se obtienen de fórmulas preestablecidas. Por ésto, estos números se denominan pseudoaleatorios. La mayoría de los métodos para generar números aleatorios son iterativos, donde un número pseudoaleatorio se genera del anterior. El período del método es el número de generaciones que se debe esperar hasta repetir la secuencia. Es deseable hacer este período lo mayor posible.

Los pasos que por lo general se llevan en un proceso de simulación son los siguientes:

1. Formulación del problema;
2. Recolección y procesamiento de la información requerida;
3. Formulación del modelo matemático;
4. Evaluación de las características de la información procesada;
5. Formulación de un programa de computadora;
6. Validación del programa de computadora;
7. Diseño de experimentos de simulación;
8. Análisis de resultados y validación de la simulación.

4.2 SIMULACION DE PROBLEMAS CONTINUOS Y DISCRETOS.- ^[16]

La dinámica industrial trata a los sistemas bajo estudio como sistemas cerrados y continuos, y utiliza la simulación para mostrar las respuestas a una serie de condiciones.

El lenguaje DYNAMO es un ejemplo de simulación continua, y diseñado por A. Pough en el MIT para la dinámica industrial. Su concepto se ha utilizado para simular procesos industriales, urbanos, económicos, de salud, demográficos, etc. Este tipo de simulación de Dinámica Industrial sirve más para demostrar cierto comportamiento que para predecir eventos futuros.

Este concepto opera una serie de funciones tales como producción, distribución, mercado y finanzas, y los elementos de estas funciones pueden ser por ejemplo, individuos, materiales, dinero, órdenes de compra-venta, equipo, información, etc.

La dinámica industrial maneja sistemas cerrados, y la realidad está configurada por sistemas abiertos, tal es el caso de las casetas de cobro en una autopista, que obedece de acuerdo a la teoría de líneas de espera a "filas múltiples - servidores múltiples en paralelo con cambio de colas", lo que convierte al problema en uno discreto y abierto.

Los modelos de simulación de eventos discretos se utilizan, por lo general, para estudiar las características de operación de líneas de espera simples y complejas.

Los eventos discretos de simulación describen cómo los clientes o elementos fluyen a través del sistema bajo estudio conforme pasa el tiempo. Los modelos de simulación discretos suponen que los cambios en el sistema ocurren instantáneamente en puntos específicos de tiempo. Se define por evento el instante en que ocurren estos cambios.

La simulación se puede hacer manualmente, pero demanda mucho tiempo de trabajo; así también se puede hacer utilizando lenguajes de programación específicamente diseñados para tal fin como son: GPSS, GASP, SIMSCRIPT, DYNAMO, WIDES, etc. Cuando los cambios en el sistema en lugar de ocurrir de forma instantánea, son continuos, se deben emplear modelos de simulación continuos.

Para fines de la tesis, se tratan situaciones discretas, como lo es el caso de las casetas de cobro en una autopista que se verá más adelante en el siguiente capítulo.

Existen dos enfoques fundamentales para simular procesos discretos. El primero se basa en el análisis del flujo del proceso; el segundo, en la programación del evento.

El enfoque del flujo de proceso consiste en desarrollar un diagrama de bloques, donde cada bloque describe una actividad

relacionada con el cliente a medida que éste pasa por el sistema.

A las actividades se les asocia una variable aleatoria relativa al tiempo de duración de la misma. El diagrama de bloques refleja las posibles bifurcaciones que el cliente puede, en un momento dado, elegir cuando ejerce una decisión. El lenguaje de simulación GPSS (General Purpose Simulation System) está basado en este enfoque. (Ver figura 4 en la siguiente página).

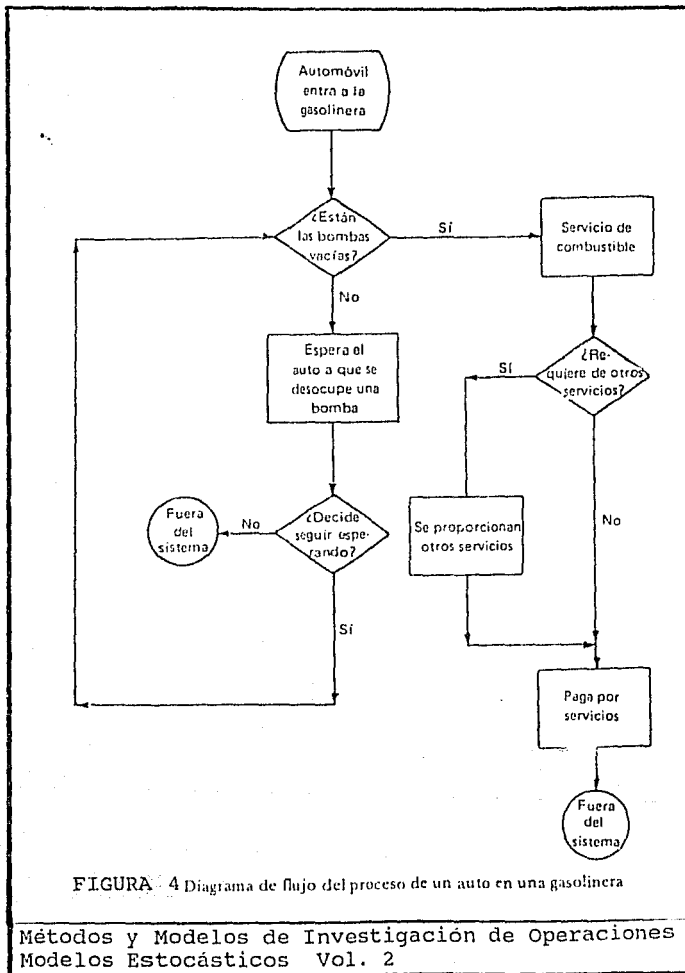
El enfoque de programación de eventos se centra en dos características fundamentales:

- a) Se deben describir los eventos individuales que cambian el estado del sistema en diferentes periodos de tiempo.
- b) Se deben prever los cambios futuros que el sistema va a experimentar a través de la creación de una lista de eventos futuros.

El lenguaje de simulación SIMSCRIPT se basa en este enfoque. (Ver figura 5 en la página subsiguiente).

El estado del sistema en cualquier instante de tiempo lo describen las condiciones o atributos de los elementos del mismo en ese momento.

Como se puede apreciar por el momento, el uso de la computación en la planeación es bastante útil, cuya finalidad de la tesis es justificar este hecho.



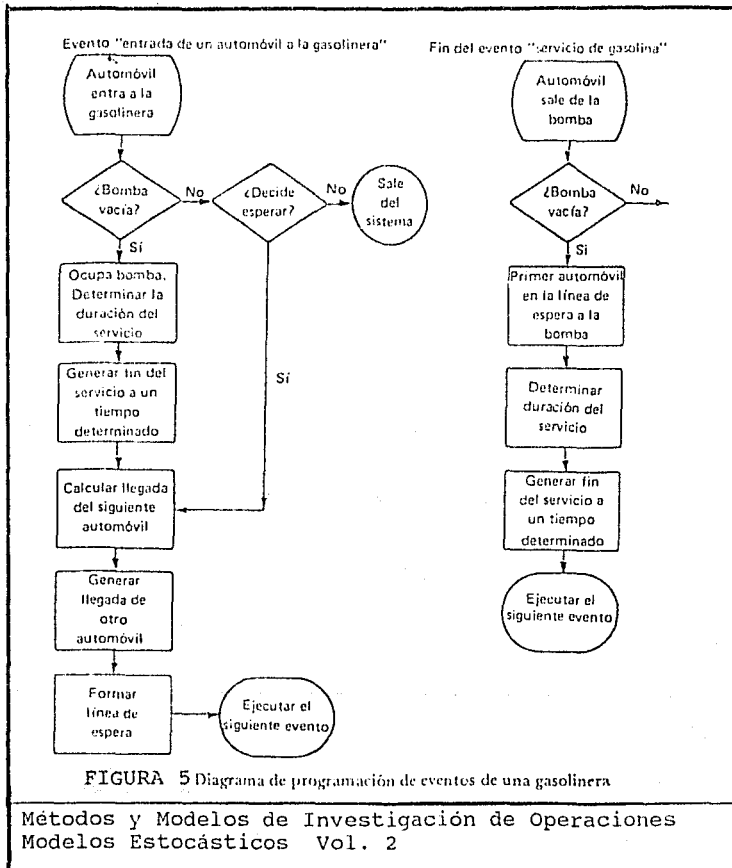


FIGURA 5 Diagrama de programación de eventos de una gasolinera

4.3 SIMULACION CON EL LENGUAJE GPSS-PC (General Purpose Simulator System en su versión para PC's) ^{(7) (8) (16)}

En esta parte se intenta ilustrar la naturaleza y ventajas de utilizar lenguajes de simulación como el GPSS.

Este lenguaje de simulación está basado en el concepto de flujo de procesos y fué desarrollado en 1961, en IBM por G. Gordon. Actualmente existen muchas versiones, tales como las hechas para la IBM (GPSS II, GPSS/360, GPSS V), para la Univac (GPSS/1100), Honeywell (GPSK), y como es en nuestro caso, la versión para microcomputadoras que se basa en el mismo fundamento.

Debido a la dificultad de conseguir el dispositivo de seguridad para la última versión para microcomputadoras, los modelos que adelante se presentan como ejemplos fueron corridos con la versión 1.0, es decir la primera versión para PC's. La capacidad de la memoria RAM (Random Aleatory Memory) mínima para manejar modelos con GPSS es de 512kbytes.

En el diagrama de flujo de procesos, los bloques representan actividades, las líneas que los unen indican su secuencia. Cuando un bloque tiene varias líneas de salida existe la posibilidad de tomar una decisión. En GPSS existen 43 tipos diferentes de bloques, cada uno de los cuales representa una acción característica del sistema. El contenido de lo que se

está simulando se llama transacción. Las transacciones son a la simulación lo que los mensajes a los sistemas de comunicación, los vehículos a las carreteras, etc.

La formación de transacciones se realiza con el bloque GENERATE, mientras que el bloque TERMINATE las elimina. Cada bloque se identifica por una localización compuesta por un número o un nombre simbólico de 3 a 5 dígitos alfanuméricos. Con el bloque ADVANCE se crea la dimensión tiempo, que puede tener características aleatorias.

Con el bloque TRANSFER se pueden acceder otros bloques, que no necesariamente se encuentran en secuencia. Este bloque permite acceder hasta 9 localizaciones distintas.

El bloque START reproduce los pasos n veces, es decir, simula n veces.

Para almacenar y transmitir información se utilizan bloques tales como SEIZE, RELEASE, ENTER, LEAVE. El bloque SEIZE permite que una transacción se inserte en algún elemento del sistema, siempre y cuando esté disponible. El bloque RELEASE permite que la transacción abandone al elemento considerado. ENTER sirve para almacenar información, mientras que LEAVE sirve para desocupar un lugar de almacenamiento de información. El uso de los bloques ENTER y LEAVE hace necesaria la introducción del bloque STORAGE, que significa almacenaje.

Para elaborar estadísticas de la simulación se utilizan bloques tales como QUEUE, DEPART, MARK, TABULATE.

El bloque QUEUE aumenta el número de elementos que esperan en una cola, mientras que DEPART disminuye ese número.

El bloque MARK almacena el tiempo de llegada de la transacción, mientras que el bloque TABULATE va sumando todos esos tiempos.

El bloque TABLE diseña el formato de salida de las tablas estadísticas, indicando el límite inferior, los intervalos de la tabla, el número de intervalos y el tiempo de tránsito.

Mediante el bloque ASSIGN se asignan valores a ciertos parámetros del sistema que se simula. Estos valores pueden modificarse en el bloque mediante operaciones de suma, resta, multiplicación, división y división módulo "a".

Para proteger un valor que pudiera desaparecer en el proceso de simulación, se utiliza el bloque SAVEVALUE. Condiciones iniciales se pueden dar con el bloque INITIAL.

Existen estudios comparativos entre GPSS y otros lenguajes, como por ejemplo SIMSCRIPT, donde se detallan ventajas y desventajas.

Por ejemplo, GPSS es de los lenguajes más simples de aprender y utilizar. Se pueden generar estadísticas en forma automática con GPSS sin tener que recurrir a programas especiales.

Sin embargo, SIMSCRIPT es un lenguaje más flexible en situaciones complejas. Al trabajar con números enteros, GPSS causa problemas de error por redondeo; SIMSCRIPT utiliza notación de punto flotante y, por tanto, elimina este problema.

Los compiladores de GPSS hacen que los programas por simular consuman mucho tiempo en la computadora. En cambio, SIMSCRIPT no consume tanto tiempo.

La revisión de los programas escritos en GPSS es más fácil que los escritos en SIMSCRIPT.

Por último, GPSS se ha adaptado en casi todas las computadoras de las empresas más importantes (IBM, CDC, UNIVAC, HONEYWELL, etc.), no así SIMSCRIPT.

Resumiendo, SIMSCRIPT es más versátil y rápido; GPSS más fácil de aprender, programar, más accesible de conseguir y de uso más universal.

Se eligió GPSS para este caso, debido a las razones expuestas anteriormente. Aparte que también, el problema de las cassetas de cobro se apega al enfoque del flujo del proceso, y el GPSS está basado en este enfoque.

Al iniciar el GPSS-PC, éste estará dispuesto a recibir ordenes. Para cargar los modelos a la memoria de la máquina, se hará anteponiendo el signo arroba (@) al nombre del modelo que se desea cargar, con su extensión ".GPS". Así también se

tendrá que indicar el drive en el que se cargó el GPSSPC.

Por ejemplo:

```
@B:MODELO.GPS <Enter>
```

sustituyendo la palabra modelo por el nombre del que se va a correr.

Al cargar el modelo, se desplegarán en la pantalla todas las líneas del mismo. La simulación podrá iniciarse hasta que se haya terminado totalmente la lectura del modelo.

Para iniciar la corrida del modelo leído, habrá que teclear:

```
START n <Enter>
```

en donde n es el tiempo de simulación que se desea. Pueden ser segundos, minutos, horas, días, etc., y de la misma manera interpretaremos los resultados, respetando la nomenclatura.

Una vez terminada la simulación, se grabará automáticamente el reporte en el disco correspondiente.

Debido a que el GPSSPC es un lenguaje de programación con parámetros posicionales, se deberá tener cuidado al modificar una línea del modelo con un editor diferente al GPSS, puesto que existen campos reservados para diferentes funciones.

Esto significa que habrá que considerar el efecto que una variación en la posición de los mismos tendría sobre el funcionamiento y operación de los modelos.

Para realizar cambios en el modelo, bastará editar el número de línea correspondiente con el comando EDIT. P.ej. EDIT 100. Cuando los programas se editan de manera externa al GPSS/PC, es muy importante verificar tanto la sintaxis como la posición de los parámetros en cada línea, puesto que la más mínima modificación en los caracteres o posición de estos en las diversas columnas, trae como consecuencia que el modelo no reconozca las instrucciones o caracteres mencionados.

Para salvar el modelo en GPSS, se usará simplemente el comando SAVE. Por ejemplo:

```
SAVE B:MODELO.GPS <Enter>
```

sustituyendo la palabra MODELO por el nombre que se desee dar al mismo.

Para poder ver el reporte que se grabó al momento de la simulación, habrá que entrar a la parte de reportes del GPSS, con el comando GPSSREPT, el cual lee el archivo que se autonombro como REPORT.GPS, y lo despliega en pantalla.

El GPSSREPT tiene la función de crear un reporte en formato de 80 columnas. El reporte resultante puede ser direccionado a la pantalla del monitor, a una impresora o a un archivo en disco. Las opciones de impresión pueden cambiarse modificando el archivo SETTINGS.GPS.

Para imprimir el reporte, bastará con cambiar el destino del mismo. En lugar de "SCRN:" que aparece automáticamente, se pondrá "LPT1:".

Una vez hechos los cambios pertinentes, se oprime la barra espaciadora y el archivo se imprimirá.

Cada vez que se haga una corrida de simulación, se irá grabando encima de este archivo REPORT.GPS, los resultados de la misma corrida, por lo que se recomienda cambiarle de nombre si se desea conservar el reporte. Se podrá renombrar como MODELO.REP.

Así de esta manera, se pueden leer los reportes que se deseen, únicamente sustituyendo el nombre REPORT.GPS por el renombrado como MODELO.REP.

Para terminar, basta con oprimir la tecla ESC, y así se sale del sistema de reportes, y vuelve al sistema operativo.

4.3.1 Interpretación de resultados en los reportes.-

GPSS/PC suministra todos los resultados de la simulación por medio del reporte correspondiente.

INFORMACION GENERAL

START_TIME END_TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES FREE MEMORY

START_TIME (Tiempo de inicio)

El tiempo absoluto del reloj al inicio del periodo en estudio. La información referente a valores de tiempo se basan en el Tiempo de Inicio. Este tiempo se fija en cero durante la simulación con un comando RESET o CLEAR.

END_TIME (Tiempo de terminación)

El tiempo en que se terminó la cuenta de transacciones en la simulación. En los modelos de simulación aquí presentados este tiempo se da en segundos. (3600 segundos)

BLOCKS (Bloques)

El número de bloques que conforman el modelo.

FACILITIES (Facilidades)

El número de facilidades contabilizadas en el modelo al final de la simulación.

STORAGES (Almacenamientos)

El número de almacenamientos contados hasta el final de la simulación.

FREE MEMORY (Memoria libre)

El número de bytes (caracteres) disponibles para expansión del programa o modelo. Si es menos de 1000, será necesario ampliar la memoria de la computadora o bien limitar el crecimiento del modelo.

NOMBRES

NAME	VALUE	TYPE
------	-------	------

NAME (Nombre)

Los nombres asignados en el programa y detectados por el GPSS/PC desde el principio de la sesión.

VALUE (Valor)

El valor numérico asignado a cada nombre. Los valores asignados por el sistema empiezan con 10000, a menos que se haya especificado otra cosa en el archivo SETTINGS.GPS.

TYPE (Tipo)

0 implica un valor asignado por el usuario, 2 quiere decir que el nombre fué asignado por el sistema y 3 identifica al nombre de una ubicación de block.

BLOQUES

LINE LOC BLOCK_TYPE ENTRY_COUNT CURRENT_COUNT RETRY

LINE (Linea)

El número de línea en el programa del modelo asociado con el block.

LOC (Localización)

Nombre o número del block. "Ubicación"

BLOCK_TYPE (Tipo de Bloque)

El nombre de la instrucción de GPSS que corresponde al bloque en cuestión.

ENTRY_COUNT (Entradas)

El número de transacciones que entraron al bloque desde el último RESET o CLEAR, o bien desde el inicio de la simulación.

CURRENT_COUNT (Cuenta Final)

El número de transacciones en el block al final de la simulación.

RETRY (Reintentos)

El número de transacciones esperando una condición específica para entrar al bloque referido.

FACILIDADES

FACILITY ENTRIES UTIL. AVE_TIME AVAILABLE OWNER PEND
INTER RETRY DELAY

FACILITY (Facilidad)

Nombre o número de la facilidad.

ENTRIES (Entradas)

El número de veces que la facilidad fué atrapada por una transacción, desde el último RESET o CLEAR, o bien desde el inicio de la simulación.

UTIL. (Utilización)

La fracción del tiempo simulado que la facilidad fué utilizada en el último periodo de medición. Un periodo de medición se empieza a contar a partir del inicio de la sesión, o del último RESET o CLEAR.

AVE_TIME (Tiempo promedio de utilización)

El tiempo promedio de utilización de la facilidad por cada una de las transacciones individuales durante el periodo de medición. Un periodo de medición se empieza a contar a partir del inicio de la sesión, o del último RESET o CLEAR.

AVAILABLE (Disponible)

El estado de disponibilidad de la facilidad al final de la simulación. 0 significa no disponible y 1 disponible.

OWNER (Poseedor)

El número de identificación de la transacción que está haciendo uso de la facilidad al final de la simulación. 0 quiere decir que la facilidad está disponible.

PEND (Pendientes)

El número de transacciones en espera de la facilidad.

INTER (Interrupciones)

El número de transacciones por entrar al bloque. El número de transacciones en la cadena de interrupciones.

RETRY (Reintentos)

El número de transacciones esperando una condición específica dependiendo del estado de la facilidad.

DELAY (Demoras)

El número de transacciones en espera de la facilidad.

COLAS

QUEUE MAX CONT. ENTRIES ENTRIES(0) AVE_CONT AVE_TIME
AVE.(-0) RETRY

QUEUE (Colas)

Nombre o número de identificación de la cola.

MAX (Máximo)

El contenido máximo de la cola durante el periodo de medición. Un periodo de medición empieza al inicio de la sesión o con el último RESET o CLEAR.

CONT. (Contenido)

El contenido de la cola al final del periodo de simulación.

ENTRIES (Entradas)

Número de transacciones que entraron a la cola durante el periodo de medición.

ENTRIES(0) (Entradas(0))

Número de entradas a la cola con tiempo de permanencia igual a cero.

AVE_CONT (Contenido promedio)

Es el promedio ponderado en base a tiempos del contenido de la cola durante el periodo de medición. El producto espacio-tiempo dividido por la duración del periodo de medición.

AVE_TIME (Tiempo promedio)

Es el tiempo promedio de permanencia de todas las transacciones en la cola durante el periodo de medición. El producto espacio-tiempo dividido por la cuenta total de entradas.

AVE.(-0) (Promedio (-0))

El tiempo promedio de permanencia en la cola de las transacciones deduciendo aquéllas con tiempo de permanencia igual a cero.

RETRY (Reintentos)

El número de transacciones en espera de una condición específica dependiendo del estado de la cola.

SERVICIO HOMOGENEO EN PARALELO

STORAGE CAP. REMAIN. MIN. MAX. ENTRIES AVL. AVE.C.
UTIL RETRY DELAY

STORAGE (Almacenamiento)

Nombre o número de la entidad de almacenamiento.

CAP. (Capacidad)

La capacidad de almacenamiento de la entidad definida mediante una instrucción STORAGE.

REMAIN (Remanente)

El número de unidades de almacenamiento disponibles al final de la simulación.

MIN. (Minimo)

El mínimo de unidades de almacenamiento utilizadas durante el periodo de medición. Un periodo de medición empieza al inicio de la sesión o con el último RESET o CLEAR.

UTIL. (Utilización)
La fracción del producto espacio-tiempo-total del almacenamiento utilizada.

RETRY (Reintentos)
El número de transacciones en espera de una condición específica dependiendo del estado de la entidad de almacenamiento.

DELAY (Demoras)
El número de transacciones esperando para entrar a un block ENTER relacionado al almacenamiento.

TABLAS Y QTABLAS

TABLE MEAN STD.DEV. RETRY RANGE FREQUENCY CUM.%

TABLE (Tabla)
Nombre o número de la entidad TABLE o QTABLE.

MEAN (Media)
Es el promedio aritmético de los valores tabulados. El acumulador de la media no pierde significancia durante la actualización de estadísticas.

STD.DEV. (Desviación Estándar)
La desviación estándar de la muestra formada por los valores tabulados.

RETRY (Reintentos)
El número de transacciones en espera de una condición específica dependiendo del estado de la entidad TABLE.

RANGE (Rangos)
Los límites inferiores y superiores de cada clase de frecuencias que son reportadas.

FREQUENCY (Frecuencia)
La frecuencia de ocurrencia dentro de cada uno de los rangos especificados.

CUM.% (Porcentaje acumulado)
Curva de frecuencias acumuladas expresadas como porcentaje del total.

CADENAS DE USUARIO

USER_CHAIN CHAIN_SIZE RETRY AVE_CONT ENTRIES MAX AVE_TIME

USER_CHAIN (Cadena de usuario)
Nombre o número de la cadena.

CHAIN_SIZE (Tamaño de la Cadena)
El número de transacciones en la cadena de usuario al final del periodo de medición.

RETRY (Reintentos)
El número de transacciones en espera de una condición específica dependiendo del estado de la entidad TABLE.

AVE_CONT (Contenido promedio)
Contenido promedio de la cadena durante el periodo de medición.

ENTRIES (Entradas)
Número total de transacciones en la cadena de usuario durante el periodo de medición.

MAX. (Máximo)
El máximo número de transacciones en la cadena de usuario durante el periodo de medición.

AVE_TIME (Tiempo promedio)
El tiempo promedio de permanencia en la cadena de usuario.

En la figura 6 se muestran los símbolos más utilizados de los diagramas de bloques del GPSS, así también se incluye la descripción de cada uno de ellos.

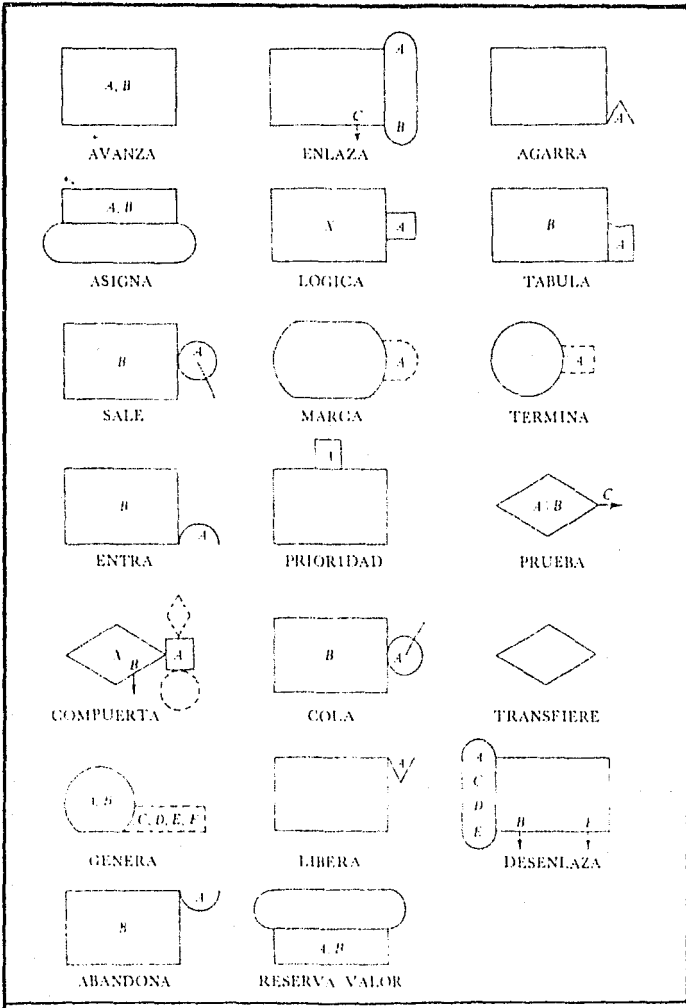


FIGURA 6
 SIMBOLOS DE LOS DIAGRAMAS DE BLOQUES DEL GPSS
 Fuente: Simulación de Sistemas
 Gordon Geoffrey

CONTINUACION FIGURA 6:

Operación	A	B	C	D	E	F
ADVANCE	Media	Modificador				
ASSIGN	Param. Núm. (±)	Fuente				
DEPART	Cola Núm.	(Unidades)				
ENTER	Almacén Núm.	(Unidades)				
GATE	Artículo Núm.	(Sigue bloque B)				
GENERATE	Media	Modificador	(Desplazamiento)	(Cuenta)	(Prioridad)	(Params.)
LEAVE	Almacenaje Núm.	(Unidades)				
LINK	Cadena Núm.	Orden	(Sigue bloque B)			
LOGIC { R S I	Switch Núm.					
MARK	(Param. Núm.)					
PRIORITY	Prioridad					
QUEUE	Cola Núm.	(Unidades)				
RELEASE	Facilidad Núm.					
SAVEVALUE	Reserva valor Núm. (±)	SNA				
SEIZE	Núm. facilidad					
TABULATE	Núm. tabla	(Unidades)				
TERMINATE	(Unidades)					
TEST	Arg. 1	Arg. 2	(Sigue bloque B)			
TRANSFER	Factor selec.	Siguiente bloque A	Siguiente bloque B			
UNLINK	Núm. cadena	Siguiente bloque A	Cuenta	(Núm. param.)	(Arg.)	(Sigue bloque B)

() indica campo opcional.

SEGUNDA PARTE - UN CASO PRACTICO

ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACION DEL
FUNCIONAMIENTO DE LA CASETA DE COBRO NO. 23, SOBRE LA
CARRETERA MEXICO-PACHUCA.

CAPITULO 5

ANALISIS DEL ESTUDIO

5.1 ANTECEDENTES.-

Como antecedentes en este caso específico, se tiene que las condiciones de operación de una parte importante de las casetas de cobro en autopistas, carreteras y puentes en diversos puntos del país, comienzan a presentar algunos síntomas de saturación permanente o en días u horas determinadas. Esta situación es percibida por el usuario de esas casetas de manera negativa y, en muchos casos, los inconvenientes que debe enfrentar en ese punto específico de su trayecto (congestionamientos, atrasos, etc.) anulan una apreciación positiva de las condiciones generales de las vías de comunicación en el resto del viaje (buen mantenimiento de las carreteras, servicios de auxilio, señalamientos adecuados, etc.).

En consecuencia, Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos, (CPFISC) considera importante mantener ciertos estándares de eficiencia en el funcionamiento de las casetas que le permitan los siguientes objetivos generales:

- mejorar la imagen general del organismo;
- justificar el cobro actual del servicio y/o posibles incrementos;

- tener un comportamiento financiero favorable;
- mantener su papel social sin que necesariamente se recurra a subsidios generalizados.

Por lo tanto y como primera experiencia de estudio se ha seleccionado la caseta de la autopista México-Pachuca (Ecatepec).

Esta selección ha considerado principalmente:

- el alto volumen de vehiculos que atiende;
- la importancia local y regional que tienen las vías de comunicación en las cuales se localiza.

El estudio para el mejoramiento del funcionamiento de las casetas de cobro en autopistas y vías de comunicación puede tener diferentes alcances de acuerdo a la descripción o conceptualización que se haga del objeto de estudio (la caseta). Por un lado, la caseta puede considerarse como parte de una vía de comunicación cuyo único y principal objetivo es recabar un cobro por el uso de esa vía. Desde esta perspectiva, optimizar su funcionamiento significa lograr que el paso por ella y por lo tanto el cobro-pago que ahí se efectúa sea rápido y expedito o, al menos, no altere demasiado el ritmo de circulación que el usuario puede tener en el resto del trayecto.

Por otro lado, la caseta puede ser considerada en si como una pequeña empresa productora de un conjunto de servicios que requieren los usuarios de las vías de comunicación terrestre. Desde esta perspectiva, uno de los servicios que ofrece la

caseta es el pago de un derecho de uso de la carretera; los otros pueden ser auxilio mecánico, servicios higiénicos, prevención de accidentes, etc. En este caso, la optimización del funcionamiento implica considerar algunos otros aspectos aparte de la rapidez y expedición en el paso del usuario.

Dentro de la estrategia de crecimiento del país en sus estructuras económicas y sociales, la red carretera es un elemento fundamental para el progreso de la nación, que actuando en conjunto con otras inversiones estimula y aprovecha el potencial de desarrollo de las diversas regiones.

Dentro de la infraestructura carretera nacional la autopista México-Pachuca ha constituido desde su construcción una parte fundamental de la red troncal básica, participando directamente en la vida económica de la región al fortalecer las actividades de producción y distribución de bienes y servicios, desde y hacia el Valle de México.

La zona metropolitana de la ciudad de México representa el mayor polo de desarrollo del país, el Estado de México ha recibido el mayor impacto de crecimiento demográfico en las últimas décadas. En Ecatepec de Morelos la urbanización y la industrialización de la zona han traído consigo incrementos notorios en la población, viéndose afectada con esto la autopista México-Pachuca por los asentamientos irregulares de

numerosos núcleos de población que se han desarrollado a lo largo de ella. Esto, por lo atractiva que resulta la vía para una comunicación rápida hacia la ciudad de México.

Lo anterior provoca que el funcionamiento de la vía, desde su inicio hasta la desviación a Ecatepec, sea de tipo urbano presentándose en las horas de alta demanda congestiones significativas en este tramo, pero sobre todo en aquellos vinculados a la caseta de cobro.

La presentación de este estudio comprende cinco partes.

El primero consiste en un diagnóstico de la autopista, para lo cual se analizan los volúmenes vehiculares y las características de la vía. La segunda etapa del estudio analiza situaciones similares a la del primero pero orientadas al diagnóstico de la caseta de cobro.

La tercera parte consiste en una simulación del funcionamiento de la caseta, en cuanto a colas, tiempos de espera y tiempos de cobro.

En la cuarta etapa se hace un pronóstico en base a la tendencia del tránsito en los últimos años, y por último se presentan las propuestas de mejoramiento, tanto para la autopista como para la caseta de cobro.

Fue necesario recopilar un conjunto de información para elaborar un diagnóstico del estado actual de la caseta de cobro. Para este estudio, basta con recopilar antecedentes

y desarrollar una observación directa del comportamiento de la cola y un levantamiento de la caseta.

La información requerida proviene de las siguientes fuentes:

a) Antecedentes, estadísticas y estudios disponibles en CPFISC, especialmente en relación con:

- tránsito de la caseta: tipos de vehículos y distribución en el tiempo;
- aspectos administrativos de la caseta: tipo y número de personal, horarios, etc.

b) Observación directa en terreno.

De aquí se pretende recabar información básicamente en relación con el comportamiento de la cola, patrón de llegada, tiempo de servicio, etc. Esto permite estudiar con mayor detalle los elementos que resultan responsables del tiempo total de estancia de los vehículos en la caseta (teoría de las colas).

Con los diagnósticos se trata de describir y analizar integralmente la información recabada de modo de evaluar las condiciones de operación de la caseta, señalando los aspectos problemáticos y/o conflictivos y la interrelación entre ellos para cada caso.

FOTO 1
AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA/PIRAMIDES, AGOSTO 1989.

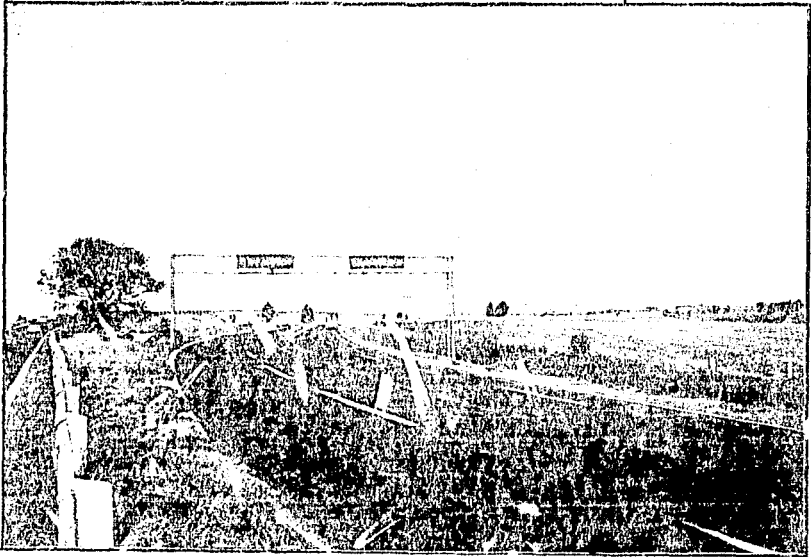
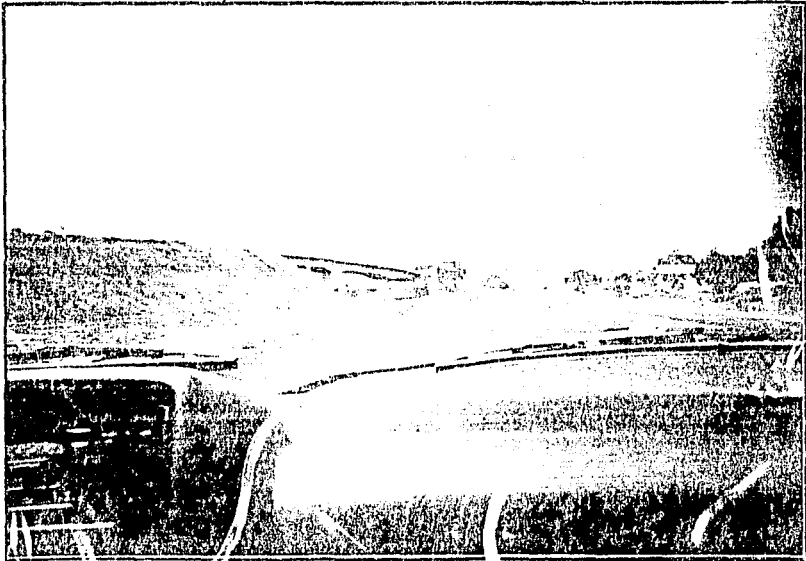
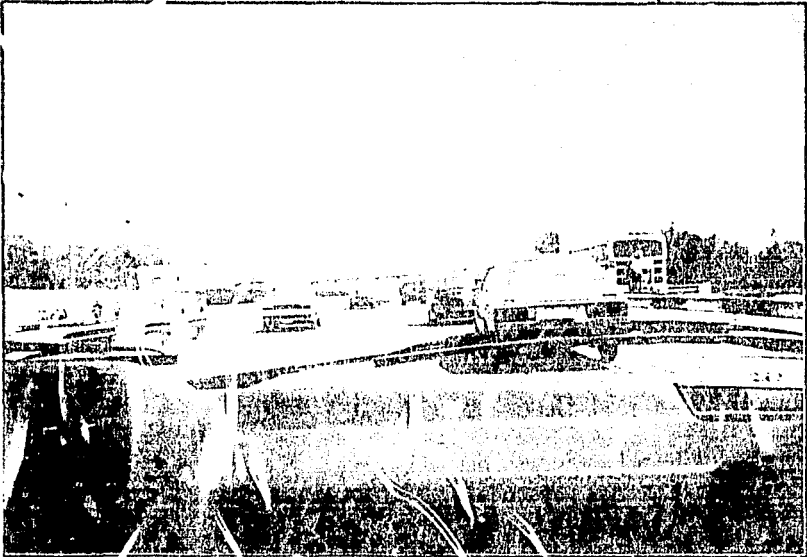


FOTO 2
AUTOPISTA PACHUCA-MEXICO, AGOSTO 1989.



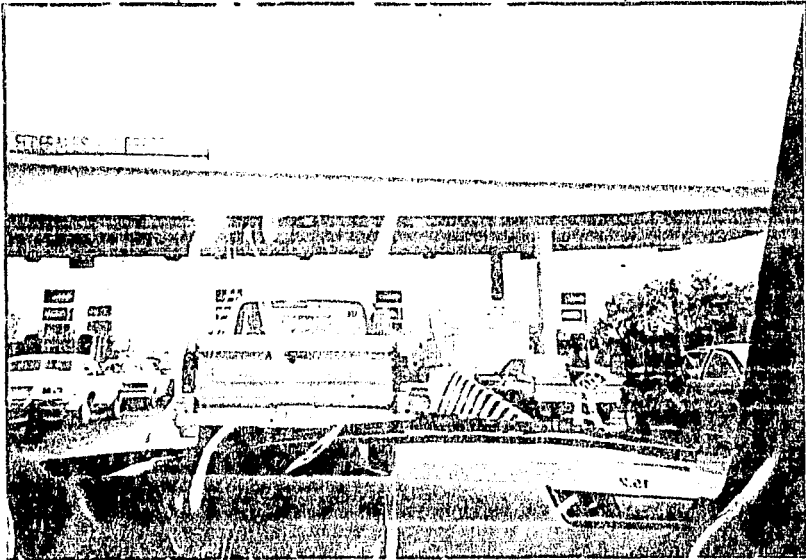
FIGO 3

ZONA DE APROXIMACION A LA CASETA DE COBRO, AGOSTO 1989.



FIGO

CASETA DE COBRO NO. 3 / CARRIL 11, AGOSTO 1989.



5.2 DIAGNOSTICO DE LA AUTOPISTA.-

5.2.1. Generalidades.

La autopista México-Tizayuca (85D) fue inaugurada en Noviembre de 1964. Actualmente el tramo de cuota comprende una distancia de 45.8 kilómetros y se encuentra en el sector de la caseta número 23.

El ancho de carpeta es de 7.30 m. (dos carriles) con un acotamiento variable desde 1.85 hasta 2.50 m. en cada sentido. Su recorrido comprende terreno plano y de lomerío, y la velocidad de proyecto de la carretera para estos tipos de terreno fue diseñada para 100 y 90 kph respectivamente, estas características la ubican en las especificaciones como un camino tipo A.

El servicio de auxilio mecánico y de información turística en la autopista lo presta la Secretaría de Turismo mediante el patrullaje de los Angeles Verdes. En total cuatro unidades recorren la vía, generalmente dos transitan en el tramo México-Tizayuca, una en la zona de las pirámides y la otra de Tizayuca a Pachuca. El horario de trabajo de estas unidades es de 8:00 a 20:00 hrs. aunque el tránsito por la autopista

es de 8:30 a 19:30 hrs. En días de alta demanda el horario de los Angeles Verdes se prolonga por dos o tres horas más.

En uno de los diversos planes que se han implementado para combatir la contaminación, se prohibió el paso de los autobuses urbanos más allá de la estación del metro Indios Verdes. Esto ha ocasionado que la demanda de transporte a puntos más alejados sea cubierta por colectivos. Existe una diferencia de capacidad entre ambos medios de transporte, por lo que un camión suburbano es sustituido por ocho o nueve combis, o por dos microbuses del servicio colectivo.

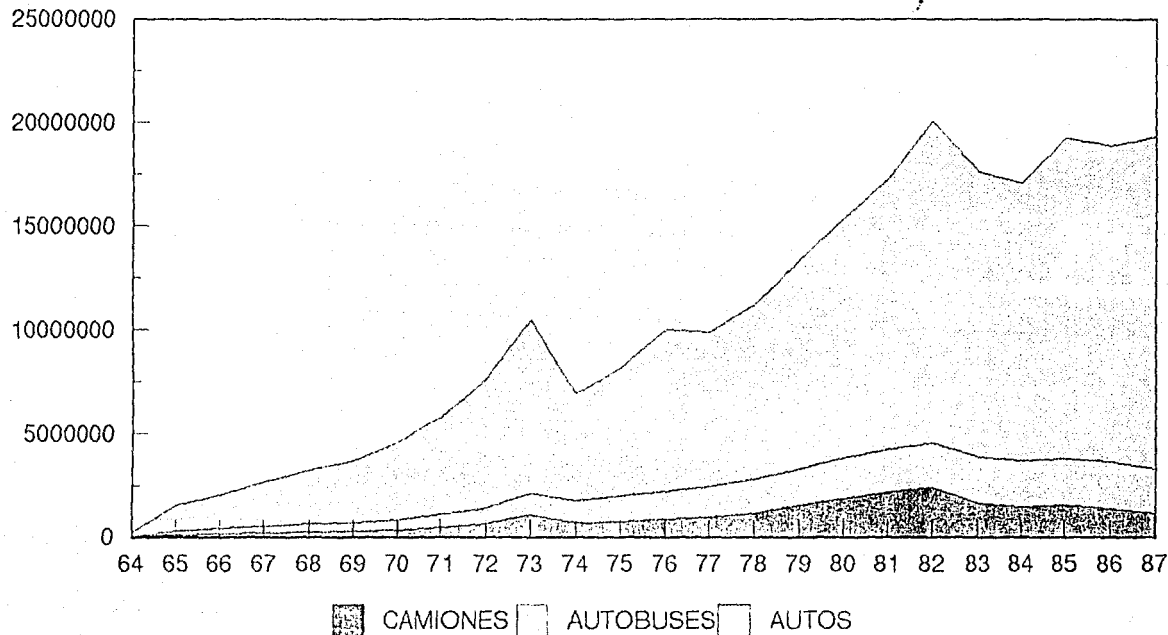
5.2.2. Volúmenes de Tránsito.

5.2.2.1. Volúmenes Anuales.

Los volúmenes anuales de tránsito que han circulado por la autopista México-Tizayuca desde su inauguración muestran un crecimiento más o menos constante. En la gráfica 1 pueden observarse dos grandes desplomes en 1974 y 1983, el primero debido a la construcción de la Vía Morelos como un medio de comunicación alterna hacia la zona de Ecatepec, el segundo causado por la grave crisis económica sufrida por el país en ese período. En ambos casos el descenso es de automóviles y camiones, manteniéndose la tendencia al crecimiento en

GRAFICA 1
AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA
VOLUMENES DE TRANSITO ANUALES

vehiculos



Fuente: Prontuario Carretero Oct' 83

autobuses dentro de estos periodos. Desde 1981 puede observarse que el volumen de vehiculos ha sobrepasado los 17 millones, sin alcanzar todavia los niveles de 1982, año en el cual se tuvo un volumen mayor a los 20 millones.

Por lo que, toca a la composición del tránsito vehicular, cabe destacar que la mayor proporción corresponde a automóviles, seguidos por autobuses y camiones, habiendo una excepción en los años de 1973, 1981 y 1982.

5.2.2.2. Volúmenes Mensuales.

En la tabla 5 se establece un comparativo entre los volúmenes mensuales que se han presentado en los primero siete meses de 1988 y los de 1989.

TABLA 5.-

TRANSITO DE VEHICULOS
COMPARATIVO MENSUAL

MES	VEHICULOS 1988	VEHICULOS 1989	DIFERENCIA VEHICULOS	DIFERENCIA %
ENERO	1'485,345	1'803,893	318,548	21.45
FEBRERO	1'382,107	1'575,544	193,437	14.00
MARZO	1'575,455	1'714,325	138,870	8.81
ABRIL	1'428,609	1'708,862	280,253	19.62
MAYO	1'650,821	1'645,341	(5,480)	(0.33)
JUNIO	1'433,020	1'383,563 1)	(49,457)	(3.45)
JULIO	1'459,256	1'549,046 1)	89,790	6.15
TOTAL	10'414,613	11'380,574	965,961	9.28

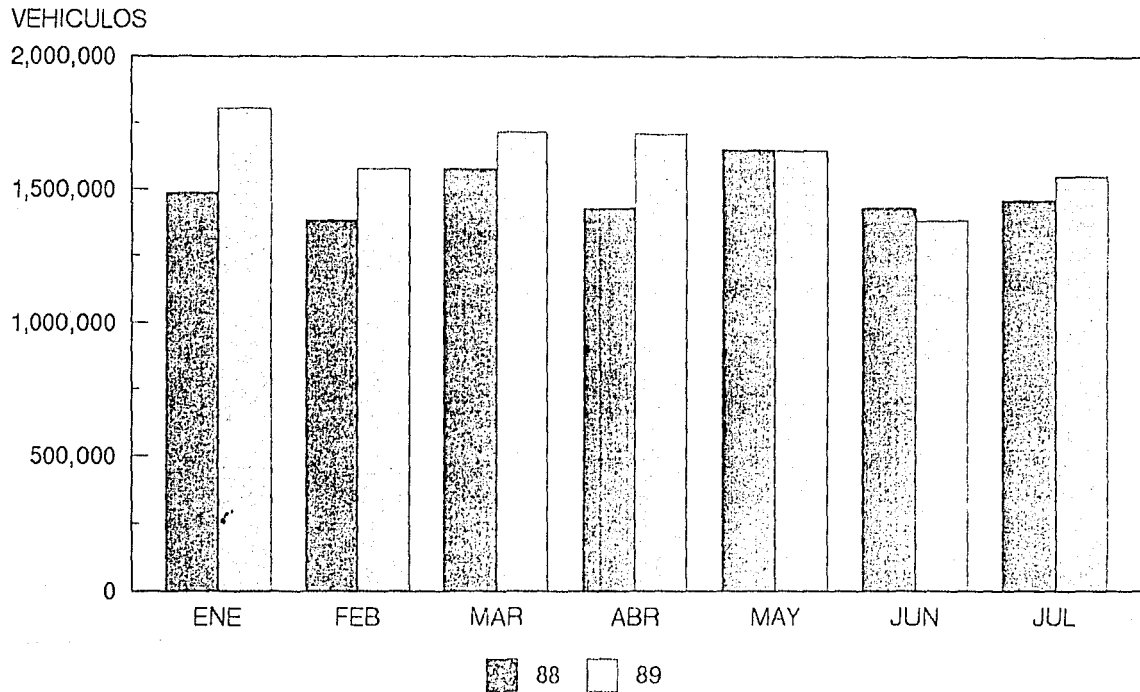
FUENTE: Informes Estadísticos Comparativos Mensuales 1988-1989.

1) : Datos obtenidos en la Caseta de Cobro No. 23.

Los meses que muestran decrementos en los volúmenes de tránsito son Mayo y Junio, aunque en ambos casos se trata de volúmenes muy pequeños, en Mayo la reducción fue de 0.33% y en Junio el tránsito bajó el 3.45%.

Para ilustrar gráficamente el comparativo de 1988-1989 en los primeros siete meses, los datos se presentan en un diagrama de barras en la gráfica 2.

GRAFICA 2
AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA
TRANSITO MENSUAL 1988-1989



Fuente: S.C.T.

5.2.2.3. Volúmenes Diarios.

Por lo que toca a los volúmenes observados en el pasado año, las cifras correspondientes al tránsito detectado en la caseta de cobro durante los meses de Agosto de 1988 a Julio de 1989, pueden observarse en la tabla resumen.

Los volúmenes vehiculares no son muy variables, y el día de la semana en el que se presenta el mayor volumen de vehículos es el sábado, estando este valor alrededor de los 57,000 vehículos, que no representa mucha diferencia comparado con los demás días. La tabla 6 muestra los valores promedio de los doce meses analizados, así como las cifras correspondientes al día valle y día pico de cada mes y sus variaciones correspondientes con respecto al promedio.

TABLA 6.-

VOLUMENES DIARIOS OBSERVADOS DE AGOSTO 1988 A JULIO 1989.

MES	DIA VALLE		PROMEDIO	DIA PICO	
	TRANSITO	VAR/PROM		TRANSITO	VAR/PROM.
Agosto	40764	-20%	50907	59472	+17%
Septiembre	36838 ***	-28% **	51079	59900	+17%
Octubre	44958	-12%	51025	62809	+23%
Noviembre	48941	-10%	54328	63343 *	+17%
Diciembre	43560	-20%	54305	62038	+14%
Enero	47508	-12%	54005	61004	+13%
Febrero	46390	-11%	52036	60405	+16%
Marzo	42362	-16%	50472	61355	+22%
Abril	45149	-14%	52724	59336	+13%
Mayo	42979	-12%	48899	54994	+12%
Junio	41580	-10%	46119	53736	+17%
Julio	45640	- 9%	49969	57036	+14%
TOTAL	36838	-33%	21081	38688	+84%

* El día pico corresponde al sábado 19 de Noviembre 1988.

** En esta fecha se observa la mayor variación respecto al promedio mensual, siendo del 28% y que corresponden al 1 de Septiembre.

*** El día 1 de Septiembre es el de menor tránsito y corresponde al día del informe presidencial de 1988.

Cabe destacar que los volúmenes mínimos se observan de lunes a jueves y los máximos de viernes a domingo.

FUENTE: Control diario de vehículos e ingresos.

Las variaciones observadas muestran las características del tránsito en la autopista que opera prácticamente en las mismas condiciones durante todos los días de la semana, siendo mayores en sábados y viernes.

Al realizar un análisis de los volúmenes diarios que se presentaron en el periodo de Agosto de 1988 a Julio de 1989, se observa que en el promedio diario el sábado sigue teniendo el mayor volumen con 56,234 automóviles, seguido del viernes con 53,375. La tabla 7 a continuación muestra el tránsito diario promedio de todos los días de la semana.

TABLA 7.-

TRANSITO DIARIO PROMEDIO
EN EL PERIODO DE AGOSTO DE '88 A JULIO DE '89

DIA	VEHICULOS
Lunes	49,518
Martes	49,614
Miércoles	50,311
Jueves	50,003
Viernes	53,375
Sábado	56,234
Domingo	50,215

5.2.2.4. Volúmenes Horarios.

Con objeto de analizar las variaciones horarias máximas se realizó un conteo de vehículos en la Caseta No 23, en ambos sentidos de la autopista el domingo 27 de Agosto de 1989 de las 8:00 a las 17:00 horas. Los resultados que se obtuvieron se muestran en las tablas que se incluyen en el anexo 1.

Como conclusiones pueden señalarse las siguientes:

En sentido de México a Pachuca la hora pico queda comprendida entre las 12:30 y las 13:30 horas. En este periodo se observa un volumen de 2463 vehículos. El flujo más importante corresponde al periodo entre las 12:30 y las 12:45, en el cual se observa un intervalo de 1.38 segundos entre dos vehículos.

En sentido de Pachuca a México, el volumen máximo horario se observa de 8:30 a 9:30 horas, siendo de 2876 vehículos. Este volumen es superior al observado de México a Pachuca. El lapso en el cual se registro mayor número de vehículos fue el de 8:30 a 8:45, siendo de 815, este volumen aforado permite determinar un intervalo entre vehículos de 1.46 segundos.

Las variaciones horarias son muy grandes, como se observa en la tabla 8 siguiente.

TABLA 8.-

VARIACIONES HORARIAS OBSERVADAS EN CADA SENTIDO.

MEXICO - PACHUCA			PACHUCA - MEXICO		
PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO
2159	1873	2463	2261	1805	2876
	-13%	+14%		-20%	+27%

5.3 DIAGNOSTICO DE LA CASETA DE COBRO.-

La caseta de cobro como parte integral de una carretera de cuota, representa un punto fundamental dentro de la operación de la autopista, por lo cual es importante mantener estándares de eficiencia en su funcionamiento, para lograr que el paso por ella no altere el ritmo de circulación de los vehículos y se ofrezca a los usuarios calidad en los servicios que se prestan por el pago de un derecho de tránsito en la vía.

5.3.1. Entorno Social.

La caseta de cobro número 23 se ubica sobre la autopista México-Tizayuca a la altura del kilómetro 21.000. Se localiza dentro de una zona urbana en el municipio de Ecatepec, en el Estado de México.

La población en Ecatepec ha mostrado en las últimas décadas un acelerado crecimiento, en 1960 ascendió a 40,800 habitantes, para 1970 se elevó a 216,500 y en 1980 alcanzó los 784,500. La tasa media anual de crecimiento demográfico en el periodo de 1960-1970 fue de 18.15% y en el decenio 1970-1980 llegó al 13.25%. Una tasa de crecimiento mayor que

la estatal que fue de 6.69% en ese mismo lapso.

El incremento demográfico se explica por la existencia de fuertes corrientes migratorias. Ecatepec es una región receptora en gran escala, debido a su cercanía con el Distrito Federal y por su desarrollo industrial.

Esto ha incidido directamente en el asentamiento irregular de numerosos núcleos humanos dentro del territorio municipal. La autopista México-Pachuca se ha visto afectada directamente con este entorno, ya que por lo atractiva que resulta como un rápido medio de comunicación hacia la ciudad de México estos grupos se han establecido a lo largo de ella.

La existencia de paradas de autobuses y colectivos en la zona de la caseta, provocan un tránsito de peatones que afecta el funcionamiento operativo de la misma, ya que los usuarios del transporte público cruzan por la zona de cobro, pues de este modo se protegen del tránsito de vehículos con las bahías de los módulos de cobro. Esto implica un riesgo para los peatones y provoca conflictos en la circulación de automóviles.

La caseta por ser una zona en la cual la circulación de los vehículos se detiene, hace atractivo el lugar para la venta ambulante de mercancía.

La presencia de vendedores entre el flujo de autos puede ser causa de accidentes y la venta ambulante causa retrasos considerables en el paso de los vehiculos a través de los módulos de cobro.

5.3.2. Características Generales.

La caseta cuenta con doce módulos de cobro y trece carriles para el cruce de autos, numerados del 1 al 13.

La figura 7 se hizo en base a un levantamiento físico. En ella se puede observar la distribución de la zona. Generalmente cuatro carriles (del 1 al 4) dan servicio a la circulación de Ecatepec-México, tres carriles (del 5 al 7) se usan para Pachuca-México, tres se utilizan para México-Pachuca (del 8 al 10) y en sentido México-Ecatepec se usan tres (del 11 al 13). Aunque las condiciones de demanda modifican la disponibilidad de los carriles.

En sentido de México a Pachuca se cuenta con una pequeña área de estacionamiento de aproximadamente 180 m². Igualmente se cuenta con una reducida zona para estacionarse de Pachuca a México de aproximadamente 375 m².

La sección de la carretera se ensancha en las proximidades de la caseta hasta alcanzar 36 m. en sentido México-Pachuca y 42 m. en sentido Pachuca-México. La distancia de entrecruzamiento, tomada desde el inicio del área de la caseta hasta el punto de pago es de 100 m. en sentido Pachuca-México y de 170 m. en sentido México-Pachuca.

Esta área es muy importante ya que en ella los conductores deciden a cual de los carriles enfilear para cruzar la caseta de cobro.

5.3.3. Volúmenes de Tránsito.

En la tabla 9 siguiente se muestran los volúmenes de tránsito cuantificados a partir de las liquidaciones diarias correspondientes al mes de Enero de 1989. Se tomó este mes para el análisis, debido a que fué el que presentó mayor aforo vehicular, como se muestra en la gráfica 2 de tránsito mensual.

El análisis de estos datos permite identificar el tránsito aforado en la caseta por turno y por carril, de manera que se pueda cuantificar el flujo de vehiculos en cada sentido así como la afluencia de vehiculos y la operación de la caseta en los días y horas pico.

La tabla a continuación muestra estos volúmenes.

TABLA 9.-

AUTOPISTA MEXICO-TIZAYUCA.

CASETA DE COBRO NO. 22

VOLUMENES DIARIOS POR SENTIDO. ENERO/89

DIA	SENTIDO		TURNOS-CARRIL		PROMEDIO		INTERVALO DE	
	P-M	M-P	P-M	M-P	POR TURNO-CARR		SERVICIO	
					P-M	M-P	P-M	M-P
DOM	27138	21718	17	13	1596	1671	18.041	17.239
LUN	29810	25417	18	15	1656	1694	17.390	16.996
MAR	28267	26359	18	15	1570	1757	18.339	16.389
MIE	29264	28631	18	15	1626	1909	17.715	15.089
JUE	30909	29746	18	16	1717	1859	16.772	15.491
VIE	27806	29078	15	15	1854	1939	15.536	14.857
SAB	28163	29613	14	14	2012	2115	14.317	13.616
DOM	27291	24023	16	13	1706	1848	16.885	15.585
LUN	27287	24264	17	15	1605	1618	17.943	17.804
MAR	26884	24236	17	14	1581	1731	18.212	16.636
MIE	24989	22180	17	15	1470	1479	19.593	19.477
JUE	26416	25557	17	15	1554	1704	18.534	16.903
VIE	27675	28808	16	15	1730	1921	16.650	14.996
SAB	28144	27978	15	15	1876	1865	15.350	15.441
DOM	28446	24377	17	13	1673	1875	17.212	15.359
LUN	26052	24591	17	15	1532	1639	18.793	17.567
MAR	25161	27017	17	15	1480	1801	19.459	15.990
MIE	25666	26697	17	15	1510	1780	19.076	16.182
JUE	26980	26281	17	15	1587	1752	18.147	16.438
VIE	26268	28730	16	15	1642	1915	17.542	15.037
SAB	29348	28983	15	14	1957	2070	14.720	13.912
DOM	27562	23625	17	13	1621	1817	17.764	15.848
LUN	26133	25163	17	15	1537	1678	18.735	17.168
MAR	26751	25071	17	15	1574	1671	18.302	17.231
MIE	26231	25084	17	15	1543	1672	18.665	17.222
JUE	26973	25686	17	15	1587	1712	18.151	16.819
VIE	26667	28323	15	15	1778	1888	16.200	15.253
SAB	28222	27460	15	15	1881	1831	15.307	15.732
DOM	28499	25008	17	13	1676	1924	17.180	14.971
LUN	27829	26239	17	15	1637	1749	17.593	16.464
MAR	29816	26383	18	15	1601	1759	17.990	16.374
TOTAL	851647	812326						

$$\text{TIEMPO MINIMO DE SERVICIO} = \frac{3600 \times 8}{2115} = 13.617 \text{ SEG.}$$

Nota: Liquidaciones Enero/89 CyPFISC.

Puede observarse de la tabla anterior, que el tránsito en ambos sentidos en todos los días de la semana no presenta muchas variaciones, esto se debe a que un alto porcentaje de los pasajeros se trasladan por motivos de trabajo, lo que reafirma la idea de que se está estudiando una vía de tipo urbano.

La tabla 9 corresponde al mes de Enero de 1989, que resulto ser el mes pico en el periodo analizado (Ver gráfica 2). Nótese que aun el día primero de Enero el volumen tiene una variación mínima. El volumen pico se observa en el sentido Pachuca-México el día jueves 5 de Enero, registrándose 30,909 vehiculos y en el sentido México-Pachuca también se presenta en ese mismo día registrándose 29,746 vehiculos. La siguiente tabla 10 muestra el comportamiento del tránsito por carril y por turno en ambos sentidos.

Analizando la distribución del tránsito en los diferentes turnos puede afirmarse que el tránsito de Ecatepec a México se concentra en el primer turno (7:00 a 15:00 hrs.), de Pachuca a México se concentra también en el primer turno (7:00 a 15:00 hrs.). De Mexico a Pachuca el tránsito se concentra en el segundo turno (15:00 a 23:00 hrs.) salvo en un caso que se presenta en el primer turno (7:00 a 15 hrs.), y el volumen de México a Ecatepec también se concentra en el segundo turno (15:00 a 23:00 horas).

Un análisis del comportamiento del tránsito por carril indica una preferencia del carril 4 para el sentido Ecatepec-México, del carril 7 para Pachuca-México, del carril 8 para México-Pachuca y del carril 11 para México-Ecatepec que constituyen los carriles que están más hacia el centro.

Debe resaltarse el hecho de que los carriles con menor tránsito son invariablemente los de los extremos (1 y 13) en ambos sentidos.

TABLA 10.-

VOLUMENES VEHICULARES DIARIOS POR CARRIL

JUEVES 5 DE ENERO DE 1989.

CARRIL	TURNO	SENTIDO	VEHICULOS
1	1	E-M	128
	2		
	3		
2	1	E-M	918
	2		
	3	E-M	278
3	1	E-M	3,639
	2	E-M	2,821
	3	E-M	510
4	1	E-M	3,711
	2	E-M	2,969
	3	E-M	1,567

.....continua tabla

CARRIL	TURNO	SENTIDO	VEHICULOS
5	1	P-M	2,060
	2	P-M	1,572
	3	P-M	735
6	1	P-M	2,284
	2	P-M	1,538
	3	P-M	209
7	1	P-M	3,005
	2	P-M	2,068
	3	P-M	1,078

8	1	M-P	2,745
	2	M-P	3,318
	3	M-P	703
9	1	M-P	1,653
	2	M-P	2,520
	3	M-P	969
10	1	M-P	1,512
	2	M-P	1,334
	3		
11	1	M-E	2,551
	2	M-E	3,568
	3	M-E	247
12	1	M-E	2,326
	2	M-E	3,097
	3	M-E	2,001
13	1		
	2	M-E	1,162
	3	M-E	204

total	1	E-M	8,396
		P-M	7,349
		M-P	5,910
	2	M-E	4,877
		E-M	5,790
		P-M	5,178
	3	M-P	7,172
		M-E	7,827
		E-M	2,355
		P-M	2,022
		M-P	1,672
		M-E	2,452
			61,000

$$\text{Intervalo m\u00ednimo de servicio(P-M)} = \frac{3600 \times 8}{3711} = 7.76 \text{ seg}$$

$$\text{Intervalo m\u00ednimo de servicio(M-P)} = \frac{3600 \times 8}{3568} = 8.07 \text{ seg}$$

Si se considera el intervalo m\u00ednimo de servicio calculado en la tabla anterior basada en las cifras del carril m\u00e1s eficiente en el d\u00eda pico del a\u00f1o, puede hacerse un an\u00e1lisis que determine la capacidad m\u00e1xima de la caseta.

Considerando que en la direcci\u00f3n Ecatepec a M\u00e9xico se llegan a utilizar cuatro carriles, la capacidad de la caseta en veh\u00edculos por hora ser\u00eda:

$$(3600 \times 4) / 7.76 = 1856 \text{ veh/hora.}$$

Para Pachuca-M\u00e9xico, tomando en consideraci\u00f3n que generalmente se operan tres carriles, la capacidad ser\u00eda:

$$(3600 \times 3) / 7.76 = 1391 \text{ veh/hora.}$$

Para M\u00e9xico-Pachuca, considerando tres carriles:

$$(3600 \times 3) / 7.76 = 1391 \text{ veh/hora.}$$

Para M\u00e9xico-Ecatepec considerando los tres carriles que usualmente son utilizados, se tendr\u00eda una capacidad igual que la anterior:

$$(3600 \times 3) / 7.76 = 1391 \text{ veh/hora.}$$

5.3.4. Características de operación.

Cualquier caseta de cobro constituye en si un obstáculo para los usuarios que reduce la capacidad de la vía desde el momento en que reduce en un momento dado la velocidad de servicio a cero. En la medida en que la duración de este alto total se incrementa, se reducirá la capacidad de la carretera. Es por esto que la eficiencia con que funcione una caseta de cobro es de extrema importancia para mejorar o empeorar el nivel de servicio de la vía.

La caseta 23 en la autopista de Pachuca opera bajo condiciones prácticamente estables de demanda, lo que simplifica las medidas operativas que se tomen. A partir de esto se presenta un análisis interesante en base al número de turnos-carril en operación, puede verse que en el sentido de Tizayuca a México se operan entre 15 y 18 turnos-carril, siendo 17 el número más común y en el sentido inverso México a Tizayuca se operan entre 13 y 16 turnos-carril, siendo de 15 el más común. Considerando la totalidad de carriles (13) y los turnos trabajados (3), el número máximo utilizable por día es de 39 turnos-carril.

Se puede decir, a partir de los datos obtenidos en las liquidaciones del mes de Enero, que los carriles del 1 al 4, funcionan en sentido Ecatepec-México, los carriles del 5 al 7 en sentido Pachuca-México, los carriles del 8 al 10 en sentido México-Pachuca y los carriles del 11 al 13 en sentido México-Ecatepec.

Eventualmente algunos carriles se cierran al paso de vehículos en un sentido y se abren en otro, de acuerdo a los requerimientos de la demanda. Debe observarse que aún en el día pico el carril 1 permaneció cerrado durante el segundo y tercer turno, el carril 2 durante el segundo, el carril 10 durante el tercero y el carril 13 durante el primero.

5.4 CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO.-

En general, se puede concluir del diagnóstico las dificultades que se presentan en la operación de la caseta:

En la hora pico se forman grandes colas en espera de cruzar la caseta. Esta situación no es necesariamente causada por la eficiencia en el cobro de la cuota, sino mas bien al gran volumen de tránsito que se presenta en este periodo que rebasa la capacidad de la caseta, de la zona de regulación y de la vía misma. Esto se agrava si se toma en cuenta los

retrasos debidos al intervalo de respuesta del conductor al reiniciar la marcha en la cola.

La visibilidad al llegar a la "zona de decisión" no es adecuada, lo que causa confusión, ya que es difícil detectar cuales son los carriles abiertos y cuales tienen menor cola. A esto hay que agregar que los semáforos que indican los carriles abiertos no son visibles con claridad y ocasionalmente están apagados o descompuestos.

Un aspecto importante a tratar en cuanto al funcionamiento de la caseta es la situación de que el usuario debe decidir en un periodo de tiempo muy corto de tiempo sobre cual de los carriles optar. Este problema puede tratarse considerando a la zona de aproximación a la caseta como una intersección múltiple a nivel, en donde se obliga al usuario a tomar varias decisiones a un tiempo.

En ocasiones se cierran carriles intermedios, lo que obliga a algunos usuarios a regresar a alguna de las colas, ocasionando molestias a los usuarios y retrasos en el servicio.

La zona de San Juan Ixhuatepec sufre inundaciones en días de fuertes lluvias y en algunas ocasiones provocan un remanso de vehiculos que afecta a la caseta.

En el cambio de turno el cobro a los usuarios se suspende

totalmente por lo que se ocasionan problemas a los usuarios. En el primer turno comprendido entre las 7:00 y las 15:00 hrs. coinciden la hora pico del tránsito y la liquidación. Lo que indudablemente causa problemas.

La caseta de cobro No. 23 cuenta con el siguiente personal de operación (datos proporcionados por la Gerencia de Recursos Humanos):

- 2 Inspectores de caseta.
- 1 Jefe de oficina.
- 6 Jefes de operación.
- 1 Subcontador (adscrito a las oficinas de la Delegación).
- 47 Cobradores.
- 1 Auxiliar de contabilidad.
- 1 Técnico en electrónica.
- 1 Chofer de camión.
- 1 Mecnógrafa.
- 35 Auxiliares de intendencia.

Como puede observarse, el número de cobradores es apenas el justo, ya que el número máximo de turnos-carril es de 39, según cálculos efectuados en párrafos anteriores, pero se considera que normalmente no se operan los 39 turnos-carril.

CAPITULO 6

SIMULACION DE LA OPERACION

6.1 INTRODUCCION.-

Con objeto de conocer el impacto que la variación en los volúmenes de tránsito o la aplicación de ciertas medidas operativas tendría sobre el funcionamiento de las casetas consideradas como puntos de servicio, se elaboró una serie de modelos de simulación con base en el lenguaje de simulación GPSS (General Purpose Simulation System).

En estos modelos se considera el arribo empírico de acuerdo a un conteo de vehículos en la caseta y un tiempo de servicio distribuido exponencialmente alrededor de una media tomada de las estadísticas de operación analizadas en este estudio. Para simular cada uno de los modelos se decidió usar los máximos volúmenes vehiculares, ya que de esta manera se maximiza el objetivo, que principalmente es la operación de la caseta bajo condiciones críticas.

Se simula en cada modelo el paso de vehículos por la caseta, así también el tiempo de cobro que es un factor muy importante para controlar las colas de vehículos. También se analizan los modelos incluyendo carriles adicionales.

6.2 MODELOS EN GPSS Y COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS.-

En el primer modelo se considera la distribución estadística del tránsito a los carriles de acuerdo a las características operativas tomadas de la información analizada. En el segundo como en el tercero, se considera que el usuario elige libremente el carril que más le conviene según su trayectoria al aproximarse a la zona de la caseta.

Las llegadas de vehículos a la caseta se generan a partir de una distribución empírica de frecuencias, construida de las estadísticas tomadas del conteo del día domingo 27 de Agosto de 1989, de las 8 a las 17 hrs.

El tránsito que se asigna a cada carril se toma de acuerdo con la distribución observada en el día pico, que resultó ser el Jueves 5 de Enero de 1989.

Esta distribución es la siguiente:

CARRIL 1	0.81 %	CARRIL 2	5.83 %
CARRIL 3	23.11 %	CARRIL 4	23.57 %
CARRIL 5	13.08 %	CARRIL 6	14.51 %
CARRIL 7	19.09 %	CARRIL 8	22.12 %
CARRIL 9	16.80 %	CARRIL 10	8.89 %
CARRIL 11	23.79 %	CARRIL 12	20.65 %
CARRIL 13	7.74 %		

De lo cual resultan los porcentajes acumulados de utilización en cada carril, y que se muestran en la siguiente tabla 11:

TABLA 11.-

Porcentajes acumulados de utilización en cada carril, en el día pico, Jueves 5 de Enero de 1989, por turno de 8 horas.

Sentido	Carril	No. Vehículos	% Utiliz.	% Acum.	T.cerro
Ecatepec	1	128	0.81	0.81	10
México	2	918	5.83	5.87	9
	3	3,639	23.11	24.75	8
	4	3,711	23.57	33.55	7
	Subtotal	8,396		0.5332	
Pachuca	5	2,060	13.08	28.02	9
México	6	2,284	14.51	43.18	8
	7	3,005	19.09	100.00	7
	Subtotal	7,349		0.4667	
Total Pach-Mex		15,745 vehic/8hrs = 1,968 vehic/hora			
México	8	3,318	22.12	22.12	7
Pachuca	9	2,520	16.80	21.57	8
	10	1,512	8.89	14.55	9
	Subtotal	7,350		0.4843	
México	11	3,568	23.79	45.58	7
Ecatepec	12	3,097	20.65	72.71	8
	13	1,162	7.74	100.00	9
	Subtotal	7,827		0.5157	
Total Mex-Pach		15,177 vehic/8hrs = 1,897 vehic/hora			
Total Caseta		30,922 vehic/8hrs = 3,865 vehic/hora			

Sin embargo, con objeto de analizar las variaciones horarias máximas, se realizó un conteo de vehículos en la caseta y en ambos sentidos, el domingo 27 de Agosto de 1989. Estos volúmenes por sentido son los siguientes:

Volúmen aforado HMD (Hora Máxima Demanda).-

Pachuca-México: 2,876 vehiculos/hora
 México-Pachuca: 2,463 vehiculos/hora
 Ambos sentidos: 5,339 vehiculos/hora
 Tiempo Servicio: 8 segundos

MODELO 1.-

El primer modelo asigna el tránsito a los carriles de acuerdo con la distribución observada en los datos analizados.

Aquí se simula el tránsito en ambos sentidos, de México a Pachuca y de Pachuca a México.

Se generan así del modelo 3,347 vehículos por hora.

Con base en lo anterior, se analiza la operación de los carriles 1 a 13, que son los que operan en los días pico para satisfacer la demanda de los vehículos de y hacia la ciudad de México, provenientes de la ciudad de Pachuca, y de la zona de Ecatepec así como de las Pirámides de Teotihuacán.

El tiempo de servicio se determina a partir de una distribución exponencial con media igual a 7 segundos para los carriles centrales (7 y 8); este valor se incrementa en un segundo hacia los carriles laterales para reflejar el efecto de cambio de carril en el tiempo total de servicio.

La distribución de frecuencias de llegadas a la caseta de cobro que se muestra en la siguiente tabla 12, se tomó de un conteo de vehículos en ambos sentidos realizado el día 27 de Agosto de 1989 de las 8:00 a las 17:00 horas. Ver Anexo 1.

TABLA 12.-

Distribución de frecuencias de llegadas a la caseta de cobro.

	PACHUCA-MEXICO (A) (Vehiculos)	PROB.ACUM. (B) $X=Ant+(1/36)$	FRECUENCIA (C) $Y=900/A\&$
0	-	0.0000	0.00
1	815	0.0278	1.10
2	737	0.0556	1.22
3	722	0.0833	1.25
4	704	0.1111	1.28
5	674	0.1389	1.34
6	650	0.1667	1.38
7	638	0.1944	1.41
8	637	0.2222	1.41
9	636	0.2500	1.42
10	629	0.2778	1.43
11	622	0.3056	1.45
12	606	0.3333	1.49
13	606	0.3611	1.49
14	598	0.3889	1.51
15	586	0.4167	1.54
16	583	0.4444	1.54
17	581	0.4722	1.55
18	561	0.5000	1.60
19	559	0.5278	1.61
20	554	0.5556	1.62
21	547	0.5833	1.65
22	531	0.6111	1.69
23	515	0.6389	1.75
24	514	0.6667	1.75
25	503	0.6944	1.79
26	490	0.7222	1.84
27	479	0.7500	1.88
28	478	0.7778	1.88
29	476	0.8056	1.89
30	474	0.8333	1.90
31	473	0.8611	1.90
32	466	0.8889	1.93
33	462	0.9167	1.95
34	435	0.9444	2.07
35	420	0.9722	2.14
36	391	1.0000	2.30

TOTAL= 31

CONTINUACION DE LA TABLA 12.-

	MEXICO-PACHUCA (A) (Vehiculos)	PROB.ACUM. (B) $X=Ant+(1/36)$	FRECUENCIA (C) $Y=900/A\&$
0	-	0.0000	0.00
1	652	0.0278	1.38
2	637	0.0556	1.41
3	623	0.0833	1.44
4	620	0.1111	1.45
5	616	0.1389	1.46
6	612	0.1667	1.47
7	608	0.1944	1.48
8	606	0.2222	1.49
9	596	0.2500	1.51
10	592	0.2778	1.52
11	581	0.3056	1.55
12	576	0.3333	1.56
13	571	0.3611	1.58
14	565	0.3889	1.59
15	559	0.4167	1.61
16	558	0.4444	1.61
17	554	0.4722	1.62
18	549	0.5000	1.64
19	549	0.5278	1.64
20	544	0.5556	1.65
21	540	0.5833	1.67
22	538	0.6111	1.67
23	536	0.6389	1.68
24	528	0.6667	1.70
25	509	0.6944	1.77
26	505	0.7222	1.78
27	499	0.7500	1.80
28	492	0.7778	1.83
29	480	0.8056	1.88
30	476	0.8333	1.89
31	468	0.8611	1.92
32	465	0.8889	1.94
33	462	0.9167	1.95
34	459	0.9444	1.96
35	362	0.9722	2.49
36	341	1.0000	2.64

TOTAL= 34

Corrida 1.

En esta corrida se analiza únicamente una hora en la cual se presenta un tránsito equivalente al de la hora de máxima demanda de acuerdo a las observaciones realizadas.

Para ésto, se simuló una hora de operación (3600 seg.) y se generaron 3,347 arribos. En la página 4 del listado de resultados de la corrida se observa que el carril con mayor demanda fué el carril 3, que trabajó un 99.7% del tiempo de simulación. Es importante destacar que los carriles 3,4,6,7,8,11 y 12 presentan una utilización superior al 90%. De igual manera, puede observarse que los carriles que presentaron mayores colas de vehiculos fueron los carriles 3 y 4, aunque el carril con mayor longitud de cola en promedio fué el 3. Obsérvese además que los tiempos de espera en la cola superan en los 515 segundos en el carril 3, 312 segundos en el carril 4, 209 segundos en el carril 12 y 181 segundos en el carril 8. En los demás carriles estos tiempos de espera son considerablemente menores.

Cabe mencionar que, no obstante las longitudes máximas de las colas observadas son importantes, la existencia de 191 vehiculos en cola en un momento dado rebasa considerablemente la longitud de almacenamiento de 170 metros que existe en la caseta, considerando una longitud promedio de seis metros por vehiculo.

MODELO 1A.-

Corrida 2.

En esta corrida se simula un tiempo de 1 hora, a fin de analizar el efecto que tendría una reducción de un segundo en el tiempo de servicio de cada carril. De aquí se generaron 3,358 vehículos por hora de simulación.

Es importante mencionar que en esta corrida se observan reducciones verdaderamente importantes en las longitudes de colas máximas y promedio así como en los tiempos de espera. Si se analizan los contenidos promedio de las colas se reducen casi en un tercio, y las longitudes máximas de éstas no llegan a rebasar los 130 vehículos en el peor de los casos, que es el carril 3, pero sin embargo, se reduce a 29 vehículos en el carril 4, siendo el carril 3 todavía el más saturado.

Es importante destacar la reducción que se observa en el tiempo de espera en la cola, por debajo de 7 minutos (406 segundos) en su valor máximo, y 54 segundos el que le sigue que es el carril 4.

MODELO 2.-

Se supone que el conductor elige libremente el carril de acuerdo a la longitud de colas que observa a su arribo al área de la caseta, para lo cual se considera que cuenta con información completa sobre los carriles que están en

operación previamente a su arribo.

Aquí se analizaron por separado los dos sentidos, ésto es, primeramente el sentido Ecatepec, Pachuca-México (MODELO2), y después el sentido México-Pachuca, Ecatepec (MODELO3).

En el sentido Pachuca-México, si el conductor se aproxima a la caseta por el carril izquierdo, enfilará al carril número 7 y observará la cola del carril 6; si la cola del carril 7 es mayor que la del 6 enfilará a este último y observará la cola del carril 5; si la cola del carril 6 es mayor que la del 5 enfilará a este último y observará la cola del carril 4 enfilándose a éste en caso de que la cola sea menor a la del carril 5.

Si el conductor se aproxima a la caseta por el carril derecho, enfilará al carril número 3 y observará la cola del carril 2; si la cola del carril 3 es mayor que la del 2 enfilará a este último y observará la cola del carril 1; si la cola del carril 2 es mayor que la del 1 enfilará a este último en caso de que la cola sea menor a la del carril 2.

Se considera que cada cambio de carril implica un incremento de un segundo en el tiempo total de servicio.

Corrida 3.

En esta corrida se simularon 3600 segundos y se generaron 3,331 vehículos en el sentido Pachuca-México. Es importante destacar que en este caso todos los carriles del 1 al 7,

presentan un porcentaje máximo de utilización.

En este caso, las longitudes promedio y máximas de las colas se reducen significativamente y se equilibran.

Obsérvese que la longitud promedio de las colas en los carriles 1 a 4 es de entre 5 y 8 vehículos y del 5 al 7 alrededor de 40, siendo la cola máxima que se observa en el carril 7 que es de 70 vehículos. En los carriles 1 a 4 las colas se reducen a un máximo de 20 vehículos por hora. Adicionalmente, nótese que los tiempos de espera en la cola van de los 55 a 308 segundos, lo que representa un intervalo considerable, si se ve que los conductores tienen que esperar de entre 1 y 5 minutos para poder pasar la caseta.

MODELO 2A.-

Corrida 4.

En esta corrida se simula el sentido Pachuca-México considerando la existencia de un carril adicional (carril 0), y considerando que el tiempo de servicio se reduce en un segundo. Se tuvieron en esta alternativa arribos de 3,336 vehículos por hora observándose colas máximas de 17 vehículos con tiempos de espera en cola de 64 segundos.

Se observa que con la inclusión de un carril adicional (carril 0), las colas máximas se reducen en cuatro veces la mayoría de los casos, y en algunos carriles como el 1 y el 2 la disminución es considerable.

MODELO 3.-

Corrida 5.

La misma lógica de manejo mencionada anteriormente para el sentido Pachuca-México (Modelos 2 y 2A), se considera igual para el sentido México-Pachuca (Modelos 3 y 3A).

Se simula el sentido México-Pachuca en los carriles 8 al 13, con tiempo de simulación de 1 hora. Se tuvieron arribos de 3,414 vehículos, para el tiempo de simulación de 3600 segundos y nuevamente se observa un equilibrio en los tiempos de utilización y de colas máximas, aunque los tiempos promedios de espera siguen siendo elevados, oscilando éstos de entre 314 y 436 segundos (5 y 7 minutos).

La cola máxima observada es de 130 vehículos en el carril 11 y el que menos cola tuvo fué el 9 y 10 con 102 vehículos.

MODELO 3A.-

Corrida 6.

En esta corrida se simula el sentido México-Pachuca considerando la existencia de un carril adicional (carril 14), y considerando que el tiempo de servicio se reduce en un segundo. Se generaron 3,345 arribos con un tiempo de simulación de 3600 segundos (1 hora).

Se observa una reducción en las colas máximas como de cinco veces en promedio, observándose desde 2 a 26 vehículos en cola. Así también se reducen los tiempos promedios de espera

en las colas, que oscilan de 5 a 92 segundos.

En el anexo 2 se muestran los listados de los modelos referidos y de los reportes obtenidos en las corridas respectivas.

En la tabla 13 y en la gráfica 3 se muestran las longitudes medias y máximas de las colas y los tiempos de espera observados en cada corrida.

TABLA 13.-

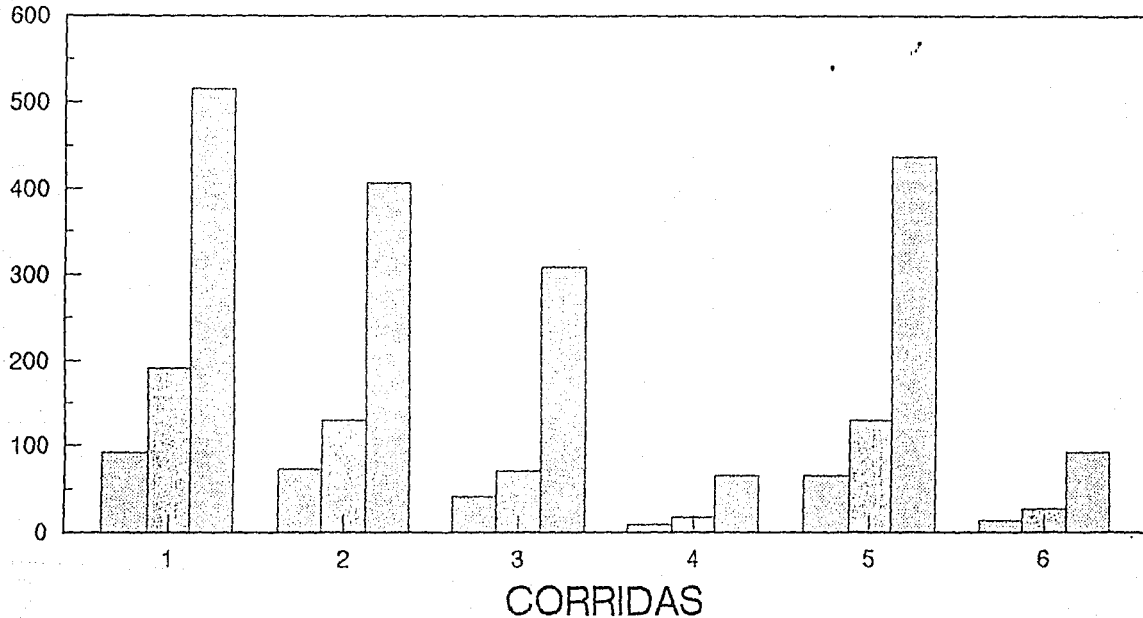
Resultados de las corridas.

MODELO	CORRIDA	COLA PROMEDIO	COLA MAXIMA	TIEMPO DE ESPERA
(NUM)	(VEHICULOS)	(VEHICULOS)	(VEHICULOS)	(SEGUNDOS)
1	1	92.07	191	515.47
1A	2	72.59	130	406.42
2	3	41.18	70	308.04
2A	4	8.99	17	64.74
3	5	65.07	130	436.41
3A	6	13.39	26	91.87

GRAFICA 3

AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA

SIMULACION DE LA OPERACION EN LA CASETA



COLA PROMEDIO
(VEHICULOS)

COLA MAXIMA
(VEHICULOS)

TIEMPO DE ESPERA
(SEGUNDOS)

6.3 PRONOSTICOS TENDENCIALES.-

Con objeto de conocer el comportamiento futuro de los volúmenes de tránsito que pueden presentarse en la autopista se llevó a cabo un análisis de los datos estadísticos correspondientes a los últimos 25 años.

Una vez determinado el comportamiento tendencial desde 1964, se procedió a analizar la tendencia observada de 1985 a 1987 y se compararon ambas para determinar los volúmenes esperados en el plazo comprendido entre los años de 1988 y 2000.

El análisis tendencial se llevó a cabo mediante una regresión lineal simple considerando valores logarítmicos para los años.

En el primer análisis se tomaron los últimos 25 años y se obtuvo un coeficiente de correlación R^2 de 0.9537. La tendencia muestra un volumen de 27'828,153 vehículos anuales para 1995, lo que representa un incremento de un 69.2% con respecto a la cifra observada en 1987, y 32'301,441 en el año 2000, que significan un incremento de un 67.7% con respecto a 1987. La tendencia indica un crecimiento anual de 4.06%.

A continuación se muestra la tabla 14 que incluye los resultados de la regresión realizada:

TABLA 14.-
Resultados de la regresión lineal.

Regresión considerando desde 1964		Regresión considerando desde 1983	
Constante	-1.355E+10	Constante	-7.7E+09
Error estándar de Y	1441216.93	Error estándar de Y	701780.1
Coef. de correlación	0.953669246	Coef. de correlación	0.642153
Num. de observaciones	24	Num. de observaciones	5
Grados de libertad	22	Grados de libertad	3

Coefficiente X : 1.79E+09

Coefficiente x : 1.0E+09

AÑO	VOLUMEN	AÑO	VOLUMEN
1983	21546678	1988	19956383
1989	22445385	1989	20470388
1990	23343640	1990	20984136
1991	24241443	1991	21497625
1992	25138795	1992	22010856
1993	26035698	1993	22523830
1994	26932150	1994	23036547
1995	27828153	1995	23549006
1996	28723707	1996	24061209
1997	29618812	1997	24573155
1998	30513469	1998	25084844
1999	31407679	1999	25596278
2000	32301441	2000	26107456

En el segundo análisis se estudió el período de 1983 a 1987, por considerarse que este sea mas representativo de la tendencia actual, y con el fin de reflejar los aspectos de la crisis económica del país. De este análisis se observa un volumen de 23'549,006 en 1995 y de 26'107,456 en 2000, lo que determina una tendencia de crecimiento igual al 2.37% anual.

Como puede observarse, la tendencia de crecimiento es menor si se consideran los últimos años. Esta tendencia podría mantenerse y en un momento dado alcanzar los valores observados en el primer análisis. Debe tomarse en cuenta además que el crecimiento de la población en la zona de Ecatepec inducirá una mayor utilización de esta vía y por tanto de la caseta en el corto plazo.

En virtud de lo anterior, se considera que los volúmenes de tránsito mantendrán la tasa de crecimiento del 3.12% anual hasta el término del presente sexenio, y a partir de este momento se considerará una tendencia progresivamente creciente hasta alcanzar la tendencia observada en el primero de los análisis presentados.

La tabla 15 que aparece a continuación muestra los resultados finales del pronóstico realizado.

TABLA 15.-

Resultados finales del pronóstico.

AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA

PRONOSTICO

1989	20'470,388
1990	20'984,136
1991	21'497,625
1992	22'010,856
1993	22'523,830
1994	23'036,547
1995	23'971,831
1996	24'947,484
1997	25'962,847
1998	27'019,535
1999	28'119,230
2000	29'263,683

Considerando los volúmenes esperados a futuro, es importante destacar que el incremento anual se verá reflejado de manera más significativa en los volúmenes de los días y horas pico, que corresponden a las horas en que las personas se dirigen a su trabajo. Debido a lo anterior, es muy importante contemplar en el mediano plazo un incremento tanto en la capacidad de la autopista, por lo menos en el tramo entre la caseta y el entronque con la Av. Insurgentes Norte, como en el número de carriles disponibles en la caseta para el servicio a la zona de Ecatepec.

6.4 PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.-

Con base en el diagnóstico, los modelos de simulación y los objetivos planteados en cada caso, se formulan un conjunto de propuestas que pueden describirse como:

- Generales. Se refieren a medidas de tipo global, asociadas con lineamientos y políticas institucionales y que se desprenden de los casos particulares analizados. Ejemplos de propuestas generales son: recomendación de subsidios discriminados a diferentes tipos de usuarios, propuesta de administración o de concesión de la caseta al sector privado.

- Específicas. Son propuestas referidas a acciones concretas relacionadas con los casos estudiados. Tienen que ver con cada uno de los aspectos de análisis y diagnóstico que se hayan definido previamente y con los consecuentes objetivos señalados. Por lo tanto, serán propuestas administrativas, financieras, técnicas, de imagen, etc. y pueden ser inmediatas (que responden a conflictos existentes) o programadas (responden a situaciones detectadas en los escenarios futuros). Estas últimas consideran más bien situaciones o parámetros que fechas o plazos determinados.

6.4.1. Carretera.

En prácticamente todos los días, en las horas de máxima demanda la capacidad de la carretera se ve rebasada en el tramo comprendido entre los kilómetros 13+000 y 26+000, sobre todo en las áreas próximas a la caseta de cobro. Esto agudiza los problemas propios de la caseta que no tiene capacidad de regulación para los volúmenes de tránsito tan grandes que tiene que atender.

Ante esto, se está frente a un problema que debe de encararse de manera integral, pues el tratar de resolver los problemas de la carretera y la caseta en forma aislada puede originar que las soluciones que se tomen fracasen, o no lleguen a alcanzarse los objetivos planteados.

1. En el mediano plazo se recomienda la construcción de un carril más en ambos sentidos de la vía, entre los kilómetros 13+000 y 21+000, restituyendo el acotamiento, ya que es esta parte de la autopista la que soporta el tránsito de los vehículos hacia Ecatepec; después del kilómetro 26+000 la carretera no tiene problema de capacidad.

2. En el corto plazo se recomienda la prohibición de establecimientos ambulantes de alimentos en los acotamientos y en las áreas de estacionamiento para emergencia.

3. Los comunicadores de auxilio deben mejorar su funcionamiento en el corto plazo, mediante un mantenimiento adecuado. Según lo observado, en la carretera México-Pachuca de dieciséis teléfonos examinados únicamente funcionan siete y en la autopista México-Teotihuacán de once funcionan ocho. Estas cifras indican un servicio deficiente, que se agrava si se considera que no se cuenta con auxilio telefónico en tramos de hasta 12 km.

4. En el mediano plazo se debe contemplar un programa de información al público, mediante el cual se hagan saber todos los servicios de que se puede disponer en los teléfonos, además de indicarse estos en el sitio mismo mediante tarjetas protegidas contra la intemperie.

5. En el corto plazo es importante indicar a lo largo de la vía, los sitios en los cuales el usuario puede recibir auxilio. Se recomienda en el largo plazo la instalación de letreros electrónicos dinámicos, para indicar los problemas que enfrente la autopista en esos momentos y que incluso puedan señalar la conveniencia de utilizar una vía alterna. Avisos del tipo "VIA SATURADA" en los momentos en que se requiera pueden ahorrar al usuario tiempo y molestias.

6. Una petición frecuente entre los usuarios de la autopista es la de brindar mayor auxilio mecánico. En primer término se recomienda solicitar a la Secretaria de Turismo mayor número de Angeles Verdes y extender el horario de servicio las veinticuatro horas del día.

6.4.2. Caseta de Cobro.

El volumen de tránsito que se presenta actualmente no puede ser atendido eficientemente por la caseta. A esto hay que adicionar la baja capacidad de la autopista para regular volúmenes elevados, con lo que se tendrá un problema grave de operatividad en la caseta. Sin embargo las medidas que se instrumenten en esta no tendrán éxito, si se omiten las tendientes a mejorar la capacidad de la vía.

Tomando en consideración que la zona de la caseta en la cual se amplía la sección de la carretera para llegar a los módulos de cobro, constituye una parte importante por la función de regulación que desempeña.

1. Se recomienda la construcción de carriles adicionales en una zona próxima en el corto plazo. Tomando como referencia la ubicación de la caseta en el kilómetro 21+000, se deberán construir dos carriles adicionales, restituyendo el

acotamiento, entre los kilómetros 21+000 y 22+000 para de esta forma tener cuatro carriles entre estos puntos. Entre los kilómetros 22+000 y 23+000 deberá construirse un carril adicional, para de esta forma completar tres carriles en esta zona. De esta forma se facilitará el proceso de elección del usuario y se aumentará la capacidad de regulación de la caseta.

2. También en el corto plazo se recomienda la construcción de dos módulos de cobro adicionales para incrementar la capacidad de servicio en sentido Ecatepec-México. De esta forma se contará con un total de quince carriles.

3. Por otra parte, la situación a la que se enfrenta el usuario al tener que decidir en un pequeño espacio de tiempo sobre cual de los carriles elegir debe ser facilitada, ya que de esta forma se tendrá un mejor funcionamiento, por lo que se recomienda que antes de que el usuario entre a la zona de decisión este informado sobre los carriles que están funcionando. Para esto, se propone la instalación de un diagrama indicativo en ambos sentidos que señale la ubicación de los carriles abiertos y facilite la trayectoria del usuario.

Esto puede lograrse con un tablero electrónico como el que se muestra en la figura 8 y que se representa como una

perspectiva de la caseta, indicando por medio de semáforos controlados desde esta, los carriles que están abiertos y los que están cerrados. De esta forma se logrará que los conductores tengan una idea clara sobre cual de los carriles elegir. Asimismo es recomendable que el funcionamiento de los semáforos que indican cuales carriles están abiertos sea el adecuado.

4. Se recomienda que antes de llegar a la zona de decisión el usuario sea informado de la preparación de la cuota y del monto de la misma.

5. Se recomienda la experimentación, en un sólo carril, de un sistema de cobro longitudinal con pequeñas unidades móviles que funcionen en días especialmente conflictivos para la operación, con esto se pretende reducir el tiempo en la operación cobro-pago. También puede implementarse la venta de boletos con unidades móviles, en diversos puntos de la autopista.

6. Es importante en el corto plazo cambiar el horario del primer turno de trabajo de los cobradores entre las 23:00 y 7:00 hrs. Actualmente es de 7:00 a 15:00 hrs. La operación de la caseta se complica al coincidir la hora de máxima demanda con la liquidación. Al modificar el horario, la liquidación

se efectuará en el horario más cómodo y la caseta estará en condiciones de enfrentar la hora pico con mayor eficiencia. También debe pensarse en el escalonamiento de los cambios de turnos para evitar que el tránsito por la caseta quede suspendido.

7. A corto plazo se debe prohibir el ascenso y descenso de pasajeros en la zona de cobro, pues los autobuses que se detienen inmediatamente después de cruzar los módulos de cobro interfieren con el flujo de los vehículos. Trasladar estas paradas algunos metros más lejos permitirían el tránsito fluido.

8. También a corto plazo se debe prohibir la venta ambulante en la caseta de cobro, pues la presencia de vendedores provoca retrasos en el paso de los vehículos y puede ser la causa de accidentes.

Uno de los problemas graves que enfrenta la caseta es su entorno, pues ha quedado confinada en una zona urbana. Es recomendable llevar a cabo un estudio más profundo tendiente a resolver este problema a fin de mejorar los niveles de servicio de la caseta de cobro en el mediano y largo plazos.

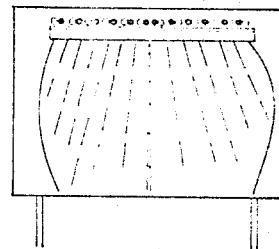
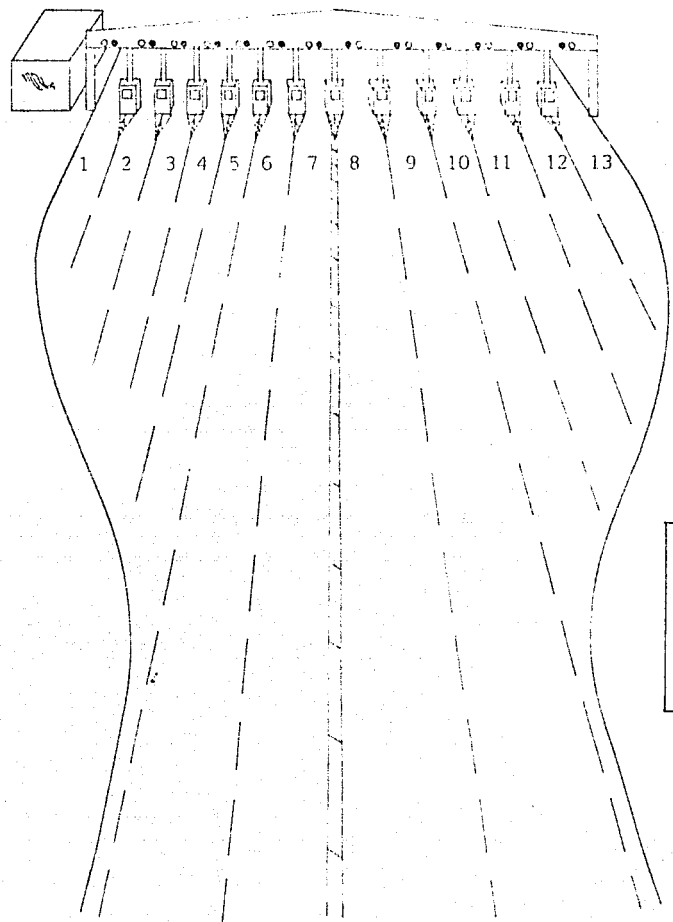


FIG. 8
CARRILES FUNCIONANDO

ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO Y
OPTIMIZACION DEL FUNCIONAMIENTO
DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA
REPUBLICA MEXICANA

A N E X O 1

CONSULTORES EN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.C.

AFORO VEHICULAR,
AUTOPISTA MEXICO-TIZAYUCA.

PUNTO DE AFORO: CASETA DE COBRO No 23.

FECHA: 27-AGOSTO-1989.

SENTIDO: TIZAYUCA-TEOTIHUACAN A MEXICO.

LAPSO		AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES	TOTAL	OBSERVACIONES
hh:mm	- hh:mm					
8:00	- 8:15	382	60	31	473	
8:15	- 8:30	559	95	50	704	
8:30	- 8:45	630	100	85	815	
8:45	- 9:00	545	58	47	650	
	TOTAL	2116	313	213	2642	
9:00	- 9:15	563	66	45	674	
9:15	- 9:30	634	73	30	737	
9:30	- 9:45	552	52	32	636	
9:45	- 10:00	535	53	34	622	
	TOTAL	2284	244	141	2669	
10:00	- 10:15	535	60	42	637	
10:15	- 10:30	504	46	36	586	
10:30	- 10:45	518	45	35	598	
10:45	- 11:00	503	41	37	581	
	TOTAL	2060	192	150	2402	
11:00	- 11:15	529	39	38	606	SATURADO.
11:15	- 11:30	540	37	29	606	SATURADO.
11:30	- 11:45	393	46	35	474	SATURADO.
11:45	- 12:00	378	27	30	435	SATURADO.
	TOTAL	1840	149	132	2121	
12:00	- 12:15	418	35	23	476	
12:15	- 12:30	395	44	33	462	
12:30	- 12:45	403	47	40	490	
12:45	- 13:00	519	55	45	629	
	TOTAL	1725	191	141	2057	
13:00	- 13:15	502	56	25	583	
13:15	- 13:30	579	80	63	722	
13:30	- 13:45	374	70	22	466	SATURADO.
13:45	- 14:00	469	57	33	559	
	TOTAL	1924	263	143	2330	

CONSULTORES EN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.C.

AFORO VEHICULAR.
AUTOPISTA MEXICO-TIZAYUCA.

PUNTO DE AFORO: CASETA DE COBRO No 23.

FECHA: 27-AGOSTO-1989.

SENTIDO: TIZAYUCA-TEGIHUACAN A MEXICO.

LAPSO hh:mm - hh:mm	AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES	TOTAL	OBSERVACIONES
14:00 - 14:15	370	65	43	478	
14:15 - 14:30	466	58	37	561	
14:30 - 14:45	555	50	33	638	
14:45 - 15:00	488	49	17	554	
TOTAL	1879	222	130	2231	
15:00 - 15:15	442	46	26	514	
15:15 - 15:30	458	55	34	547	
15:30 - 15:45	413	66	24	503	
15:45 - 16:00	450	54	17	521	
TOTAL	1771	223	101	2095	
16:00 - 16:15	447	49	19	515	
16:15 - 16:30	349	50	21	420	LLUVIA.
16:30 - 16:45	313	56	22	391	LLUVIA.
16:45 - 17:00	379	75	25	479	LLUVIA.
TOTAL	1488	230	87	1805	
TOTAL					
8:00-17:00 HRS.	17087	2027	1238	20352	

NOTA: El aforo vehicular se realizó el 27 de agosto de 1989 de las 8:00 a las 17:00 hrs., en las proximidades de la caseta, quedando comprendida la Hora de Máxima Demanda entre las 8:30 y 9:30 hrs., durante la cual se registraron 2876 vehículos.

CONSULTORES EN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.C.

AFORO VEHICULAR.
AUTOPISTA MEXICO-TIZAYUCA.

PUNTO DE AFORO: CASETA DE COBRO No 23.

FECHA: 27-AGOSTO-1989.

SENTIDO: MEXICO A TIZAYUCA-TEOTIHUACAN.

=====					
LAPSO	AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES	TOTAL	OBSERVACIONES
hh:mm - hh:mm					
=====					
8:00 - 8:15	294	47	21	362	
8:15 - 8:30	388	49	39	476	
8:30 - 8:45	377	53	35	465	
8:45 - 9:00	393	57	30	480	
TOTAL	1452	206	125	1783	
9:00 - 9:15	372	53	43	468	
9:15 - 9:30	422	45	42	509	
9:30 - 9:45	427	55	58	540	
9:45 - 10:00	403	50	46	499	
TOTAL	1624	203	189	2016	
10:00 - 10:15	457	52	49	558	
10:15 - 10:30	472	39	38	549	
10:30 - 10:45	452	42	42	536	
10:45 - 11:00	450	46	48	544	
TOTAL	1831	179	177	2187	
11:00 - 11:15	445	51	58	554	
11:15 - 11:30	530	48	59	637	
11:30 - 11:45	495	47	50	592	
11:45 - 12:00	526	44	45	615	
TOTAL	1996	190	212	2398	
12:00 - 12:15	409	40	43	492	
12:15 - 12:30	512	44	50	606	
12:30 - 12:45	553	49	50	652	
12:45 - 13:00	548	38	34	620	
TOTAL	2022	171	177	2370	
13:00 - 13:15	493	44	39	576	
13:15 - 13:30	528	39	48	615	
13:30 - 13:45	532	54	30	616	
13:45 - 14:00	540	46	37	623	
TOTAL	2093	183	154	2430	

CONSULTORES EN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.C.

AFORO VEHICULAR.
 AUTOPISTA MEXICO-TIZAYUCA.

PUNTO DE AFORO: CASETA DE COBRO No 23. FECHA: 27-AGOSTO-1989.

SENTIDO: MEXICO A TIZAYUCA-TEOTIHUACAN.

LAPSO hh:mm - hh:mm	AUTOMOVILES	AUTOBUSES	CAMIONES	TOTAL	OBSERVACIONES
14:00 - 14:15	497	48	36	581	
14:15 - 14:30	443	47	38	528	SATURADO.
14:30 - 14:45	461	52	36	549	SATURADO.
14:45 - 15:00	480	57	34	571	SATURADO.
TOTAL	1881	204	144	2229	
15:00 - 15:15	373	59	27	459	
15:15 - 15:30	471	61	27	559	
15:30 - 15:45	519	55	22	596	
15:45 - 16:00	456	59	23	538	
TOTAL	1819	234	99	2152	
16:00 - 16:15	413	41	8	462	
16:15 - 16:30	439	41	25	505	LLOVIZNA.
16:30 - 16:45	486	58	21	565	LLOVIA. SATURADO.
16:45 - 17:00	278	46	17	341	LLUVIA. SATURADO.
TOTAL	1616	186	71	1873	
TOTAL					
8:00-17:00 HRS.	16334	1756	1348	19438	

NOTA: El aforo vehicular se realizó el 27 de agosto de 1989 de las 8:00 a las 17:00 hrs., en las proximidades de la caseta, quedando comprendida la Hora de Máxima Demanda entre las 12:30 y 13:30 hrs., durante la cual se registraron 2463 vehículos.

A N E X O 2

MODELOS EN GPSS

REPORTES DE LOS RESULTADOS

; GPSS/PC Program file MODELO1.GPS
110 SIMULATE

04-15-1990 10:00:00

```
120 *
130 XPDIS FUNCTION RN1,D13 ;EXPONENTIAL FUNCTION
0,0.0/.57926,.2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
.93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR FUNCTION RN1,D31 ;ARRIVAL DISTRIBUTION
0.0,0.0/0.0278,1.1/.0556,1.22/.0833,1.25/.1111,1.28/.1389,1.34/
.1667,1.38/.2222,1.41/.25,1.42/.2778,1.43/.3056,1.45/.3611,1.49/
.3889,1.51/.4444,1.54/.4722,1.55/.5,1.6/.5278,1.61/.5556,1.62/
.5833,1.65/.6111,1.69/.6667,1.75/.6944,1.79/.7222,1.84/.7778,1.88/
.8056,1.89/.8611,1.90/.8889,1.93/.9167,1.95/.9444,2.07/.9722,2.14/1.0,2.3
140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN$XPDIS
160 *
170 * MODEL SEGMENT 1
180 *
190 GENERATE 1, FN$ARR ;Genera llegadas de vehic.
191 TRANSFER .2011,, FIN ;Transfiere 20.11% a Fin
192 SPLIT 1, MEXICO ;Duplica la Transaccion
193 TRANSFER .0081,, CARR1 ;Transfiere a Carril 1
194 TRANSFER .0587,, CARR2 ;Transfiere a Carril 2
195 TRANSFER .2475,, CARR3 ;Transfiere a Carril 3
196 TRANSFER .3355,, CARR4 ;Transfiere a Carril 4
197 TRANSFER .2802,, CARR5 ;Transfiere a Carril 5
198 TRANSFER .4318,, CARR6 ;Transfiere a Carril 6
200 TRANSFER , CARR7 ;Transfiere a Carril 7
208 MEXICO TRANSFER .1436,, FIN ;Transfiere 14.36% a Fin
210 TRANSFER .2212,, CARR8 ;Transfiere a Carril 8
220 TRANSFER .2157,, CARR9 ;Transfiere a carril 9
230 TRANSFER .1455,, CARR10 ;Transfiere a carril 10
235 TRANSFER .4558,, CARR11 ;Transfiere a carril 11
240 TRANSFER .7271,, CARR12 ;Transfiere a carril 12
250 TRANSFER , CARR13 ;Transfiere a carril 13
255 CARR1 QUEUE QUNO
260 SEIZE CARRIL1
265 DEPART QUNO
270 ADVANCE 10, V$SERVIC
275 RELEASE CARRIL1
280 TRANSFER , FIN
285 CARR2 QUEUE QDOS
290 SEIZE CARRIL2
295 DEPART QDOS
300 ADVANCE 9, V$SERVIC
305 RELEASE CARRIL2
310 TRANSFER , FIN
315 CARR3 QUEUE QTRES
320 SEIZE CARRIL3
325 DEPART QTRES
330 ADVANCE 8, V$SERVIC
335 RELEASE CARRIL3
340 TRANSFER , FIN
```

345	CARR4	QUEUE	QCUATRO
350		SEIZE	CARRIL4
355		DEPART	QCUATRO
360		ADVANCE	7,V\$SERVIC
365		RELEASE	CARRIL4
370		TRANSFER	,FIN
375	CARR5	QUEUE	QCINCO
380		SEIZE	CARRIL5
385		DEPART	QCINCO
390		ADVANCE	9,V\$SERVIC
395		RELEASE	CARRIL5
400		TRANSFER	,FIN
405	CARR6	QUEUE	QSEIS
410		SEIZE	CARRIL6
415		DEPART	QSEIS
420		ADVANCE	8,V\$SERVIC
425		RELEASE	CARRIL6
430		TRANSFER	,FIN
435	CARR7	QUEUE	QSIETE
440		SEIZE	CARRIL7
445		DEPART	QSIETE
450		ADVANCE	7,V\$SERVIC
455		RELEASE	CARRIL7
460		TRANSFER	,FIN
465	CARR8	QUEUE	QOCHO
470		SEIZE	CARRIL8
475		DEPART	QOCHO
480		ADVANCE	7,V\$SERVIC
485		RELEASE	CARRIL8
490		TRANSFER	,FIN
495	CARR9	QUEUE	QNUEVE
500		SEIZE	CARRIL9
505		DEPART	QNUEVE
510		ADVANCE	8,V\$SERVIC
515		RELEASE	CARRIL9
520		TRANSFER	,FIN
525	CARR10	QUEUE	QDIEZ
530		SEIZE	CARRIL10
535		DEPART	QDIEZ
540		ADVANCE	9,V\$SERVIC
545		RELEASE	CARRIL10
550		TRANSFER	,FIN
555	CARR11	QUEUE	QONCE
560		SEIZE	CARRIL11
565		DEPART	QONCE
570		ADVANCE	7,V\$SERVIC
575		RELEASE	CARRIL11
580		TRANSFER	,FIN
585	CARR12	QUEUE	QDOCE
590		SEIZE	CARRIL12
595		DEPART	QDOCE
600		ADVANCE	8,V\$SERVIC
605		RELEASE	CARRIL12
610		TRANSFER	,FIN


```
615 CARR13  QUEUE      QTRECE
620         SEIZE      CARRIL13
625         DEPART    QTRECE
630         ADVANCE   9,V$SERVIC
635         RELEASE   CARRIL13
640         TRANSFER  ,FIN
645 FIN     TERMINATE
650 *
655         GENERATE  1
660         TERMINATE 1                ;Reloj del simulador
```

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	3600	98	13	0	271424

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D31	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
FIN	96	3
MEXICO	11	3
CARR1	18	3
CARR2	24	3
CARR3	30	3
CARR4	36	3
CARR5	42	3
CARR6	48	3
CARR7	54	3
CARR8	60	3
CARR9	66	3
CARR10	72	3
CARR11	78	3
CARR12	84	3
CARR13	90	3
RUNO	10021	2
CARRIL1	10022	2
DOS	10023	2
CARRIL2	10024	2
TRES	10025	2
CARRIL3	10026	2
CUATRO	10027	2
CARRIL4	10028	2
CINCO	10029	2
CARRIL5	10030	2
SEIS	10031	2
CARRIL6	10032	2
SIETE	10033	2
CARRIL7	10034	2
OCHO	10035	2
CARRIL8	10036	2
NUEVE	10037	2
CARRIL9	10038	2
DIEZ	10039	2
CARRIL10	10040	2
ONCE	10041	2
CARRIL11	10042	2
DOCE	10043	2

NAME	VALUE	TYPE
CARRIL2	10044	2
QTRECE	10045	2
CARRIL3	10046	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	GENERATE	3347	0	0
	TRANSFER	3347	0	0
	SPLIT	2703	0	0
	TRANSFER	2703	0	0
	TRANSFER	2675	0	0
	TRANSFER	2516	0	0
	TRANSFER	1873	0	0
	TRANSFER	1258	0	0
	TRANSFER	918	0	0
	TRANSFER	507	0	0
EMICO	TRANSFER	2703	0	0
	TRANSFER	2306	0	0
	TRANSFER	1754	0	0
	TRANSFER	1371	0	0
	TRANSFER	1185	0	0
	TRANSFER	668	0	0
	TRANSFER	163	0	0
FR1	QUEUE	28	0	0
	SEIZE	28	0	0
	DEPART	28	0	0
	ADVANCE	28	0	0
	RELEASE	28	0	0
	TRANSFER	28	0	0
FR2	QUEUE	159	0	0
	SEIZE	159	0	0
	DEPART	159	0	0
	ADVANCE	159	0	0
	RELEASE	159	0	0
	TRANSFER	159	0	0
FR3	QUEUE	643	188	0
	SEIZE	455	0	0
	DEPART	455	0	0
	ADVANCE	455	1	0
	RELEASE	454	0	0
	TRANSFER	454	0	0
FR4	QUEUE	615	102	0
	SEIZE	513	0	0
	DEPART	513	0	0
	ADVANCE	513	1	0
	RELEASE	512	0	0
	TRANSFER	512	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
ARR5	QUEUE	340	2	0
43	SEIZE	338	0	0
44	DEPART	338	0	0
45	ADVANCE	338	1	0
46	RELEASE	337	0	0
47	TRANSFER	337	0	0
ARR6	QUEUE	411	5	0
49	SEIZE	406	0	0
50	DEPART	406	0	0
51	ADVANCE	406	1	0
52	RELEASE	405	0	0
53	TRANSFER	405	0	0
ARR7	QUEUE	507	6	0
55	SEIZE	501	0	0
56	DEPART	501	0	0
57	ADVANCE	501	1	0
58	RELEASE	500	0	0
59	TRANSFER	500	0	0
ARR8	QUEUE	552	48	0
61	SEIZE	504	0	0
62	DEPART	504	0	0
63	ADVANCE	504	1	0
64	RELEASE	503	0	0
65	TRANSFER	503	0	0
ARR9	QUEUE	383	0	0
67	SEIZE	383	0	0
68	DEPART	383	0	0
69	ADVANCE	383	0	0
70	RELEASE	383	0	0
71	TRANSFER	383	0	0
ARR10	QUEUE	186	1	0
73	SEIZE	185	0	0
74	DEPART	185	0	0
75	ADVANCE	185	1	0
76	RELEASE	184	0	0
77	TRANSFER	184	0	0
ARR11	QUEUE	517	18	0
79	SEIZE	499	0	0
80	DEPART	499	0	0
81	ADVANCE	499	1	0
82	RELEASE	498	0	0
83	TRANSFER	498	0	0
ARR12	QUEUE	505	60	0
85	SEIZE	445	0	0
86	DEPART	445	0	0
87	ADVANCE	445	1	0
88	RELEASE	444	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
RR13	TRANSFER	444	0	0
	QUEUE	163	0	0
	SEIZE	163	0	0
	DEPART	163	0	0
	ADVANCE	163	0	0
	RELEASE	163	0	0
	TRANSFER	163	0	0
	TERMINATE	5611	0	0
	GENERATE	3600	0	0
	TERMINATE	3600	0	0

ILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
RR1L1	28	0.076	9.86	1	0	0	0	0	0
RR1L2	159	0.398	9.01	1	0	0	0	0	0
RR1L3	455	0.997	7.89	1	6888	0	0	0	188
RR1L4	513	0.989	6.94	1	8085	0	0	0	102
RR1L5	338	0.848	9.03	1	9611	0	0	0	2
RR1L6	406	0.900	7.98	1	9498	0	0	0	5
RR1L7	501	0.965	6.94	1	9570	0	0	0	6
RR1L8	504	0.991	7.08	1	8837	0	0	0	48
RR1L9	383	0.842	7.92	1	0	0	0	0	0
RR1L10	185	0.460	8.97	1	9618	0	0	0	1
RR1L11	499	0.966	6.97	1	9382	0	0	0	18
RR1L12	445	0.993	8.04	1	8566	0	0	0	60
RR1L13	163	0.412	9.10	1	0	0	0	0	0

	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
AND	1	0	28	26	0.00	0.57	8.00	0
ES	3	0	159	100	0.11	2.55	6.88	0
RES	191	188	643	1	92.07	515.47	516.27	0
ATRO	102	102	615	4	53.39	312.51	314.56	0
INCO	8	2	340	60	1.48	15.69	19.05	0
RES	15	5	411	46	3.13	27.42	30.88	0
ESTE	12	6	507	29	4.21	29.91	31.73	0
HO	52	48	552	8	27.86	181.68	184.35	0
VEVE	8	0	383	77	1.51	14.19	17.76	0
IEZ	3	1	186	112	0.12	2.33	5.86	0
ANCE	22	18	517	25	7.40	51.54	54.16	0
ICE	61	60	505	5	29.42	209.75	211.84	0
EECE	4	0	163	96	0.15	3.27	7.96	0

; GPSS/PC Program file MODELO1A.GPS
110 SIMULATE

04-15-1990 10:30:00

120 *
130 XPDIS FUNCTION RN1,D13 ;EXPONENTIAL FUNCTION
0,0.0/.57926,.2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
.93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR FUNCTION RN1,D31 ;ARRIVAL DISTRIBUTION
0.0,0.0/0.0278,1.1/.0556,1.22/.0833,1.25/.1111,1.28/.1389,1.34/
.1667,1.38/.2222,1.41/.25,1.42/.2778,1.43/.3056,1.45/.3611,1.49/
.3889,1.51/.4444,1.54/.4722,1.55/.5,1.6/.5278,1.61/.5556,1.62/
.5833,1.65/.6111,1.69/.6667,1.75/.6944,1.79/.7222,1.84/.7778,1.88/
.8056,1.89/.8611,1.90/.8889,1.93/.9167,1.95/.9444,2.07/.9722,2.14/1.0,2.3

140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN\$XPDIS

160 *
170 * MODEL SEGMENT 1

180 *
190 GENERATE 1, FN\$ARR ;Genera llegadas de vehic
191 TRANSFER .2011, FIN ;Transfiere 20.11% a Fin
192 SPLIT 1, MEXICO ;Duplica la Transaccion
193 TRANSFER .0081, CARR1 ;Transfiere a Carril 1
194 TRANSFER .0587, CARR2 ;Transfiere a Carril 2
195 TRANSFER .2475, CARR3 ;Transfiere a Carril 3
196 TRANSFER .3355, CARR4 ;Transfiere a Carril 4
197 TRANSFER .2802, CARR5 ;Transfiere a Carril 5
198 TRANSFER .4318, CARR6 ;Transfiere a Carril 6
200 TRANSFER , CARR7 ;Transfiere a Carril 7
208 MEXICO TRANSFER .1436, FIN ;Transfiere 14.36% a Fin
210 TRANSFER .2212, CARR8 ;Transfiere a Carril 8
220 TRANSFER .2157, CARR9 ;Transfiere a carril 9
230 TRANSFER .1455, CARR10 ;Transfiere a carril 10
235 TRANSFER .4558, CARR11 ;Transfiere a carril 11
240 TRANSFER .7271, CARR12 ;Transfiere a carril 12
250 TRANSFER , CARR13 ;Transfiere a carril 13
255 CARR1 QUEUE QUNO
260 SEIZE CARRIL1
265 DEPART QUNO
270 ADVANCE 9, V\$SERVIC
275 RELEASE CARRIL1
280 TRANSFER , FIN
285 CARR2 QUEUE QDOS
290 SEIZE CARRIL2
295 DEPART QDOS
300 ADVANCE 8, V\$SERVIC
305 RELEASE CARRIL2
310 TRANSFER , FIN
315 CARR3 QUEUE QTRES
320 SEIZE CARRIL3
325 DEPART QTRES
330 ADVANCE 7, V\$SERVIC
335 RELEASE CARRIL3
340 TRANSFER , FIN

345	CARR4	QUEUE	QCUATRO
350		SEIZE	CARRIL4
355		DEPART	QCUATRO
360		ADVANCE	6, V\$SERVIC
365		RELEASE	CARRIL4
370		TRANSFER	, FIN
375	CARR5	QUEUE	QCINCO
380		SEIZE	CARRIL5
385		DEPART	QCINCO
390		ADVANCE	8, V\$SERVIC
395		RELEASE	CARRIL5
400		TRANSFER	, FIN
405	CARR6	QUEUE	QSEIS
410		SEIZE	CARRIL6
415		DEPART	QSEIS
420		ADVANCE	7, V\$SERVIC
425		RELEASE	CARRIL6
430		TRANSFER	, FIN
435	CARR7	QUEUE	QSIETE
440		SEIZE	CARRIL7
445		DEPART	QSIETE
450		ADVANCE	6, V\$SERVIC
455		RELEASE	CARRIL7
460		TRANSFER	, FIN
465	CARR8	QUEUE	QOCHO
470		SEIZE	CARRIL8
475		DEPART	QOCHO
480		ADVANCE	6, V\$SERVIC
485		RELEASE	CARRIL8
490		TRANSFER	, FIN
495	CARR9	QUEUE	QNUEVE
500		SEIZE	CARRIL9
505		DEPART	QNUEVE
510		ADVANCE	7, V\$SERVIC
515		RELEASE	CARRIL9
520		TRANSFER	, FIN
525	CARR10	QUEUE	QDIEZ
530		SEIZE	CARRIL10
535		DEPART	QDIEZ
540		ADVANCE	8, V\$SERVIC
545		RELEASE	CARRIL10
550		TRANSFER	, FIN
555	CARR11	QUEUE	QONCE
560		SEIZE	CARRIL11
565		DEPART	QONCE
570		ADVANCE	6, V\$SERVIC
575		RELEASE	CARRIL11
580		TRANSFER	, FIN
585	CARR12	QUEUE	QDOCE
590		SEIZE	CARRIL12
595		DEPART	QDOCE
600		ADVANCE	7, V\$SERVIC
605		RELEASE	CARRIL12
610		TRANSFER	, FIN

```
615 CARR13  QUEUE      QTRECE
620         SEIZE      CARRIL13
625         DEPART     QTRECE
630         ADVANCE    8,V$SERVIC
635         RELEASE    CARRIL13
640         TRANSFER   ,FIN
645 FIN     TERMINATE
650 *
655         GENERATE   1
660         TERMINATE  1                ;Reloj del simulador
```


START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	3600	98	13	0	294656

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D31	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
FIN	96	3
MEXICO	11	3
CARR1	18	3
CARR2	24	3
CARR3	30	3
CARR4	36	3
CARR5	42	3
CARR6	48	3
CARR7	54	3
CARR8	60	3
CARR9	66	3
CARR10	72	3
CARR11	78	3
CARR12	84	3
CARR13	90	3
QUNO	10021	2
CARRIL1	10022	2
QDOS	10023	2
CARRIL2	10024	2
QTRES	10025	2
CARRIL3	10026	2
QCUATRO	10027	2
CARRIL4	10028	2
QCINCO	10029	2
CARRIL5	10030	2
QSEIS	10031	2
CARRIL6	10032	2
QSIETE	10033	2
CARRIL7	10034	2
QOCHO	10035	2
CARRIL8	10036	2
QNUEVE	10037	2
CARRIL9	10038	2
QDIEZ	10039	2
CARRIL10	10040	2
ONCE	10041	2
CARRIL11	10042	2
QDOCE	10043	2

NAME	VALUE	TYPE
CARRIL12	10044	2
QTRECE	10045	2
CARRIL13	10046	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	GENERATE	3358	0	0
	TRANSFER	3358	0	0
	SPLIT	2667	0	0
	TRANSFER	2667	0	0
	TRANSFER	2636	0	0
	TRANSFER	2484	0	0
	TRANSFER	1841	0	0
	TRANSFER	1213	0	0
	TRANSFER	881	0	0
	TRANSFER	522	0	0
MEXICO	TRANSFER	2666	0	0
	TRANSFER	2279	0	0
	TRANSFER	1775	0	0
	TRANSFER	1381	0	0
	TRANSFER	1163	0	0
	TRANSFER	629	0	0
	TRANSFER	142	0	0
PR1	QUEUE	31	0	0
	SEIZE	31	0	0
	DEPART	31	0	0
	ADVANCE	31	1	0
	RELEASE	30	0	0
	TRANSFER	30	0	0
PR2	QUEUE	152	0	0
	SEIZE	152	0	0
	DEPART	152	0	0
	ADVANCE	152	0	0
	RELEASE	152	0	0
	TRANSFER	152	0	0
PR3	QUEUE	643	129	0
	SEIZE	514	0	0
	DEPART	514	0	0
	ADVANCE	514	1	0
	RELEASE	513	0	0
	TRANSFER	513	0	0
PR4	QUEUE	628	25	0
	SEIZE	603	1	0
	DEPART	602	0	0
	ADVANCE	602	0	0
	RELEASE	602	0	0
	TRANSFER	602	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
RR5	QUEUE	332	0	0
	SEIZE	332	0	0
	DEPART	332	0	0
	ADVANCE	332	1	0
	RELEASE	331	0	0
	TRANSFER	331	0	0
RR6	QUEUE	359	1	0
	SEIZE	358	0	0
	DEPART	358	0	0
	ADVANCE	358	1	0
	RELEASE	357	0	0
	TRANSFER	357	0	0
RR7	QUEUE	522	2	0
	SEIZE	520	0	0
	DEPART	520	0	0
	ADVANCE	520	1	0
	RELEASE	519	0	0
	TRANSFER	519	0	0
RR8	QUEUE	504	0	0
	SEIZE	504	0	0
	DEPART	504	0	0
	ADVANCE	504	0	0
	RELEASE	504	0	0
	TRANSFER	504	0	0
RR9	QUEUE	394	9	0
	SEIZE	385	0	0
	DEPART	385	0	0
	ADVANCE	385	1	0
	RELEASE	384	0	0
	TRANSFER	384	0	0
RR10	QUEUE	218	0	0
	SEIZE	218	0	0
	DEPART	218	0	0
	ADVANCE	218	1	0
	RELEASE	217	0	0
	TRANSFER	217	0	0
RR11	QUEUE	534	1	0
	SEIZE	533	1	0
	DEPART	532	0	0
	ADVANCE	532	0	0
	RELEASE	532	0	0
	TRANSFER	532	0	0
RR12	QUEUE	487	6	0
	SEIZE	481	0	0
	DEPART	481	0	0
	ADVANCE	481	1	0
	RELEASE	480	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
89	TRANSFER	480	0	0
ARR13	QUEUE	142	0	0
91	SEIZE	142	0	0
92	DEPART	142	0	0
93	ADVANCE	142	0	0
94	RELEASE	142	0	0
95	TRANSFER	142	0	0
IN	TERMINATE	5841	0	0
97	GENERATE	3600	0	0
98	TERMINATE	3600	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL1	31	0.077	8.97	1	9617	0	0	0	0
CARRIL2	152	0.333	7.90	1	0	0	0	0	0
CARRIL3	514	0.997	6.99	1	7588	0	0	0	129
CARRIL4	603	0.993	5.93	1	9297	0	0	0	25
CARRIL5	332	0.736	7.98	1	9602	0	0	0	0
CARRIL6	358	0.696	7.00	1	9611	0	0	0	1
CARRIL7	520	0.858	5.95	1	9592	0	0	0	2
CARRIL8	504	0.843	6.02	1	0	0	0	0	0
CARRIL9	385	0.747	6.99	1	9521	0	0	0	9
CARRIL10	218	0.485	8.02	1	9615	0	0	0	0
CARRIL11	533	0.884	5.97	1	9612	0	0	0	1
CARRIL12	481	0.941	7.05	1	9493	0	0	0	6
CARRIL13	142	0.315	7.99	1	0	0	0	0	0

VEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
UNO	1	0	31	28	0.00	0.42	4.33	0
DOS	3	0	152	103	0.07	1.65	5.12	0
TRES	130	129	643	3	72.59	406.42	408.32	0
CUATRO	29	26	628	3	9.49	54.38	54.64	0
CINCO	8	0	332	114	0.79	8.62	13.12	0
SEIS	6	1	359	120	0.70	6.97	10.48	0
SIETE	13	2	522	90	2.10	14.47	17.48	0
OCHO	17	0	504	87	2.99	21.38	25.85	0
NOVEVE	11	9	394	103	1.10	10.07	13.64	0
DIEZ	5	0	218	111	0.25	4.15	8.45	0
ONCE	12	2	534	73	2.49	16.82	19.48	0
DOCE	18	6	487	35	5.63	41.60	44.83	0
TRECE	3	0	142	114	0.05	1.18	5.96	0

```

; GPSS/PC Program file MODELO2.GPS                                04-15-1990   11:00:00
110      SIMULATE
120 *
130 XPDIS  FUNCTION      RN1,D13                                ;EXPONENTIAL FUNCTION
      0,0.0/.57926,.2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
      .93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR   FUNCTION      RN1,D31                                ;ARRIVAL DISTRIBUTION
      0.0,0.0/.0278,1.1/.0556,1.22/.0833,1.25/.1111,1.28/.1389,1.34/
      .1667,1.38/.2222,1.41/.25,1.42/.2778,1.43/.3056,1.45/.3611,1.49/
      .3889,1.51/.4444,1.54/.4722,1.55/.5,1.6/.5278,1.61/.5556,1.62/
      .5833,1.65/.6111,1.69/.6667,1.75/.6944,1.79/.7222,1.84/.7778,1.88/
      .8056,1.89/.8611,1.90/.8889,1.93/.9167,1.95/.9444,2.07/.9722,2.14/1.0,2.3
140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN$XPDIS
160 *
170 *      MODEL SEGMENT 1
180 *
190      GENERATE      1, FN$ARR                                ;Genera llegadas de vehic.
200      TRANSFER      .5332,,CARR4                            ;Transfiere a Carril 4
205 CARR7  TEST GE     Q$QSEIS,Q$SIETE,CARR6
210      QUEUE         QSIETE
215      SEIZE         CARRIL7
220      DEPART        QSIETE
225      ADVANCE       7,V$SERVIC
230      RELEASE       CARRIL7
235      TRANSFER      ,FIN
240 CARR6  TEST GE     Q$QCINCO,Q$QSEIS,CARR5
245      QUEUE         QSEIS
250      SEIZE         CARRIL6
255      DEPART        QSEIS
260      ADVANCE       8,V$SERVIC
265      RELEASE       CARRIL6
270      TRANSFER      ,FIN
275 CARR5  QUEUE       QCINCO
280      SEIZE         CARRIL5
285      DEPART        QCINCO
290      ADVANCE       9,V$SERVIC
295      RELEASE       CARRIL5
300      TRANSFER      ,FIN
305 CARR4  TEST GE     Q$QTRES,Q$QCUATRO,CARR3
310      QUEUE         QCUATRO
315      SEIZE         CARRIL4
320      DEPART        QCUATRO
325      ADVANCE       7,V$SERVIC
330      RELEASE       CARRIL4
335      TRANSFER      ,FIN
340 CARR3  TEST GE     Q$QDOS,Q$QTRES,CARR2
345      QUEUE         QTRES
350      SEIZE         CARRIL3
355      DEPART        QTRES
360      ADVANCE       8,V$SERVIC
365      RELEASE       CARRIL3
370      TRANSFER      ,FIN

```

375	CARR2	TEST GE	Q\$QUNO, Q\$QDOS, CARR1	
380		QUEUE	QDOS	
385		SEIZE	CARRIL2	
390		DEPART	QDOS	
395		ADVANCE	9, V\$SERVIC	
400		RELEASE	CARRIL2	
405		TRANSFER	, FIN	
410	CARR1	QUEUE	QUNO	
415		SEIZE	CARRIL1	
420		DEPART	QUNO	
425		ADVANCE	10, V\$SERVIC	
430		RELEASE	CARRIL1	
435		TRANSFER	, FIN	
440	FIN	TERMINATE		
445	*			
450		GENERATE	1	
455		TERMINATE	1	;Reloj del simulador

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	3600	52	7	0	358192

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D31	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
CARR4	23	3
QSEIS	10007	2
QSIETE	10008	2
CARR6	10	3
CARR7	3	3
CARRIL7	10011	2
FIN	50	3
QCINCO	10013	2
CARR5	17	3
CARRIL6	10015	2
CARRIL5	10016	2
QTRES	10017	2
QCUATRO	10018	2
CARR3	30	3
CARRIL4	10020	2
QDOS	10021	2
CARR2	37	3
CARRIL3	10023	2
QUNO	10024	2
CARR1	44	3
CARRIL2	10026	2
CARRIL1	10027	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	ENTRY
	GENERATE	3331	0	0
	TRANSFER	3331	0	0
ARR7	TEST	1563	0	0
	QUEUE	580	68	0
	SEIZE	512	0	0
	DEPART	512	0	0
	ADVANCE	512	1	0
	RELEASE	511	0	0
	TRANSFER	511	0	0
ARR6	TEST	983	0	0
	QUEUE	518	67	0
	SEIZE	451	0	0
	DEPART	451	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
14	ADVANCE	451	1	0
CARR1	RELEASE	450	0	0
16	TRANSFER	450	0	0
CARR5	QUEUE	465	66	0
18	SEIZE	399	1	0
19	DEPART	398	0	0
20	ADVANCE	398	0	0
CARR2	RELEASE	398	0	0
22	TRANSFER	398	0	0
CARR4	TEST	1768	0	0
24	QUEUE	532	19	0
25	SEIZE	513	1	0
26	DEPART	512	0	0
CARR3	ADVANCE	512	0	0
28	RELEASE	512	0	0
29	TRANSFER	512	0	0
CARR3	TEST	1236	0	0
31	QUEUE	467	18	0
32	SEIZE	449	0	0
CARR4	DEPART	449	0	0
34	ADVANCE	449	1	0
35	RELEASE	448	0	0
36	TRANSFER	448	0	0
CARR2	TEST	769	0	0
38	QUEUE	417	18	0
CARR5	SEIZE	399	1	0
40	DEPART	398	0	0
41	ADVANCE	398	0	0
42	RELEASE	398	0	0
43	TRANSFER	398	0	0
CARR1	QUEUE	352	18	0
CARR6	SEIZE	334	0	0
46	DEPART	334	0	0
47	ADVANCE	334	1	0
48	RELEASE	333	0	0
49	TRANSFER	333	0	0
FIN	TERMINATE	3050	0	0
CARR7	GENERATE	3600	0	0
52	TERMINATE	3600	0	0

FAMILY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL7	512	0.999	7.03	1	6006	0	0	0	68
CARRIL6	451	0.997	7.96	1	5918	0	0	0	67
CARRIL5	399	0.995	8.98	1	5828	0	0	0	66
CARRIL4	513	0.999	7.02	1	6674	0	0	0	19
CARRIL3	449	0.998	8.00	1	6660	0	0	0	18

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL2	399	0.991	8.94	1	6639	0	0	0	18
CARRIL1	334	0.926	9.99	1	6625	0	0	0	18

UEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
SEIS	69	67	518	1	40.47	281.24	281.78	0
SIETE	70	68	580	1	41.18	255.61	256.05	0
CINCO	68	67	465	1	39.79	308.04	308.70	0
TRES	19	18	467	2	7.23	55.72	55.96	0
CUATRO	20	20	532	1	8.07	54.59	54.69	0
DOS	19	19	417	4	6.38	55.06	55.59	0
UNO	18	18	352	17	5.69	58.18	61.13	0

; GPSS/PC Program file MODELO2A.GPS

04-15-1990 11:30:00

```
110 SIMULATE
120 *
130 XPDIS FUNCTION RN1,D13 ;EXPONENTIAL FUNCTION
    0,0.0/.57926,,2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
    .93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR FUNCTION RN1,D31 ;ARRIVAL DISTRIBUTION
    0.0,0.0/.0278,1.1/.0556,1.22/.0833,1.25/.1111,1.28/.1389,1.34/
    .1667,1.38/.2222,1.41/.25,1.42/.2778,1.43/.3056,1.45/.3611,1.49/
    .3889,1.51/.4444,1.54/.4722,1.55/.5,1.6/.5278,1.61/.5556,1.62/
    .5833,1.65/.6111,1.69/.6667,1.75/.6944,1.79/.7222,1.84/.7778,1.88/
    .8056,1.89/.8611,1.90/.8889,1.93/.9167,1.95/.9444,2.07/.9722,2.14/1.0,2.3
140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN$XPDIS
160 *
170 * MODEL SEGMENT 1
180 *
190 GENERATE 1, FN$ARR ;Genera llegadas de vehic.
200 TRANSFER .5332,, CARR4 ;Transfiere a Carril 4
205 CARR7 TEST GE Q$QSEIS,Q$QSIETE,CARR6
210 QUEUE QSIETE
215 SEIZE CARRIL7
220 DEPART QSIETE
225 ADVANCE 6,V$SERVIC
230 RELEASE CARRIL7
235 TRANSFER ,FIN
240 CARR6 TEST GE Q$QCINCO,Q$QSEIS,CARR5
245 QUEUE QSEIS
250 SEIZE CARRIL6
255 DEPART QSEIS
260 ADVANCE 7,V$SERVIC
265 RELEASE CARRIL6
270 TRANSFER ,FIN
275 CARR5 QUEUE QCINCO
280 SEIZE CARRIL5
285 DEPART QCINCO
290 ADVANCE 8,V$SERVIC
295 RELEASE CARRIL5
300 TRANSFER ,FIN
305 CARR4 TEST GE Q$QTRES,Q$QCUATRO,CARR3
310 QUEUE QCUATRO
315 SEIZE CARRIL4
320 DEPART QCUATRO
325 ADVANCE 6,V$SERVIC
330 RELEASE CARRIL4
335 TRANSFER ,FIN
340 CARR3 TEST GE Q$QDOS,Q$QTRES,CARR2
345 QUEUE QTRES
350 SEIZE CARRIL3
355 DEPART QTRES
360 ADVANCE 7,V$SERVIC
365 RELEASE CARRIL3
370 TRANSFER ,FIN
```

```

375 CARR2   TEST GE   Q$QUNO,Q$QDOS,CARR1
380        QUEUE    QDOS
385        SEIZE    CARRIL2
390        DEPART   QDOS
395        ADVANCE  8,V$SERVIC
400        RELEASE  CARRIL2
405        TRANSFER ,FIN
410 CARR1   TEST GE   Q$QCERO,Q$QUNO,CARRO
415        QUEUE    QUNO
420        SEIZE    CARRIL1
425        DEPART   QUNO
430        ADVANCE  9,V$SERVIC
435        RELEASE  CARRIL1
440        TRANSFER ,FIN
445 CARRO   QUEUE    QCERO
450        SEIZE    CARRILO
455        DEPART   QCERO
460        ADVANCE  10,V$SERVIC
465        RELEASE  CARRILO
470        TRANSFER ,FIN
475 FIN     TERMINATE
480 *
485        GENERATE 1
490        TERMINATE 1 ;Reloj del simulador

```

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	3600	59	8	0	377184

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D31	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
CARR4	23	3
QSEIS	10007	2
QSIETE	10008	2
CARR6	10	3
CARR7	3	3
CARRIL7	10011	2
FIN	57	3
QCINCO	10013	2
CARR5	17	3
CARRIL6	10015	2
CARRIL5	10016	2
QTRES	10017	2
QCUATRO	10018	2
CARR3	30	3
CARRIL4	10020	2
QDOS	10021	2
CARR2	37	3
CARRIL3	10023	2
QUNO	10024	2
CARR1	44	3
CARRIL2	10026	2
QCERO	10027	2
CARR0	51	3
CARRIL1	10029	2
CARRIL0	10030	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
	GENERATE	3336	0	0
	TRANSFER	3336	0	0
CARR7	TEST	1564	0	0
	QUEUE	614	14	0
	SEIZE	600	0	0
	DEPART	600	0	0
	ADVANCE	600	1	0
	RELEASE	599	0	0
	TRANSFER	599	0	0
CARR6	TEST	950	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
11	QUEUE	523	13	0
12	SEIZE	510	0	0
13	DEPART	510	0	0
14	ADVANCE	510	1	0
CARR1	RELEASE	509	0	0
16	TRANSFER	509	0	0
CARR5	QUEUE	427	12	0
18	SEIZE	415	0	0
19	DEPART	415	0	0
20	ADVANCE	415	1	0
CARR2	RELEASE	414	0	0
22	TRANSFER	414	0	0
CARR4	TEST	1772	0	0
24	QUEUE	606	2	0
25	SEIZE	604	0	0
26	DEPART	604	0	0
CARR3	ADVANCE	604	1	0
28	RELEASE	603	0	0
29	TRANSFER	603	0	0
CARR3	TEST	1166	0	0
31	QUEUE	512	2	0
32	SEIZE	510	0	0
CARR4	DEPART	510	0	0
34	ADVANCE	510	1	0
35	RELEASE	509	0	0
36	TRANSFER	509	0	0
CARR2	TEST	654	0	0
38	QUEUE	430	1	0
CARR5	SEIZE	429	0	0
40	DEPART	429	0	0
41	ADVANCE	429	1	0
42	RELEASE	428	0	0
43	TRANSFER	428	0	0
CARR1	TEST	224	0	0
CARR6	QUEUE	217	0	0
46	SEIZE	217	0	0
47	DEPART	217	0	0
48	ADVANCE	217	1	0
49	RELEASE	216	0	0
FIN	TRANSFER	216	0	0
CARR0	QUEUE	7	0	0
52	SEIZE	7	0	0
53	DEPART	7	0	0
54	ADVANCE	7	0	0
55	RELEASE	7	0	0
56	TRANSFER	7	0	0
FIN	TERMINATE	3285	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
58	GENERATE	3600	0	0
59	TERMINATE	3600	0	0

CILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL7	600	0.999	6.00	1	6775	0	0	0	14
CARRIL6	510	0.992	7.00	1	6751	0	0	0	13
CARRIL5	415	0.924	8.02	1	6767	0	0	0	12
CARRIL4	604	0.999	5.96	1	6895	0	0	0	2
CARRIL3	510	0.995	7.03	1	6908	0	0	0	2
CARRIL2	429	0.952	7.99	1	6916	0	0	0	1
CARRIL1	217	0.538	8.93	1	6923	0	0	0	0
CARRILO	7	0.020	10.29	1	0	0	0	0	0

CEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
SEIS	17	13	523	8	8.31	57.21	58.10	0
SIETE	17	14	614	1	8.99	52.73	52.82	0
CINCO	16	12	427	26	7.68	64.74	68.94	0
TRES	3	2	512	7	1.55	10.90	11.05	0
CUATRO	4	2	606	1	2.32	13.79	13.81	0
DOS	2	1	430	33	0.77	6.49	7.03	0
UNO	1	0	217	71	0.21	3.50	5.21	0
CERO	1	0	7	6	0.00	1.71	12.00	0

```

110      SIMULATE
120 *
130 XPDIS  FUNCTION      RN1,D13                ;EXPONENTIAL FUNCTION
      0,0.0/.57926, 2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
      .93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR  FUNCTION      RN1,D34                ;ARRIVAL DISTRIBUTION
      0.0,0.0/.0278,1.38/.0556,1.41/.0833,1.44/.1111,1.45/.1389,1.46/
      .1667,1.47/.1944,1.48/.2222,1.49/.25,1.51/.2778,1.52/.3056,1.55/
      .3333,1.56/.3611,1.58/.3889,1.59/.4444,1.61/.4722,1.62/.5,1.64/
      .5556,1.65/.5833,1.67/.6389,1.68/.6667,1.70/.6944,1.77/.7222,1.78/
      .75,1.8/.7778,1.83/.8056,1.88/.8333,1.89/.8611,1.92/.8889,1.94/
      .9167,1.95/.9444,1.96/.9722,2.49/1.0,2.64
140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN$XPDIS
160 *
170 *      MODEL SEGMENT 1
180 *
190      GENERATE      1, FN$ARR                ;Genera llegadas de vehic.
200      TRANSFER      .5157, CARR11          ;Transfiere a Carril 11
205 CARR8  TEST GE     Q$QNUEVE,Q$QOCHO, CARR9
210      QUEUE         QOCHO
215      SEIZE         CARRIL8
220      DEPART        QOCHO
225      ADVANCE       7, V$SERVIC
230      RELEASE       CARRIL8
235      TRANSFER      ,FIN
240 CARR9  TEST GE     Q$QDIEZ, Q$QNUEVE, CARR10
245      QUEUE         QNUEVE
250      SEIZE         CARRIL9
255      DEPART        QNUEVE
260      ADVANCE       8, V$SERVIC
265      RELEASE       CARRIL9
270      TRANSFER      ,FIN
275 CARR10 QUEUE        QDIEZ
280      SEIZE         CARRIL10
285      DEPART        QDIEZ
290      ADVANCE       9, V$SERVIC
295      RELEASE       CARRIL10
300      TRANSFER      ,FIN
305 CARR11 TEST GE     Q$QDOCE, Q$QONCE, CARR12
310      QUEUE         QONCE
315      SEIZE         CARRIL11
320      DEPART        QONCE
325      ADVANCE       7, V$SERVIC
330      RELEASE       CARRIL11
335      TRANSFER      ,FIN
340 CARR12 TEST GE     Q$QTRECE, Q$QDOCE, CARR13
345      QUEUE         QDOCE
350      SEIZE         CARRIL12
355      DEPART        QDOCE
360      ADVANCE       8, V$SERVIC
365      RELEASE       CARRIL12
370      TRANSFER      ,FIN

```

```
375 CARR13  QUEUE      QTRECE
380         SEIZE      CARRIL3
385         DEPART     QTRECE
390         ADVANCE    9,V$SERVIC
395         RELEASE    CARRIL3
400         TRANSFER   ,FIN
405 FIN     TERMINATE
410 *
415         GENERATE   1
420         TERMINATE  1
```

```
;Reloj del simulador
```


START_TIME END_TIME BLOCKS FACILITIES STORAGES FREE_MEMORY
 0 3600 45 6 0 322032

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D34	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
CARR11	23	3
QNUEVE	10007	2
QOCHO	10008	2
CARR9	10	3
CARR8	3	3
CARRIL8	10011	2
FIN	43	3
QDIEZ	10013	2
CARR10	17	3
CARRIL9	10015	2
CARRIL10	10016	2
QDOCE	10017	2
QONCE	10018	2
CARR12	30	3
CARRIL11	10020	2
QTRECE	10021	2
CARR13	37	3
CARRIL12	10023	2
CARRIL13	10024	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	3414	0	0
2	TRANSFER	3414	0	0
CARR8	TEST	1668	0	0
4	QUEUE	619	102	0
5	SEIZE	517	0	0
6	DEPART	517	0	0
7	ADVANCE	517	1	0
8	RELEASE	516	0	0
9	TRANSFER	516	0	0
CARR9	TEST	1049	0	0
11	QUEUE	547	101	0
12	SEIZE	446	0	0
13	DEPART	446	0	0
14	ADVANCE	446	1	0
CARR1	RELEASE	445	0	0
16	TRANSFER	445	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
CARR10	QUEUE	502	101	0
18	SEIZE	401	0	0
19	DEPART	401	0	0
20	ADVANCE	401	1	0
CARR2	RELEASE	400	0	0
22	TRANSFER	400	0	0
CARR11	TEST	1746	0	0
24	QUEUE	642	130	0
25	SEIZE	512	0	0
26	DEPART	512	0	0
CARR3	ADVANCE	512	1	0
28	RELEASE	511	0	0
29	TRANSFER	511	0	0
CARR12	TEST	1104	0	0
31	QUEUE	579	129	0
32	SEIZE	450	0	0
CARR4	DEPART	450	0	0
34	ADVANCE	450	1	0
35	RELEASE	449	0	0
36	TRANSFER	449	0	0
CARR13	QUEUE	525	129	0
38	SEIZE	396	0	0
CARR5	DEPART	396	0	0
40	ADVANCE	396	1	0
41	RELEASE	395	0	0
42	TRANSFER	395	0	0
FIN	TERMINATE	2716	0	0
CARR1	GENERATE	3600	0	0
CARR6	TERMINATE	3600	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL8	517	0.999	6.96	1	5806	0	0	0	102
CARRIL9	446	0.998	8.06	1	5688	0	0	0	101
CARRIL10	401	0.996	8.95	1	5567	0	0	0	101
CARRIL11	512	0.999	7.03	1	5597	0	0	0	130
CARRIL12	450	0.998	7.99	1	5434	0	0	0	129
CARRIL13	396	0.990	9.01	1	5299	0	0	0	129

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
BUENUEVE	102	101	547	1	53.30	350.80	351.45	0
COCHO	103	102	619	1	53.99	313.97	314.48	0
DIEZ	102	101	502	1	52.61	377.30	378.06	0
DOCE	129	129	579	1	64.36	400.16	400.85	0
ONCE	130	130	642	1	65.07	364.89	365.46	0
TRECE	129	129	525	4	63.64	436.41	439.76	0

```

110      SIMULATE
120 *
130 XPDIS  FUNCTION      RN1,D13          ;EXPONENTIAL FUNCTION
      0,0.0/.57926,.2/.65542,.4/.72575,.6/.78814,.8/.84134,1/.88493,1.2
      .93319,1.5/.97725,2/.99379,2.5/.99865,3/.99997,4/1.0,5.0
135 ARR   FUNCTION      RN1,D31          ;ARRIVAL DISTRIBUTION
      0.0,0.0/.0278,1.1/.0556,1.22/.0833,1.25/.1111,1.28/.1389,1.34/
      .1667,1.38/.2222,1.41/.25,1.42/.2778,1.43/.3056,1.45/.3611,1.49/
      .3889,1.51/.4444,1.54/.4722,1.55/.5,1.6/.5278,1.61/.5556,1.62/
      .5833,1.65/.6111,1.69/.6667,1.75/.6944,1.79/.7222,1.84/.7778,1.88/
      .8056,1.89/.8611,1.90/.8889,1.93/.9167,1.95/.9444,2.07/.9722,2.14/1.0,2.3
140 *
150 SERVIC VARIABLE 2#FN$XPDIS
160 *
170 *      MODEL SEGMENT 1
180 *
190      GENERATE      1, FN$ARR          ;Genera llegadas de vehic.
200      TRANSFER      .5157,, CARR11    ;Transfiere a Carril 11
205 CARR8  TEST GE     Q$QNUEVE,Q$QOCHO,CARR9
210      QUEUE        QOCHO
215      SEIZE        CARRIL8
220      DEPART      QOCHO
225      ADVANCE     6, V$SERVIC
230      RELEASE     CARRIL8
235      TRANSFER    , FIN
240 CARR9  TEST GE     Q$QDIEZ,Q$QNUEVE,CARR10
245      QUEUE        QNUEVE
250      SEIZE        CARRIL9
255      DEPART      QNUEVE
260      ADVANCE     7, V$SERVIC
265      RELEASE     CARRIL9
270      TRANSFER    , FIN
275 CARR10 QUEUE      QDIEZ
280      SEIZE        CARRIL10
285      DEPART      QDIEZ
290      ADVANCE     8, V$SERVIC
295      RELEASE     CARRIL10
300      TRANSFER    , FIN
305 CARR11 TEST GE     Q$QDOCE,Q$QONCE,CARR12
310      QUEUE        QONCE
315      SEIZE        CARRIL11
320      DEPART      QONCE
325      ADVANCE     6, V$SERVIC
330      RELEASE     CARRIL11
335      TRANSFER    , FIN
340 CARR12 TEST GE     Q$QTRECE,Q$QDOCE,CARR13
345      QUEUE        QDOCE
350      SEIZE        CARRIL12
355      DEPART      QDOCE
360      ADVANCE     7, V$SERVIC
365      RELEASE     CARRIL12
370      TRANSFER    , FIN

```

```

375 CARR13 TEST GE Q$QCATORCE,Q$QTRECE,CARR14
380 QUEUE QTRECE
385 SEIZE CARRIL13
390 DEPART QTRECE
395 ADVANCE 8,V$SERVIC
400 RELEASE CARRIL13
405 TRANSFER ,FIN
410 CARR14 QUEUE QCATORCE
415 SEIZE CARRIL14
420 DEPART QCATORCE
425 ADVANCE 9,V$SERVIC
430 RELEASE CARRIL14
435 TRANSFER ,FIN
440 FIN TERMINATE
445 *
450 GENERATE 1
455 TERMINATE 1 ;Reloj del simulador

```

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	3600	52	7	0	376176

NAME	VALUE	TYPE
D13	10001	2
XPDIS	10002	2
D31	10003	2
ARR	10004	2
SERVIC	10005	2
CARR11	23	3
QNUEVE	10007	2
QOCHO	10008	2
CARR9	10	3
CARR8	3	3
CARRIL8	10011	2
FIN	50	3
QDIEZ	10013	2
CARR10	17	3
CARRIL9	10015	2
CARRIL10	10016	2
QDOCE	10017	2
QONCE	10018	2
CARR12	30	3
CARRIL11	10020	2
QTRECE	10021	2
CARR13	37	3
CARRIL12	10023	2
QCATORCE	10024	2
CARR14	44	3
CARRIL13	10026	2
CARRIL14	10027	2

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
1	GENERATE	3345	0	0
1	TRANSFER	3345	0	0
CARR8	TEST	1628	0	0
4	QUEUE	621	26	0
5	SEIZE	595	0	0
10	DEPART	595	0	0
10	ADVANCE	595	1	0
3	RELEASE	594	0	0
4	TRANSFER	594	0	0
CARR9	TEST	1007	0	0
11	QUEUE	536	25	0
12	SEIZE	511	0	0
13	DEPART	511	0	0

LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT	RETRY
14	ADVANCE	511	1	0
CARR1	RELEASE	510	0	0
16	TRANSFER	510	0	0
CARR10	QUEUE	471	23	0
18	SEIZE	448	1	0
19	DEPART	447	0	0
20	ADVANCE	447	0	0
CARR2	RELEASE	447	0	0
22	TRANSFER	447	0	0
CARR11	TEST	1717	0	0
24	QUEUE	598	1	0
25	SEIZE	597	0	0
26	DEPART	597	0	0
CARR3	ADVANCE	597	1	0
28	RELEASE	596	0	0
29	TRANSFER	596	0	0
CARR12	TEST	1119	0	0
31	QUEUE	518	0	0
32	SEIZE	518	0	0
CARR4	DEPART	518	0	0
34	ADVANCE	518	1	0
35	RELEASE	517	0	0
36	TRANSFER	517	0	0
CARR13	TEST	601	0	0
38	QUEUE	414	0	0
CARR5	SEIZE	414	0	0
40	DEPART	414	0	0
41	ADVANCE	414	1	0
42	RELEASE	413	0	0
FIN	TRANSFER	413	0	0
CARR14	QUEUE	187	0	0
CARR6	SEIZE	187	0	0
46	DEPART	187	0	0
47	ADVANCE	187	0	0
48	RELEASE	187	0	0
49	TRANSFER	187	0	0
FIN	TERMINATE	3264	0	0
CARR0	GENERATE	3600	0	0
52	TERMINATE	3600	0	0

ACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL8	595	0.999	6.05	1	6647	0	0	0	26
CARRIL9	511	0.998	7.03	1	6620	0	0	0	25
CARRIL10	448	0.993	7.98	1	6596	0	0	0	23
CARRIL11	597	0.999	6.03	1	6909	0	0	0	1
CARRIL12	518	0.994	6.91	1	6934	0	0	0	0

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAILABLE	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
CARRIL13	414	0.913	7.95	1	6916	0	0	0	0
CARRIL14	187	0.462	8.91	1	0	0	0	0	0

	MAX	CONT.	ENTRIES	ENTRIES(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
QUEVE	25	25	536	1	12.70	85.27	85.43	0
ROCHO	26	26	621	1	13.39	77.64	77.77	0
DIEZ	24	24	471	2	12.02	91.87	92.26	0
DOCE	4	0	518	9	1.44	9.97	10.15	0
ONCE	5	1	598	3	2.20	13.23	13.30	0
TRECE	3	0	414	38	0.73	6.34	6.98	0
QUATORCE	2	0	187	63	0.20	3.94	5.94	0

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Se puede apreciar en los primeros tres capítulos la manera como este campo de la computación a través de software, hardware y programación, interviene de manera importante en cualquier campo de actividad, siendo de valuable importancia hacer coincidir todos los conocimientos de la materia de interés con esta rama. En este caso la materia se trata de Planeación de Sistemas.

Una manera de intervención es también a través de la simulación que como se puede ver en el capítulo cuatro, se introduce a lo que es el lenguaje G.P.S.S. (General Purpose Simulation System).

Posteriormente, se aplica este lenguaje en un caso real que es la Caseta de Cobro No. 23, en la autopista México-Pachuca. El objetivo del estudio es básicamente el mejoramiento y optimización del funcionamiento de la caseta misma.

Para realizar un estudio de esta categoría, se necesita primeramente hacer un diagnóstico, en este caso, de la autopista y de la caseta de cobro, para observar las condiciones en que se encuentra y también para obtener datos reales para la simulación. Esta parte está comprendida en el capítulo cinco.

Finalmente, una vez se ha formado una idea real y clara del problema, viene el proceso de la simulación, como se puede apreciar en el capítulo seis y en los anexos, cumpliéndose la hipótesis de la aplicación de la computación en Planeación, en este caso a través de la simulación.

Se puede apreciar de los resultados de las corridas de los modelos, como el factor "tiempo de cobro" es muy importante para que no se formen colas muy largas de vehículos antes de pasar la caseta. De los diagnósticos se obtiene que el tiempo mínimo de cobro es 7 segundos en los carriles con mayor flujo vehicular, y como se ve en las corridas de los modelos #A, al disminuir en únicamente un segundo el tiempo de cobro, las colas bajan considerablemente.

Esto significa que el tiempo que los empleados ocupan por cada usuario es fundamental, tanto para disminuir las colas, como también para reducir los tiempos de espera de los usuarios para pasar la caseta de cobro.

Cabe señalar, que incluyendo un carril adicional en cada sentido (0 y 14) a los ya existentes, las colas disminuyen también otro tanto.

Implantando otro sistema como "Pague con Cambio" o con billetes de baja denominación para agilizar el cobro-pago, se podría mejorar el funcionamiento de la caseta.

Con este trabajo no se pretende afirmar que todos los problemas en Planeación tengan solución a través de la computación, sino más bien aclarar que al saber utilizar una microcomputadora, nos proveemos de una herramienta poderosa en la asistencia a la Planeación.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ACKOFF RUSSEL L. "Un concepto de Planeación de Empresas"
Editorial Limusa

- [2] BRONSON RICHARD "Investigación de Operaciones"
Serie Schaum Editorial Mc. Graw Hill

- [3] BYTE "Revista Norteamericana" (Varias publicaciones)
Editorial Mc. Graw Hill Publication

- [4] COSS BU RAUL "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión"
Editorial Limusa

- [5] DE LA PEÑA MANRIQUE RAMON "Manual del Consultor en Planeación"
Editorial Limusa

- [6] FLORES DE LA PEÑA HORACIO y otros autores
"Bases para la Planeación Económica y Social de México"
Editorial Siglo XXI

- [7] GORDON GEOFFREY "Simulación de Sistemas" Editorial Diana

- [8] GPSS/PC "REFERENCE MANUAL & TUTORIALS"
Minuteman Software, Stow Massachusetts, 1986

- [9] HINOJOSA PEREZ JORGE "Apuntes de Planeación"
Facultad de Ingeniería UNAM

- [10] MURDICK ROBERT G. Y MUNSON JOHN C.
"Sistemas de Información Administrativa"
Editorial Prentice Hall

- [11] NAYLOR, BALINTFY, BURDICK, KONG CHU
"Técnicas de Simulación en Computadoras" Editorial Limusa
- [12] OBREGON SANIN IVAN "Teoría de la Probabilidad"
Editorial Limusa
- [13] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO "La Consultoría de Empresas"
Editorial Limusa
- [14] ORTEGA BLAKE ARTURO "Diccionario de Planificación Económica"
Editorial Trillas
- [15] PRAWDA JUAN "Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones"
Modelos Determinísticos Vol.1 Editorial Limusa
- [16] PRAWDA JUAN "Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones"
Modelos Estocásticos Vol.2 Editorial Limusa
- [17] SERIE TEXTOS "Introducción a la computación"
P.U.C. Programa Universitario de Cómputo UNAM
- [18] STEINER GEORGE A. "Planeación Estratégica"
Editorial CECSA