



## INSCRIPCIONES

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA DE LA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
LA FACULTAD DE INGENIERIA; U. N. A. M.

**Cuota de inscripción \$ 3,500.00**

La cuota de inscripción incluye:

- una carpeta con las notas de los profesores
- bibliografía sobre el tema
- servicio de cafetería
- comidas

Palacio de Minería Calle de Tacuba No. 5 México 1, D.F.

Horario de oficinas: lunes a viernes  
de 9 a 18 h.

Para mayores informes hablar a los teléfonos:  
521-40-20 521-73-35 512-31-23

## CONSTANCIA DE ASISTENCIA

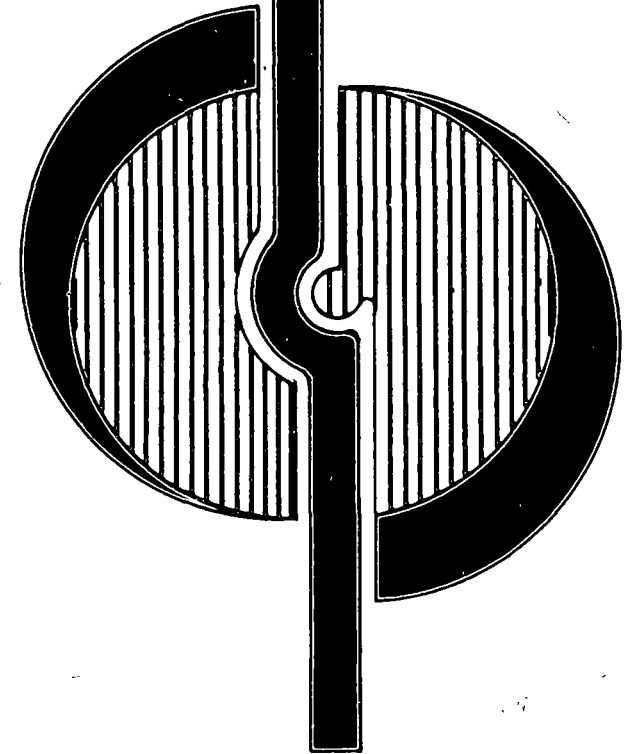
La Facultad de Ingeniería de la U N A M , otorgará una constancia de asistencia a los participantes que concurren regularmente y que realicen satisfactoriamente los trabajos que se les asignen durante el curso

CIRCULA LIBRE DE PORTE  
POR VIA DE SUPERFICIE  
Y DENTRO DEL TERRITORIO NAL.  
ART. 17 LEY ORGANICA DE LA U N A M



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, u n a m

Palacio de Minería  
Calle de Tacuba No. 5  
México 1, D.F.



# JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL

**Duración:** 36 h

**Fechas:** 7, 8, 14, 15, 21 y 22 de abril

**Horario:** viernes de 17 a 21 h; sábados de 9  
a 13 y de 14 a 18 h

**Coordinador:** M. en C. Marcial Portilla  
Robertson

En colaboración con la Asociación de Ingenieros  
Universitarios Mecánicos Electricistas, A.C.

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, u n a m



## **PRESENTACION DEL CURSO**

En la actualidad es imperante analizar la viabilidad y desarrollo que tienen los Sistemas. Por lo cual, se ha pensado en la necesidad de ofrecer este curso, para que los profesionistas involucrados en la Planeación cuenten con las armas necesarias que ofrece la Simulación y, puedan así, una vez simulado el sistema, tomar alguna decisión.

## **OBJETIVOS DEL CURSO**

Proporcionar al profesional el contacto con las diferentes Técnicas de Simulación, para utilizar éstas en una mejor solución a los problemas que se le presenten.

## **A QUIEN SE DIRIGE**

Este curso está dirigido a profesionistas de la Ingeniería, la Economía y la Administración de Empresas, que tengan a su cargo, o que intervengan en la Planeación de Proyectos, Modelos y Sistemas.

## **TEMARIO**

- 1 Introducción a los Sistemas
  - 1.1 El enfoque de sistema
  - 1.2 Morfología
  - 1.3 Descripción de sistema
- 2 Modelado
  - 2.1 Introducción
  - 2.2 Clasificación de modelos
  - 2.3 Formulación de modelos
  - 2.4 Función de producción
- 3 Simulación
  - 3.1 Introducción
  - 3.2 Generación de números aleatorios
  - 3.3 Métodos de Montecarlo
  - 3.4 Lenguaje de simulación DINAMO.
- 4 La Problemática Nacional
  - 4.1 Antecedentes
  - 4.2 Teoría del subdesarrollo
- 5 La Planeación Urbana en México
  - 5.1 Antecedentes históricos
- 6 Juegos de Simulación
  - 6.1 Introducción
  - 6.2 Juego Club
  - 6.3 Juego Walrus
  - 6.4 Juego Metrópolis
  - 6.5 Juego Metroampex
  - 6.6 Juego para decisiones ejecutivas

## **PROFESORES**

M. en C. L. P. Manuel Grijalva López  
Dr. Víctor Gerez Greiser  
Ing. Víctor López de Buen  
M. en C. Marcial Portilla Robertson  
Ing. Marco Aurelio Torres Herrera

## **NOTA:**

Los cursos tienen cupo limitado.

Es recomendable inscribirse con oportunidad para garantizar su asistencia.

JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL  
(7, 8, 14, 15, 21 y 22, de abril, 1978)

FECHAS	HORARIO	TEMA	PROFESOR
7 de abril	17 a 21 h	INTRODUCCION A LOS SISTEMAS	Dr. Víctor Gerez Greiser
8 de abril	9 a 13 h	MODELADO DE SISTEMAS	Dr. Víctor Gerez Greiser
8 de abril	14 a 18 h	SIMULACION DE SISTEMAS	M. en C. Luis Pablo Grijalva López
14 de abril	17 a 21 h	INTRODUCCION AL CLUG	M. en C. Marcial Portilla R.
15 de abril	9 a 11 h	LENGUAJE DE SIMULACION DYNAMO	Ing. Víctor López De Buen
15 de abril	11 a 13 h	ANTECEDENTES HISTORICOS	Rodolfo Félix Ruiz
15 de abril	14 a 18 h	LA PROBLEMATICA NACIONAL	Ing. Marco Aurelio Torres Herrera
21 de abril	17 a 21 h	JUEGOS DE SIMULACION	M. en C. Marcial Portilla R.
22 de abril	9 a 13 h y 14 a 18 h	Clug - Continuación Walrus Metrópolis, etc.	M. en C. Marcial Portilla R.
22 de abril	18 horas	CLAUSURA	

## DIRECTORIO DE PROFESORES

### JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL

M. EN C. LUIS PABLO MANUEL GRIJALVA LOPEZ  
Jefe de la Sección de Ingeniería de Control  
Sección de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
México 20, D.F.  
Tel; 550.52.15 ext. 3751 ó 3752 ó al 525.64.52

DR. VICTOR GERERZ GREISER  
Profesor Titular  
Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
Ciudad Universitaria  
México 20, D.F.  
Tel; 550.52.15 ext. 3750 ó 3746

ING. VICTOR FERNANDO LOPEZ DE BUEN  
Investigador  
Fundación Javier Barros Sierra, A.C.  
Tacuba No. 5 -  
México 1, D.F.  
Tel: 512.35.68

M. EN C. MARCIAL PORTILLA ROBERTSON  
Jefe de la Sección de Ingeniería de Control  
Sección de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, UNAM  
México 20, D.F.  
Tel; 550.52.15 ext. 3746 ó 3750

ING. MARCO AURELIO TORRES HERRERA  
Director General  
Constructora Libra, S.A.  
Carracci No. 46 - 101  
México 19, D.F.  
TEL: 563.98.99.







centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

I INTRODUCCION A LOS SISTEMAS

PROF. DR. VICTOR GEREZ GREISER.

Abril, 1978.

# CAPITULO 1

## *Introducción*

### **1.1 El enfoque de sistemas**

### **1.2 Morfología de sistemas**

- 1.2.1 Dimensiones en el análisis de sistemas
- 1.2.2 Fases en el análisis
- 1.2.3 Definición del problema y medición
- 1.2.4 Análisis de datos y modelado
- 1.2.5 Generación de alternativas o síntesis
- 1.2.6 Toma de decisiones o selección
- 1.2.7 Morfología tridimensional
- 1.2.8 Ejemplo

### **1.3 Descripción de sistemas**

- 1.3.1 Introducción
- 1.3.2 Estructura
- 1.3.3 Fronteras
- 1.3.4 Diagramas de bloque y señales
- 1.3.5 Agrupaciones abiertas y realimentación
- 1.3.6 Sistemas con lógica
- 1.3.7 Transformaciones con atraso
- 1.3.8 Sistemas discretos
- 1.3.9 Diagramas de decisión
- 1.3.10 Formatos, códigos y diagramas lógicos
- 1.3.11 Diagramas de flujo de materia y energía
- 1.3.12 Ejemplo de diagramas de flujo de materia y de energía
- 1.3.13 Características distintivas

### **1.4 Problemas**

### **1.5 Bibliografía**

## 1.1. EL ENFOQUE DE SISTEMAS

\*En el siglo XVII, Leeuwenhoek inició una revolución científica al permitir, con ayuda del microscopio, el estudio de un mundo hasta entonces invisible. En este estudio las ideas básicas de las teorías atomísticas de los griegos recibieron comprobación. \*Estos descubrimientos y comprobaciones dieron como resultado

establecer una visión microscópica de los fenómenos naturales,  en la cual el interés científico se concentra en las partes que integran un organismo, un átomo, etc.

Aun cuando son muchos los avances de la ciencia que han surgido de ese enfoque microscópico, \*el conocimiento, cada vez más amplio que sobre dichas partes ha proporcionado este enfoque, no ha permitido, sin embargo, resolver diversos problemas sociales, económicos y ecológicos.

\*No ha sido sino hasta muy recientemente que se empieza a

complementar la visión microscópica con el *enfoque de sistemas*,  el cual pone énfasis en los aspectos generales y en las interacciones entre las partes que lo integran. En tanto que en el enfoque microscópico se estudian los elementos para encontrar relaciones de causa y efecto, en el *enfoque macroscópico* o de *sistemas* se emplea el conocimiento que se tiene de las partes para estudiar el comportamiento de todo un conjunto de partes o subsistemas que interactúan entre sí. \*El comportamiento de un conjunto completo de componentes está determinado tanto por las características de las partes como por la interconexión de las mismas.

En el enfoque de sistemas se integran los conocimientos que las diversas ciencias suministran acerca de los componentes de un sistema para conocer el comportamiento del conjunto.

\*El análisis de sistemas es una técnica importante que se emplea en las fases de diseño o proyecto, ejecución, puesta en marcha y operación de proyectos de beneficio social, industriales y de servicios.

\*Dada la complejidad de esos sistemas, que presentan interacciones entre muchas variables, efectos de atraso\*\* y relaciones en

\*\*Tienen efecto de atraso aquellos fenómenos, donde el resultado de una variable o acción no se manifiesta de inmediato. (Ver sección 1.3.7)

\*El invento del microscopio abrió nuevos horizontes a la ciencia.

\*Permitió estudiar las partes constitutivas de los sistemas.

La ciencia adopta el enfoque microscópico.

\*No todos los problemas se resuelven con el enfoque microscópico.

\*El enfoque de sistemas, complementa al enfoque microscópico.

El enfoque de sistemas integra conocimientos.

\*El comportamiento de un sistema depende de las partes y de su interacción.

\*El análisis de sistemas se emplea en: diseño, ejecución, puesta en marcha y operación de sistemas complejos.

\*El análisis de sistemas es una metodología especializada.

## 20 Introducción

general no lineales entre las variables, es necesario contar con una metodología especializada para la solución de los problemas relacionados con dichos sistemas.

\*Además de lo anterior, se requiere integrar grupos de trabajo de carácter interdisciplinario, ya que resulta, prácticamente imposible que un profesional cuente con todos los conocimientos necesarios para atacar los diversos problemas que se presentan en el análisis de sistemas de esta magnitud y complejidad.

\*El profesional que forma parte de un grupo que analiza sistemas, debe tener los conocimientos de su especialidad que le permitan estudiar determinados aspectos particulares de un sistema; y contar, además, con aquellos conocimientos operacionales de diversas disciplinas distintos a los de su campo particular de actuación a fin de que pueda integrarse a un grupo de trabajo interdisciplinario y comunicarse con el resto del mismo.

\*Esta comunicación resulta indispensable para los integrantes del grupo, pues con ella es factible dar al problema una solución que contenga todos los factores relevantes.

No es difícil encontrar proyectos que satisfacen todos los requisitos de un buen diseño de ingeniería, pero que resultan demasiado costosos por no haberse tomado en cuenta los aspectos económicos. O bien, en otros casos, la ejecución de un proyecto acarrea efectos laterales que, por no estar analizados adecuadamente, disminuyen el beneficio del mismo. Hay ocasiones en las que la realización de un importante proyecto, que representa un cuantioso derrame de dinero en una zona, trae consigo una seria dislocación en la economía y estructura social de la zona no necesariamente benéfica.

Podría continuarse con una larga lista de razones que obligan a formar grupos de trabajo interdisciplinario para la solución de los diversos problemas que se presentan en sistemas de gran tamaño y complejidad; \*y de longitud comparable sería la que corresponde a argumentos que hacen necesario que estos grupos de trabajo se hallen integrados por personas con una preparación particular en un campo y conocimientos fundamentales en disciplinas que cubren un amplio espectro del saber humano.

\*Por ser los proyectos de una envergadura similar a la citada frecuentemente de ingeniería, una disciplina importante que debe estar representada en dichos grupos de trabajo es precisamente la ingeniería en sus diversas especialidades, \*y debe contarse, además, con la colaboración de economistas, sociólogos y especialistas en otras disciplinas de las ciencias naturales.

\*La solución a problemas de sistemas requiere grupos interdisciplinarios.

\*El analista de sistemas debe tener conocimientos especializados y generales.

\*Trabajar en un grupo interdisciplinario requiere comunicación entre sus integrantes.

\*El analista de sistemas debe ser especialista y generalista.

\*Muchos sistemas grandes y complejos corresponden a la ingeniería.

\*Un grupo de análisis de sistemas debe contar con ingenieros, economistas, sociólogos, etc.

\*En los proyectos de ingeniería, probablemente la disciplina auxiliar más importante es la economía. Por esta razón se incluye en esta obra, un gran número de secciones dedicadas a este tema.

\*Cabe aclarar que en esta obra, solamente se cubren aquellos aspectos del análisis de sistemas que no corresponden a una disciplina de la ingeniería en particular sino que tienen aplicación en la mayoría de los proyectos de sistemas; no se estudian, por ejemplo, las leyes de Newton ni la resistencia de materiales, pero sí se abarcan los aspectos más importantes de la metodología de optimización.

\*El objetivo primordial de esta obra es familiarizar al lector con el enfoque de sistemas, o sea, con una metodología científica que permite analizar, bajo determinada secuencia lógica, problemas complejos. \*Si bien el estudio del sistema no sustituye los conocimientos particulares en una rama de la ciencia o técnica, sí en cambio, ayuda a integrar estos conocimientos con los de otras ramas; \*mediante lo cual se previene que en el estudio de sistemas complejos se olviden factores importantes que pueden disminuir o, inclusive, anular los beneficios que se esperan de la implementación de un proyecto.

Conviene señalar nuevamente, que la metodología de la ingeniería de sistemas de ninguna manera es sustituto de conocimientos específicos en ramas particulares, sino que únicamente ayuda a integrar conocimientos particulares en un marco de referencia más amplio.

\*La aplicación más importante del enfoque de sistemas ha sido hasta el momento dentro de la ingeniería, sin embargo, cada día aumentan sus aplicaciones en otras profesiones, como se señalará en la siguiente sección.

## 1.2 MORFOLOGIA DE SISTEMAS

### 1.2.1 Dimensiones en el análisis de sistemas.

\*Hall señala (ref. 4) que en problemas de análisis de sistemas pueden distinguirse, fundamentalmente, tres dimensiones:

#### \*1. Tiempo.

\*Un proyecto pasa secuencialmente desde su iniciación hasta su obsolescencia por diferentes *fases*, a cuyo término de cada una es necesario tomar una importante decisión.

\*Economía.

\*La metodología de sistemas es aplicable a diversos tipos de proyectos.

\*El análisis de sistemas es una metodología científica.

\*No substituye conocimientos específicos, sino que ayuda a integrar conocimientos.

\*Integración de conocimientos: mejores soluciones

\*Aplicación del enfoque de sistemas en ingeniería y otras ramas.

\*El análisis de sistemas tiene tres dimensiones.

\*Primera dimensión: Tiempo.

\*El tiempo está asociado a las fases del proyecto.

## 22. Introducción

### \*2. Metodología de solución del problema.

\*La integran los diversos pasos que deben ejecutarse en cualquiera de las fases del proyecto y está caracterizada por una secuencia lógica de actividades.

\*3. Conjunto de conocimientos, modelos y procedimientos, que definen una *disciplina* en particular.

□ Puede tomarse como medida de esta dimensión el grado de estructura formal o matemática de la disciplina. Hall (Ref. 4), considera que en esta dimensión es factible citar, en orden decreciente de estructura formal: ingeniería, medicina, arquitectura, administración, ciencias sociales y artes.

\*Las dos primeras dimensiones, es decir el tiempo y el conjunto de procedimientos de solución, definen un modelo de metodología para el análisis de sistemas independiente de una disciplina en particular. Esta metodología opera con conceptos que son aplicables a diferentes campos.

La Fig. 1.2.1 muestra un modelo de metodología para el análisis de sistemas.

\*Segunda dimensión: Metodología.

\*La metodología está asociada a los pasos de solución.

\*Tercera dimensión: Conocimientos que forman una disciplina.

□ Medida asociada a la tercera dimensión: Estructura formal de la disciplina.

\*Dimensión 1: tiempo

+

Dimensión 2: metodología

definen un modelo de análisis de sistemas.

Pasos Fases	Definición del problema	Medición del sistema	Análisis de datos	Modelado de sistemas	Síntesis de sistemas	Toma de decisión
Planeación de programa	→	→	→	→	→	→
Planeación de proyecto	→	→	→	→	→	→
Desarrollo de sistema	→	→	→	→	→	→
Producción ó construcción	→	→	→	→	→	→
Distribución ó puesta en servicio	→	→	→	→	→	→
Operación ó consumo	→	→	→	→	→	→
Retiro	→	→	→	→	→	→

Fig. 1.2.1 Metodología para el análisis de sistemas.

\*El anterior modelo de metodología es una matriz de actividades; □ sus renglones están asociados a la primer dimensión: el tiempo, y las columnas a la segunda dimensión: Δ la metodología de solución formada por los diversos pasos de solución que sigue una secuencia lógica, tal como muestra la figura 1.2.2.

\*Matriz de actividades.

□ Los renglones corresponden al tiempo.

Δ Las columnas corresponden a la metodología de solución.

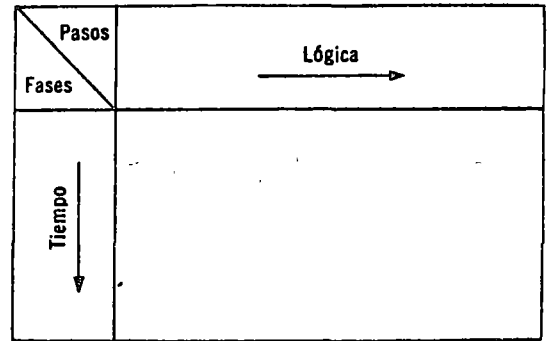


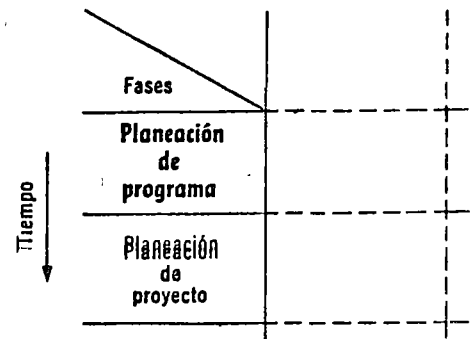
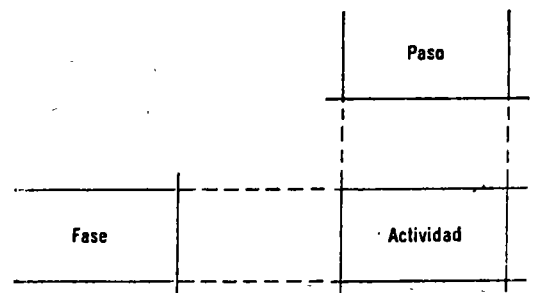
Fig. 1.2.2 Matriz de actividades.

\*Cada elemento de la matriz representa una actividad y está definido en forma única por la intersección de una fase de un proyecto y un paso de solución.

A continuación se describen las características más importantes de cada fase de un proyecto.

### 1.2.2 Fases en el análisis

\*Durante la fase de *planeación de programas* □ se determinan las actividades o programas que se desean lograr.



□ Determinación de actividades o programas por realizar

Objetivos:

\*Al respecto, pueden distinguirse dos objetivos principales: el primero es que se trata de determinar si los programas por realizar son congruentes con las actividades y metas de la organización;

Determinar la congruencia de los programas y establecer una base de información.



## 24 Introducción

y el segundo es que se busca establecer una extensa base de información que puede servir para la planeación de proyectos específicos.

\*En la fase de *planeación de proyecto* □ el interés se concentra en un proyecto en particular, Δ y puede considerarse como terminada cuando se toma la decisión de implementar la mejor de las alternativas generadas (o de concluir con el proyecto de una manera específica).

Planeación de proyecto	
Desarrollo del sistema	

- Se analiza un proyecto en particular.
- Δ Termina esta fase cuando se decide implementar una de las alternativas.

\*La fase de *desarrollo de sistema* se inicia después de formular la decisión de confirmar un proyecto específico.

Desarrollo del sistema	
Producción o construcción	

\*Su meta es desarrollar un plan de acción que permite realizar el proyecto que se ha seleccionado en la fase anterior. Los pasos correspondientes a esta fase tratan con componentes y no con alternativas generales.

\*Puede considerarse terminada cuando se han preparado las especificaciones, dibujos y listas de materiales necesarios para la manufactura o construcción.

\*En la siguiente fase, la de *producción o construcción*, □ se procede a implementar un proyecto. Esto puede implicar la producción de un artículo o la construcción de una obra.

\* Meta:  
desarrollar un plan para implementar un proyecto específico.

\* Termina con la preparación de:  
especificaciones  
dibujos  
listas de materiales.

Producción o construcción	
Distribución o puesta en servicio	

- Se implementa un proyecto

\*Si se trata de un producto industrial, durante esta fase, el ingeniero industrial determina el flujo de materiales, la secuencia de operaciones y la distribución de las facilidades de manufactura; además, debe diseñarse durante ésta, el herramental necesario para la producción. Como todo proceso de manufactura está sometido a normas de control de calidad, conviene establecer las mismas.  
 \*En un proyecto de ingeniería civil, el constructor ejecuta la obra de acuerdo con los planos de proyecto y con las especificaciones.

\*En la fase de *distribución o puesta en servicio* se hace llegar a los usuarios el producto manufacturado, o se pone en servicio la obra ejecutada durante la fase anterior.

\*Durante esta fase se establece la organización de ventas para el producto.

En el caso de plantas de generación eléctrica, se realizan durante la fase de puesta en servicio todas las pruebas de recepción y puesta en servicio, y se concluye con la entrega de la planta al Departamento de Operación.

\*La fase principal de un proyecto de sistemas es la operación del mismo o el consumo final de un producto.

\*Finalmente, un sistema pasa a la fase de retiro. En general ésta coincide, en el tiempo, con la fase de puesta en servicio de un nuevo sistema que sustituye al antiguo.

Las siete fases mencionadas definen los renglones de la matriz de actividades, \*y a cada una corresponde una serie de pasos de análisis que sigue una determinada secuencia lógica. En las siguientes secciones se describen estos pasos.

\*Si el proyecto es de producción determine el flujo de materiales, la secuencia de operaciones, etc.

\*Si es de construcción, se ejecuta la obra.

o

Distribución o puesta en servicio	
Operación o consumo	

\*Se establece la organización de ventas y se distribuye el producto.

o

Operación o consumo	
Retiro	

o

Retiro	
--------	--

\*A cada fase (renglón) corresponden diversos pasos (columnas)

## 26 Introducción

### 1.2.3 Definición del problema y medición

\*Si bien las fases de análisis descritas tienen para diversos problemas facetas comunes, los aspectos particulares de cada sistema son lo suficientemente importantes para hacer difícil el establecimiento de una disciplina general que estudie estos aspectos para los diferentes sistemas.

Las características de la fase de construcción o producción (fase 4) son muy diferentes en un proyecto civil que en un problema de manufactura. En problemas relacionados con bienes de consumo, la etapa de consumo u operación (fase 6) no presenta en general problemas de interés para el analista de sistemas; sin embargo, en un sistema de potencia esta fase sí es de gran interés.

\*La metodología de análisis de todas las etapas caracterizadas por los pasos que se estudiarán en las siguientes secciones, al ser común a todas las etapas, puede estudiarse en una disciplina que se conoce con el nombre de *análisis de sistemas*. Los diferentes capítulos de la presente obra cubren los diversos pasos que se siguen en cada fase de análisis, y como en todas ellas existen por ejemplo, problemas de optimización, esta metodología tiene un carácter general que permite estudiarla libre del contexto de un sistema en particular.

\*Cada fase del análisis de sistemas está formada por una serie de pasos que identifican las columnas de la matriz de actividades.

\*El primer paso en cada fase del análisis consiste en *definir el problema*.

\*En el siguiente paso se realiza una serie de actos que se pueden agrupar bajo el nombre de *medición del sistema*. En este paso se establecen los objetivos del paso de análisis, debiendo hacerse claramente. Un grupo de análisis de sistemas siempre realiza el trabajo para clientes, o dentro de organizaciones que en general tienen claramente definidos sus propósitos.

\*El grupo de analistas debe establecer los objetivos de su trabajo, los cuales necesitan coincidir con los propósitos para los cuales se realiza el estudio. Los objetivos pueden ser de diversa índole, siendo entre los más importantes:

1. \*Puramente económicos, es decir, de maximización del rendimiento de una inversión y minimización de costos de operación o producción.

\*Las fases del análisis difieren en las diversas disciplinas.

\*La metodología (etapas) es común en diversas disciplinas.

\*Cada fase tiene los mismos pasos.

Definición del problema	Medición del sistema
-------------------------	----------------------

Medición del sistema	Análisis de datos
----------------------	-------------------

\*Medición del sistema incluye el establecimiento de objetivos.

\*  
Objetivos:  
económicos  
distribución del ingreso  
maximización del beneficio social

2. Distributivos del ingreso, o sea la promoción del bienestar de un grupo a expensas de otro.
3. Maximización de beneficios que difícilmente se pueden cuantificar, como son la educación y otros servicios sociales.

\*Desde luego, los objetivos del análisis varían de acuerdo con el sistema y la fase del estudio.

En un análisis de producción, los objetivos en general son de minimización de costos de producción, que se logran mediante un aprovechamiento adecuado de los recursos financieros y humanos. En la fase de distribución, los objetivos son de minimización de costos de distribución, lo que se logra tomando en cuenta montos de transporte, mantenimiento de inventarios, etc. En un sistema eléctrico de potencia, en la fase de operación, el objetivo puede ser de minimización de costos de operación y maximización de la confiabilidad en el servicio.

\*Desde luego, los objetivos de las diversas fases están estrechamente ligados, por lo que en la medición y análisis de las precedentes deben tomarse en cuenta los objetivos de las consecuentes. Por ejemplo, el objetivo en la fase de diseño de un sistema requiere considerar los objetivos de las fases consecuentes o sea, desde la producción hasta el retiro. \*Al diseñar un artículo, conviene examinar los aspectos de producción, distribución, operación y retiro del mismo. Un sistema puede satisfacer los objetivos de la fase de desarrollo del sistema (fase 3), de minimización de costos de producción (fase 4), pero por sus propiedades físicas o dimensiones, no satisfacen los objetivos de distribución (fase 5).

\*Frecuentemente no corresponde a la misma unidad económica o administrativa la responsabilidad de todas las fases de la "vida" de un sistema o producto, que abarcan desde su planeación hasta su retiro; existen sistemas o artículos que satisfacen los objetivos de todas las fases que corresponden a una unidad o grupo de unidades, pero no satisfacen los de las fases que caen, aparentemente, fuera de su responsabilidad. Por ejemplo, \*los envases desechables, indudablemente satisfacen los objetivos inmediatos de los productores y consumidores, es decir, minimizar costos de producción y distribución. \*Sin embargo, no se tomaron debidamente en cuenta los objetivos de la fase final: la de retiro del producto, como lo atestiguan la creciente contaminación que han causado, así como los problemas de recolección y disposición. Probablemente se hubiese dado otra solución al problema al considerar el costo social de la contaminación y el monto económico de su recolección y disposición. \*Aparentemente este último, no afecta los aspectos de beneficio económico de los productores y consumidores de envases.

\*Los objetivos varían con el sistema y la fase.

\*Los objetivos de las etapas están ligados.

\*Al diseñar un producto, considere:  
producción  
distribución  
operación  
y retiro

\*Considere los objetivos de todas las fases, aun de las que no caen bajo su responsabilidad.

\*Los envases desechables satisfacen objetivos de productores y consumidores.

\*No minimizan costos de retiro.

\*Los costos de retiro afectan indirectamente a productores y consumidores.

## 28 Introducción

Sin embargo, se olvida que el costo de recolección y disposición del producto por el sector público se financia, en general, con los impuestos, recayendo en forma indirecta sobre los causantes el costo de retiro. El lector puede identificar fácilmente otras implementaciones de producto o sistemas donde no se han considerado, en conjunto, los objetivos de todas las fases, obteniéndose resultados altamente indeseables.

\*Durante el paso de medición deben *identificarse las variables* y establecer el *inventario* de las mismas; para lo cual se fijan los *criterios de evaluación*, o medidas de efectividad de las actividades, que se utilizarán durante las etapas del análisis en proceso.

\*El establecimiento de dichos criterios y medidas permite evaluar en qué grado, diferentes soluciones alternativas a un problema satisfacen los objetivos para los cuales han sido desarrolladas. La solución final al problema depende en forma importante de las medidas de efectividad que se hayan seleccionado; si el problema consiste en diseñar una planta manufacturera, la selección de un diseño depende de la medida de efectividad adoptada; y si la medida es solamente la minimización del costo de producción a corto plazo, el mejor diseño será diferente al que se adopte en caso que la medida de efectividad incluya además de factores económicos, la seguridad de los operarios, su estado anímico, etc.

En la tercera sección de este capítulo y en el siguiente se verá lo relativo a los temas de: descripción de sistemas y jerarquización, que en combinación con los temas de medición y teoría del valor, (cap. 7), forman los conocimientos básicos para realizar los pasos descritos en esta sección.

### 1.2.4 Análisis de datos y modelado

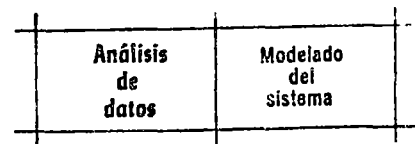
\*En el paso tres, el de *análisis de datos*, se realiza el *procesamiento de la información* reunida durante la medición de sistemas. Dicho procesamiento tiene que hacerse en general con ayuda de la computadora digital (los aspectos más importantes de la computación digital se presentan en el cap. 3).

□ Su objetivo es descubrir, con ayuda de técnicas de reconocimiento de patrones y evaluación estadística de parámetros, las relaciones importantes entre las variables.

\*Etapas de medición:

identifique variables y establezca un inventario de ellas; establezca además criterios de evaluación.

\*De los criterios de evaluación depende la solución del problema.



□ Objetivos del análisis de datos: descubrir relaciones entre las variables.

\* El grupo de análisis de sistemas procede a ejecutar el paso de *modelado del sistema* cuando en el paso anterior se han llegado a determinar relaciones importantes entre variables.

□ El objetivo de este paso es establecer relaciones, o modelos, que expliquen las interacciones entre las diversas variables del sistema; al respecto, el cap. 4 está enfocado al estudio del problema central del modelado. Este paso es de gran importancia en cualquier fase, ya que los resultados del análisis nunca podrán ser mejores que el modelo que se emplee para el mismo.

\*Debe hacerse notar que un problema de análisis puede requerir diferentes modelos, de acuerdo con la etapa o fase del proyecto. En un sistema hidroeléctrico, durante la fase de proyecto se necesita un modelo a escala sobre una mesa vibradora para determinar los efectos de sismos sobre la presa y evaluar de esta manera diferentes diseños alternativos; en cambio, en la etapa de operación se requiere un modelo totalmente distinto, ya que deberá simular la demanda de energía eléctrica y agua para riego, así como los niveles de agua en la presa para determinar una política óptima de aprovechamiento.

### 1.2.5 Generación de alternativas o síntesis

\* El objetivo de cada fase del análisis de sistemas es especificar la "mejor solución" de acuerdo con los criterios de evaluación o medidas de efectividad obtenidas durante el paso de medición del sistema.

\*Como los problemas que permiten encontrar en forma analítica la solución óptima son tan simples que no tienen interés para el analista de sistemas, es necesario explorar, empleando el modelo del sistema y técnicas de simulación del cap. 5, las medidas de efectividad correspondientes a diferentes alternativas. \*En obras grandes y en fases donde se tiene que recurrir a modelos costosos puede resultar cara cada simulación, por lo que es necesario aplicar la experiencia del analista para descartar, sin necesi-

Modelado del sistema	Síntesis de sistemas
----------------------	----------------------

□ Objetivo del modelado: establecimiento de modelos que expliquen relaciones entre variables

\*El modelo cambia de acuerdo con la etapa.

Síntesis de sistemas	Toma de decisión
----------------------	------------------

\*En cada fase se especifica la mejor "solución"

\*En sistemas complejos debe simularse el comportamiento de soluciones alternativas empleando modelos.

\*Utilice el criterio para descartar, sin recurrir a la simulación de diversas alternativas.

### 30 Introducción

dad de recurrir a la simulación, diversas alternativas factibles pero no recomendables. \*El esfuerzo de generación de alternativas debe concentrarse en aquellas que muestren las mejores medidas de efectividad. \*Además el costo de este paso no debe exceder de ninguna manera los beneficios esperados.

\*Con objeto de minimizar los costos de este paso es recomendable dividir las soluciones del problema en diferentes clases y evaluar una solución representativa de cada clase, \*después deben emplearse los resultados anteriores para determinar la clase más promisorias, para \*posteriormente explorar alternativas dentro de ésta.

\* Es preferible que el número de alternativas exploradas sea demasiado grande que pequeño, ya que el costo de esta etapa, en general resulta menor que los perjuicios que causa un sistema implementado e inadecuado por falta de una exploración suficiente de alternativas.

\*Supóngase que se desea resolver el problema de transporte de una población.  Como dos posibles clases de soluciones podrían considerarse: un sistema de camiones y el Metro. Como primer etapa, en la generación y evaluación de soluciones deben determinarse las medidas de efectividad de un sistema representativo de transporte por camión y por Metro. Si las correspondientes al primer sistema son sensiblemente superiores al del segundo, todo el esfuerzo posterior de análisis debe concentrarse en el transporte por camión, pero si resultan muy similares, será necesario seguir explorando alternativas dentro de ambas clases.

\*La exploración de alternativas necesita realizarse de manera ordenada y  observando la variación que sufren las medidas de efectividad al cambiar ciertas características del sistema a fin de seguir manejando aquellas que afecten en forma más positiva las medidas de efectividad. \*En este paso es frecuente recurrir a *técnicas de optimización*, estando entre las más importantes, la programación lineal y la dinámica (cap. 6). \*La técnica de *programación lineal* permite encontrar para cierto tipo de modelos de sistemas los parámetros que optimicen la medida de efectividad, precisamente determinando aquellos parámetros cuya variación tiene mayor efecto sobre la medida de efectividad. \*En otro tipo de modelos de sistemas es necesario recurrir a la técnica de optimización conocida con el nombre de *programación dinámica* (cap. 6), a fin de encontrar las alternativas con mejores medidas de efectividad.

\*Concentre el esfuerzo en alternativas promisorias.

\*No gaste más de lo que piensa obtener como beneficio.

\*Divida las alternativas en clases.

\*Determine la clase más promisorias

\*Después explore soluciones dentro de dicha clase.

\*Trate de explorar el mayor número de alternativas económicamente justificables.

\*Problema: Sistema de transporte.

Posibles clases de solución:  
camiones o Metro.

\*Explore ordenadamente, alternativas.

Observe la variación de las medidas de efectividad.

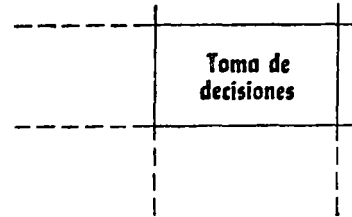
\*Recurra a técnicas de optimización cuando se requiera.

\*Técnica de optimización:  
programación lineal.

\*Técnica de optimización:  
programación dinámica.

1.2.6 Toma de decisiones o selección

\*



\*La mayoría de los sistemas cuyo tamaño y complejidad requieren el empleo de la metodología ya expuesta, deben cumplir con muy diversos objetivos. \*Para determinar el grado con que los sistemas cumplen sus objetivos se establecen las medidas de efectividad, \*si éstas se pueden reducir a la misma escala y sumarse, es factible establecer una sola función objetivo. Si existe esta función única, se puede emplear alguna de las técnicas de optimización del cap. 6 para llegar a la mejor solución. También es factible recurrir en estos casos a las técnicas de costo-beneficio del cap. 7, donde a todos los beneficios y costos se les da un valor monetario. \*En cualquiera de los casos en los que es posible establecer una sola medida de efectividad que agrupe todos los objetivos del sistema, la búsqueda de la "mejor" solución es una operación meramente matemática que se realiza en el paso de generación y evaluación de alternativas.

\*Los grandes sistemas cumplen con objetivos diversos.

\*Las medidas de efectividad determinan el grado de cumplimiento de un objetivo.

\*Sólo si las medidas de efectividad tienen la misma escala, existe una sola función objetivo.

\*Con una sola función objetivo:  
seleccionar = optimizar

\*Sin embargo, frecuentemente no es posible reducir a la misma escala y sumar todas las medidas de efectividad para obtener, empleando técnicas de optimización o análisis de costo-beneficio, la solución más adecuada. En estos casos hay que seleccionar las mejores alternativas, evaluando todas las medidas de efectividad de cada alternativa, \*para lo cual se requiere aplicar a éstas la teoría del valor a fin de decidir entre las posibles alternativas. Las bases de la teoría del valor se presentan en el cap. 7 y las de la teoría de decisiones en el 8.

\*Si la función objetivo no es única hay que seleccionar la mejor alternativa.

\*Para seleccionar, debe conocerse:  
teoría del valor  
teoría de decisiones

La fig. 1.2.3. resume los diversos pasos del análisis de sistemas, la metodología básica requerida para realizarlos y los capítulos donde se estudia esta metodología.

Pasos	Definición del problema	Medición del sistema	Análisis de datos	Modelado de sistemas	Síntesis de sistemas	Toma de decisiones
Metodología		Descripción del sistema jerarquización teoría del valor	Procesamiento de información	Construcción de modelos	Simulación y optimización	Teoría del valor y teoría de decisiones
Capítulo		1,2,7	3	4	5,6	7,8

Fig. 1,2,3 Estructura del libro.



### 32 Introducción

Resumiendo, puede decirse que el análisis de un sistema consta de diversas fases o etapas que abarcan desde la planeación de programa, hasta el retiro u obsolescencia del sistema, las cuales definen los renglones de una matriz de actividades. Durante cada etapa o fase se realiza una serie lógica de pasos que definen las columnas de la matriz de actividades que aparece en la fig. 1.2.1. La secuencia de solución de problemas de sistemas sigue precisamente la ruta señalada en la figura 1.2.1: empieza con la actividad de definición del problema en la fase de planeación de programa y termina con la selección en la fase de retiro.

Pasos Fases	Definición del problema	Medición del sistema	Análisis de datos	Modelado de sistemas	Síntesis de sistemas	Toma de decisión
Planeación de programa	COMIENZO					
Planeación de proyecto						
Desarrollo de sistema						
Producción ó construcción						
Distribución ó puesta en servicio						
Operación ó consumo						
Retiro						FIN

Fig. 1.2.1. Metodología para el análisis de sistemas.

1.2.7 Morfología tridimensional

\*Dado que la matriz de actividades de la fig. 1.2.1 incorpora únicamente dos dimensiones del enfoque de sistemas, la tercera dimensión (para la que Hall (ref. 4) propone el grado de estructura formal de la profesión) se incluye en la fig. 1.2.4.

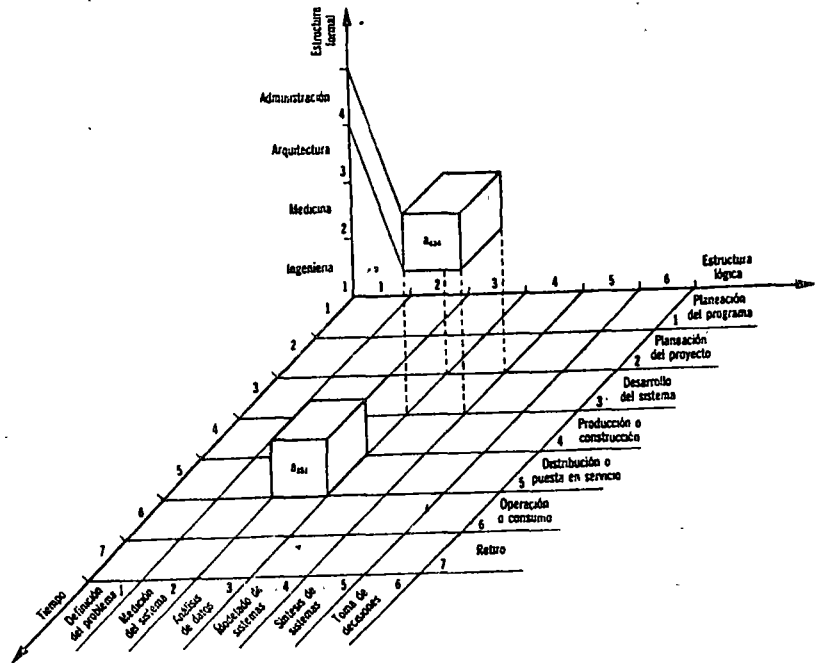


Fig. 1.2.4 Morfología tridimensional.

\*Empleando esta morfología pueden definirse actividades específicas del análisis de sistemas.

\*Así por ejemplo, la actividad  $a_{351}$  mostrada en la fig. 1.2.5 representa el paso de análisis de datos (3er paso) en la fase de distribución (fase 5) en la ingeniería (disciplina 1); es decir, analizar la información para determinar una adecuada política de distribución de un producto.

\*La morfología tridimensional define actividades específicas.

### 34 Introducción

\*

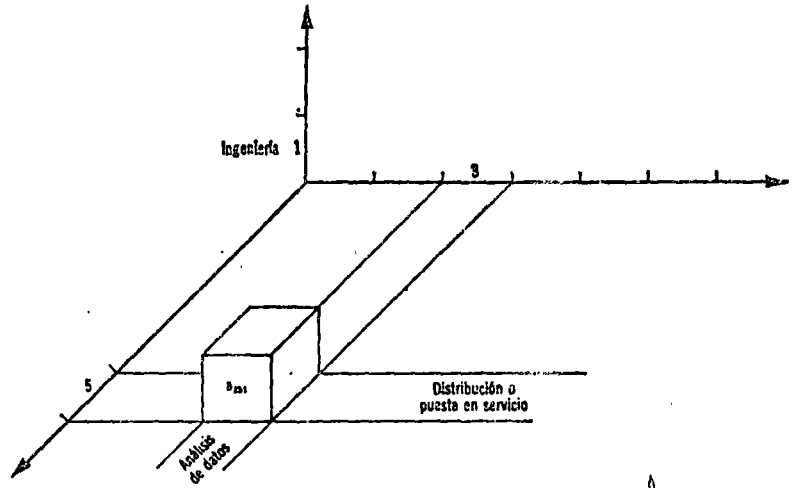


Fig. 1.2.5 Actividad específica en ingeniería.

\*La actividad  $a_{334}$  que aparece en la fig. 1.2.6 consiste en establecer el modelo (paso 4) de posibles sistemas (fase 3) para un problema de administración (disciplina 4)

\*

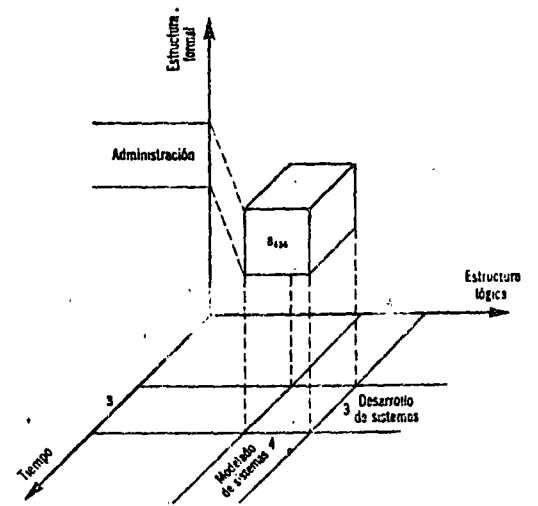


Fig. 1.2.6 Actividad específica en administración.

\*Antes de continuar, es necesario volver a señalar que el enfoque de sistemas, que tiene como meta establecer una secuencia lógica para la solución de los problemas en cada fase de análisis de un sistema complejo, solamente es un complemento para el profesionalista en una rama en particular. El conocimiento de toda la metodología del análisis de sistemas, desde la definición del problema hasta la selección, no es suficiente para resolver ningún problema del mundo real. Para resolver estos problemas se requieren conocimientos específicos de una rama de la ciencia o técnica, complementados con la metodología de sistemas.

\*Es menester tener presente que la actividad profesional, según esta morfología de Hall (ref. 4), cuenta con tres dimensiones. El enfoque de sistemas sólo se halla relacionado con la dimensión correspondiente a la secuencia lógica (pasos), \*por lo que para obtener resultados útiles a la sociedad, es necesario integrar las tres dimensiones del problema, es decir, \*dentro de una profesión (dimensión vertical) □ aplicar el enfoque de sistemas (dimensión lógica) \*a las diversas fases (dimensión temporal) de un problema.

\*Desafortunadamente es común pensar que si se domina la metodología del enfoque de sistemas, se puede resolver cualquier problema. Esta idea, por las razones señaladas, es absolutamente incorrecta.

### 1.2.8. Ejemplo

\*El siguiente ejemplo ilustra la aplicación de la metodología de sistemas a la fase de desarrollo del sistema de un problema de aprovechamiento hidráulico:

\*El primer paso es *definir el problema*, o sea planear el aprovechamiento de un río para fines de riego, generación de energía y facilidades de recreo.

\*Durante el *paso de medición* del sistema se procede a establecer los objetivos del proyecto y a cuantificarlos, es decir, a fijar medidas de efectividad, además de dar pesos relativos a los tres objetivos: riego, generación y recreo, para lo cual conviene recabar toda la información relevante para el proyecto, como puede ser el escurrimiento de la cuenca, las características geológicas de la misma, superficies de cultivo que se pueden beneficiar o perjudicar por el proyecto, etc., y se determina la disponibilidad de materiales de construcción, vías de comunicación y mano de obra. En resumen, se establece el banco de datos necesario para realizar el proyecto y poder evaluar alternativas.

\*En enfoque de sistemas es un complemento.

\*La actividad profesional tiene tres dimensiones.

\*Para obtener soluciones, deberán integrarse dichas dimensiones.

\*Dimensión 1: profesión

□ Dimensión 2: enfoque de sistemas.

\*Dimensión 3: tiempo.

\*El enfoque de sistemas por sí mismo, no resuelve los problemas.

\*Fase de desarrollo en un aprovechamiento hidráulico.

\*Definición del problema:

Aprovechamiento para riego, generación y recreo.

\*Medición del sistema:

Establecimiento de medidas de efectividad y sus pesos relativos.

Establecimiento de un banco de datos.

### 36 Introducción

\*Durante el tercer paso, el de *análisis de datos*, se emplean los métodos de manejo de datos y se ordena la información obtenida anteriormente para deducir datos de interés para el proyecto como podrían ser: escurrimiento promedio de la cuenca, relaciones entre el costo de materiales y posibles lugares de construcción de la presa, áreas de riego afectadas, etc.

\*En el cuarto paso, el de *modelado de sistemas*, se procede al diseño de diferentes alternativas de aprovechamiento, y se establecen los modelos para evaluarlas tomando en cuenta factores técnicos, económicos, sociales y ecológicos.

\*Posteriormente se efectúa la *síntesis del sistema*, es decir, que para las diversas alternativas posibles se determinan, empleando los modelos elaborados anteriormente, las medidas de efectividad establecidas en el paso de medición del sistema.

\*Como las medidas de efectividad en un proyecto de esta importancia difícilmente pueden reducirse a un solo índice, es necesario proceder a la etapa de *toma de decisiones*, paso en el cual se tomará la decisión respecto a qué alternativa se debe implementar, considerando todas las medidas de efectividad calculadas previamente.

## 1.3 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS

### 1.3.1 Introducción:

\*La mayoría de los grandes sistemas de interés para el analista de sistemas constan de muchas partes, están contruidos por una gran variedad de materiales, y los operan durante varias décadas, bajo muy diversas condiciones, miles de personas.

\*El análisis de sistemas, que en cualquier fase se inicia con la descripción del mismo, tiene que basarse en la información que se puede obtener acerca del sistema. \*La cantidad de información

asociada a sistemas de la complejidad citada es enorme, tanto que para obtener de esta gran cantidad de datos los relevantes para los diversos pasos del análisis, es necesario contar con técnicas especiales de organización y codificación, mediante las cuales se reduzca el volumen de datos que se requiere tomar en cuenta para los diversos pasos del análisis sin perder precisión en el estudio.

\*Para iniciar el primer paso del análisis de sistemas, el de descripción de un sistema, es necesario definirlo adecuadamente. En

#### \*Análisis de datos:

Ordenamiento de la información y obtención de datos relevantes.

#### \*Modelado del sistema

Diseño de alternativas y modelado de las mismas para evaluación.

#### \*Síntesis de sistemas

Empleo de los modelos para obtener medidas de efectividad.

#### \*Toma de decisiones

Decidir sobre el proyecto que debe implementarse.

\*Grandes Sistemas: { Tienen múltiples partes.  
Están formados por diversos materiales.  
Operan durante muchos años bajo distintas condiciones.

#### \*Primer paso: Descripción

\*Describir requiere gran cantidad de información.

□ Técnicas de codificación y organización de la información.

\*Para describir el sistema hay que definirlo.

las siguientes secciones se analizará la naturaleza de la información que se requiere para definir adecuadamente un sistema.

\*Un sistema puede estar inadecuadamente descrito cuando se conocen sus partes o subsistemas, pero se desconoce la interacción entre ellas. También es factible que se haya entendido el funcionamiento del sistema para un periodo determinado, pero se ignoren los cambios que sus características sufren con el tiempo.

\*La descripción de un sistema es inadecuada si: a) se desconoce la interacción entre partes b) se ignoran los cambios en el tiempo.

\*Otro aspecto importante de la ingeniería de sistemas es el reconocimiento de similitudes entre las características de diversos sistemas o subsistemas, que permite analizar diversos tipos de sistemas empleando la misma metodología.

\*Reconocimiento de similitudes implica menos métodos particulares.

\*Es posible, por ejemplo, utilizar la teoría de ecuaciones diferenciales (una metodología matemática) para analizar el comportamiento dinámico de sistemas eléctricos, térmicos, hidráulicos y mecánicos entre otros (ref. 3).

*Ecuaciones diferenciales sirven para analizar sistemas	}	mecánicos
		eléctricos
		hidráulicos
		térmicos
		económicos

\*En este capítulo se analizarán las principales características de los sistemas que permiten identificar las diferencias y similitudes entre los sistemas.

\*Identificación de similitudes y diferencias.

\*Chesnut (ref. 2) establece que los requerimientos básicos de información para un sistema son: estructura, características distintivas, magnitud, probabilidad y tiempo. En este capítulo se seguirá de cerca el artículo citado de Chesnut y la obra de Van Court Hare (refs. 1 y 2).

*Requerimientos de información sobre:	Estructura
	Características distintivas
	magnitud
	probabilidad
	tiempo

### 1.3.2 Estructura

\*Puede definirse como estructura de un sistema a la relación de sus partes entre sí:  estas relaciones pueden ser de *espacio*, *tiempo*, *jerarquía*, *propiedades lógicas* o *de toma de decisiones*.

\*Relación entre partes = Estructura  
 Relaciones de: espacio  
 tiempo  
 jerarquía  
 propiedades lógicas  
 toma de decisiones

### 38 Introducción

\*Como se señaló en la sección 1.2, antes de iniciar el análisis de un sistema es necesario fijar con claridad cuál es el *objetivo* de dicho análisis, ya que la descripción de la estructura del mismo depende del objeto del análisis. Un ejemplo servirá para aclarar ideas. \*La fig. 1.3.1 muestra dos ciudades de un municipio y las carreteras federales que las conectan con los municipios adyacentes; la descripción gráfica del sistema "el municipio" puede ser adecuada si el objetivo del estudio es un análisis del sistema de transporte del municipio.

\*Sin embargo, si el objetivo del estudio es la determinación de una política de aprovechamiento forestal, el mapa de la fig. 1.3.2, o una combinación de ambos es más adecuada.

\*Además depende del grado de precisión o detalle con que se quiere llevar a cabo el análisis, la información que debe contener la representación del sistema. Así por ejemplo, para un estudio de aprovechamiento forestal, puede ser indispensable incluir en el mapa de la figura edad promedio de los árboles, su densidad y alguna otra información adicional.

\*Para otro tipo de estudios relacionados con el "municipio" puede requerirse el empleo de representaciones que no tengan similitud con la geografía del municipio, como es el caso de una tabla con el número de habitantes de cada edad dentro del municipio para un estudio demográfico del mismo.

En resumen, puede decirse que las posibles descripciones de un sistema son múltiples, igual que el grado de detalle de las

\*Descripción de la estructura depende del objetivo del análisis.

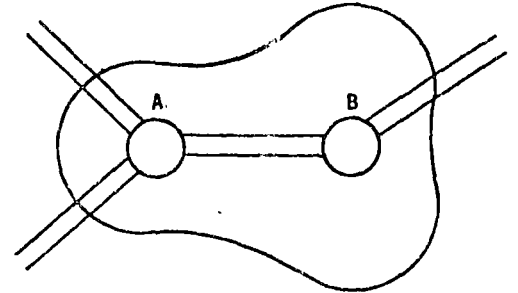


Fig. 1.3.1 Modelo para un estudio de transporte.

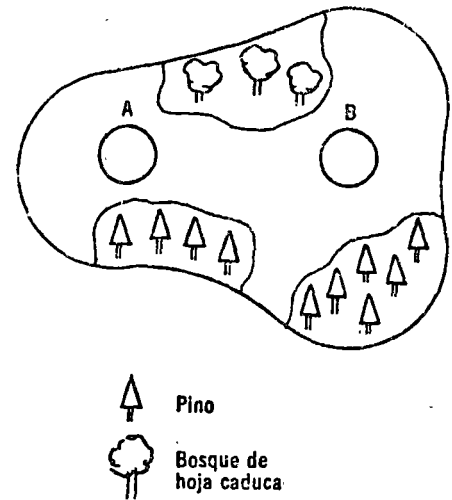


Fig. 1.3.2 Modelo para un estudio de aprovechamiento forestal.

\*La representación del sistema depende del nivel de precisión deseado.

\*Para un estudio demográfico requiere tabla de edades (no tiene similitud)

mismas. Estas descripciones dependen del objeto del análisis y de la precisión con que desea llevarse a cabo. \*Existe, sobre todo en analistas de sistemas sin experiencia, la propensión a incluir en las descripciones de un sistema el mayor número posible de información sin tomar en cuenta cuál es el objetivo del análisis. Esto produce presentaciones tan plagadas de detalles, que resultan en general inútiles para los propósitos del estudio. Como suele decirse "Por ver los árboles no se ve el bosque".

### 1.3.3 Fronteras

Otra fase inicial importante en el análisis de un sistema es la determinación de las *fronteras* del mismo. \*Como ningún sistema está totalmente aislado, mientras no se fijen sus fronteras se corre el peligro de definir uno demasiado grande para los propósitos del estudio, o un sistema que resulta en ocasiones imposible o demasiado costoso de analizar en comparación con los beneficios que se espera obtener del análisis.

\*Evite exceso de detalles.

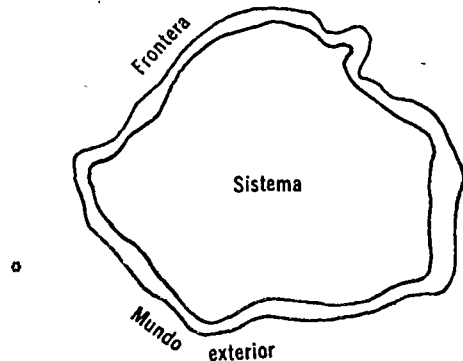


Fig. 1.3.3 Frontera.

La frontera del sistema separa los elementos cuya estructura se desea conocer de aquellos que no se tomarán en cuenta en el estudio. También define qué variables serán analizadas y cuáles consideradas como datos. □ Por ejemplo, si se quiere analizar el sistema económico de México, es necesario fijar una frontera. El funcionamiento de la economía nacional depende no solamente de factores internos, sino externos; por lo que si no se delimita una frontera para el sistema, se terminaría teniendo que describir y posteriormente modelar no únicamente la economía del país, sino de todas las naciones con las que realiza transacciones mercantiles o financieras, es decir, del mundo entero; o sea, se llegaría a un sistema de dimensiones extremadamente grandes.

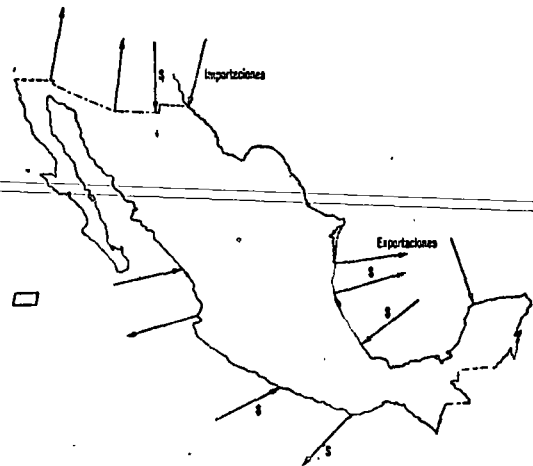


Fig. 1.3.4 Posible frontera para un modelo económico.

\*Una vez fijada la frontera del sistema, puede procederse a analizar la estructura del mismo. Conviene empezar por entender cuáles son sus partes principales y sus interacciones más importantes. \*Para mostrar la estructura, se recurre en general a representaciones gráficas. □ En este paso del análisis del sistema, se evita entrar en detalles y se pone énfasis \*en las interacciones de las diversas partes o subsistemas del mismo y no en variables específicas o en sus relaciones funcionales o en características de parámetros. Durante esta etapa, en general puede obtenerse una visión global del sistema muy útil para el análisis posterior.

\*1o. Fijar frontera.

2o. Determinar estructuras.

\*Representación gráfica de la estructura.

□ En la representación evite exceso de detalles.

\*Inicie poniendo énfasis en las interconexiones.



## 40 Introducción

En la siguiente sección se estudiará una forma de descripción de un sistema: la de diagramas de bloque y diagramas de señales.

### 1.3.4 Diagramas de bloque y señales

Los diagramas de bloque y de señales son auxiliares muy importantes no sólo durante esta fase, sino también en etapas posteriores del estudio.

Para representar la transformación de una variable en otra, es decir, una relación entrada-salida, suelen emplearse dos tipos de símbolos: los bloques o cajas negras y los diagramas de flujo de señales. \*La fig. 1.3.5. muestra un bloque o caja negra, el cual puede representar el proceso productivo de una fábrica. Las señales de entrada son los insumos del proceso, o sea: capital, mano de obra y materiales; las de salida son los productos elaborados en la fábrica. En este caso particular, la transformación es una función de producción (este tipo de relación entrada-salida se estudiará en el capítulo 4). Si el sistema en estudio es un circuito eléctrico, las señales de entrada son las funciones de excitación, las de salida las diversas respuestas (tensiones y corrientes de las ramas) y la relación entrada-salida es una matriz de funciones de transferencia (ref. 3).

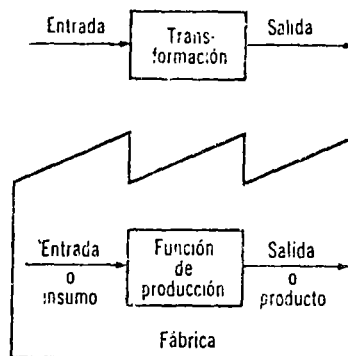


Fig. 1.3.5 Diagrama de bloques.

\* La transformación de una variable en otra en un sistema, también puede representarse mediante diagramas de flujo de señales (fig. 1.3.6), en las que los extremos del segmento dirigido corresponden a actividades o señales específicas. La transformación se realiza en la dirección de la flecha; es decir, la señal de salida, asociada a la punta del segmento, es igual a la señal de entrada, asociada al origen del segmento, y sometida a la transformación asociada al segmento. Igual relación es válida en los diagramas de bloque. \*Simbólicamente puede escribirse:

Los diagramas de flujo también se emplean en los sistemas con transición de estado que se estudiarán posteriormente. \*En un análisis de sistema económico, la señal de entrada puede ser el ingreso disponible por familia (Y), y la de salida el consumo generado por este ingreso (C). \*La transformación será la ecuación que relacione a la variable de entrada (insumo o variable inde-

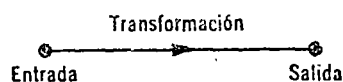


Fig. 1.3.6 Diagrama de flujo de señales.

$$*SALIDA = TRANSFORMACION (ENTRADA)$$

$$S = T (E)$$

\*Y: ingreso disponible

C: consumo

\*Variable de entrada

|||  
insumo

|||  
Variable independiente

pendiente), el ingreso, (Y), \*con la variable de salida (producto o variable dependiente), el consumo (C), la cual puede ser una

\*Variable de salida

|||  
Producto

|||  
Variable dependiente

relación del tipo:

$$*C = a Y + b C_{-1}$$

\*Tanto el bloque como el segmento dirigido de la fig. 1.3.7 representan una transformación que puede considerarse como una

\*

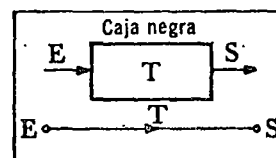


Fig. 1.3.7 Caja negra.

caja negra, o \*sea una agrupación de detalle, la cual se seleccionó por no ser necesario incluir mayor detalle en el análisis, o por imposibilidad de llegar a profundizar más. □ La relación entre el consumo C y el ingreso Y representa una agrupación muy grande de detalles. Es fácil encontrar muchas variables adicionales que determinan el consumo C; en lugar de considerar al consumidor como un ser biológico con todos los detalles fisiológicos y psicológicos que sobre su comportamiento se conocen, el modelo expuesto  $C = aY + bC_{-1}$  lo considera como una caja negra o un dispositivo al que entra la variable ingreso Y, que tiene memoria y recuerda lo que consumió el periodo anterior, es decir  $C_{-1}$  y del que sale la variable C. Para un modelo econométrico este grado de detalle es el adecuado. Para otros fines, es necesario recurrir a otras descripciones del modelo.

\*Caja negra:

implica agrupación de detalles.

$$\square C = a Y + b C_{-1}$$

Modelo de caja negra.

\*Tanto en representaciones gráficas que empleen bloques como en las que empleen diagramas de flujo, las transformaciones se consideran estables. La transformación operará en el futuro como ha actuado hasta el presente, o sea invariable en el tiempo, tal como ilustra la fig. 1.3.8

\*

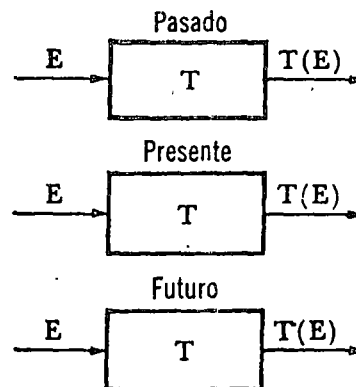


Fig. 1.3.8 Transformaciones estables.

La mayoría de los sistemas de interés para el analista están formados por diferentes subsistemas interconectados entre sí. Resulta por lo tanto importante conocer bajo qué condiciones es posible representar estos sistemas interconectando diferentes bloques.

## 42 Introducción

\*La representación de varios subsistemas interconectados entre sí con ayuda de diagramas de bloque o de flujo de señales, solamente puede realizarse si las transformaciones que los diversos subsistemas realizan sobre las señales son *independientes*; es decir, la transformación que un subsistema realiza en las variables asociadas a él, no cambia por la conexión entre subsistemas. La fig. 1.3.9 ilustra esta idea.

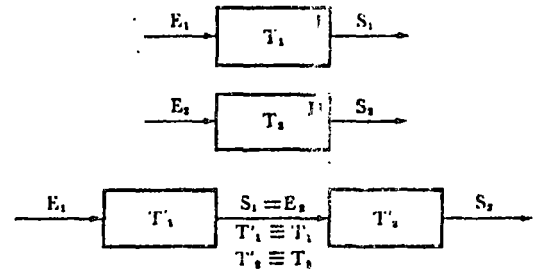


Fig. 1.3.9 Transformaciones que no interaccionan.

\*Al combinar transformaciones, las entradas y salidas deben ser *compatibles*.

\*Conexión de subsistemas o bloques, únicamente con señales compatibles.

\*Supóngase que en un diagrama, el bloque 1 representa a la industria de fertilizantes, el bloque 2 al sector agrícola que cultiva trigo y el 3 a la industria molinera. Una conexión de estos bloques de entradas-salidas compatibles se muestra en la fig. 1.3.10. La salida del bloque 1 (fertilizantes) entra al 2, y la salida de este (trigo) entra el bloque 3. Una conexión así se conoce con el nombre de conexión *serie*. La misma figura muestra también ese tipo de conexión, usando un diagrama de flujo de señales.

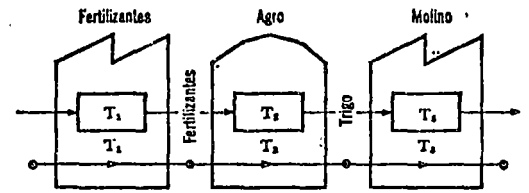


Fig. 1.3.10 Conexión en serie.

\*En este tipo de conexión, la relación entre insumo y productos puede representarse simbólicamente conforme la fig. 1.3.11 y combinando estas tres relaciones como:

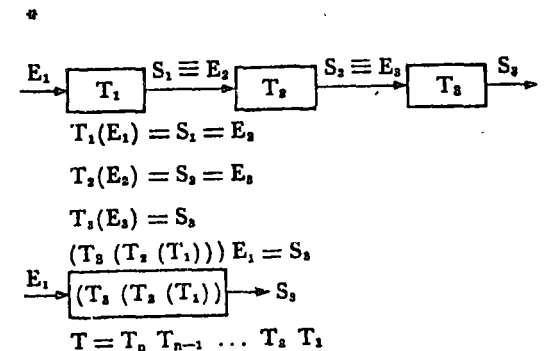


Fig. 1.3.11 Transformación equivalente de n bloques o subsistemas en serie.

es decir, los n bloques en serie que representan transformaciones  $T_1, T_2, \dots, T_n$  son equivalentes a un solo bloque que realiza la transformación.

\*Un símbolo auxiliar en diagramas de bloque es el *punto de suma* (o resta) que aparece en la fig. 1.3.12. En este símbolo,

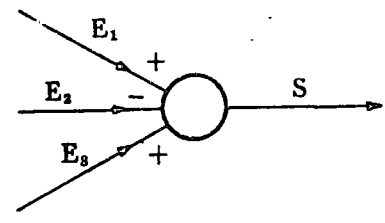
la variable que sale del punto es igual a la suma algebraica de las señales que entran, es decir:

No debe olvidarse el signo en las señales de entrada. Esta misma operación, empleando diagramas de flujo de señales, se representa usando el símbolo que aparece en la parte inferior de la fig. 1.3.12

\*La conexión de subsistemas, utilizando diagramas de bloque que aparecen en la fig. 1.3.13 se conoce con el nombre de *conexión en paralelo*.

Teniendo presente las propiedades del punto de suma, entre las variables que aparecen en las conexiones en paralelo en esa figura, existen las relaciones siguientes:

\*de lo que se deduce que varios subsistemas conectados en paralelo realizan sobre la variable de entrada una transformación, equivalente a la suma de las transformaciones de cada uno de los subsistemas, tal como ilustra la fig. 1.3.14.



$$S = E_1 - E_2 + E_3$$

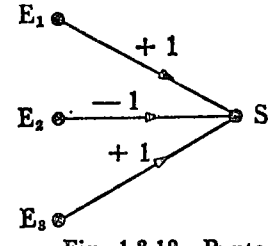
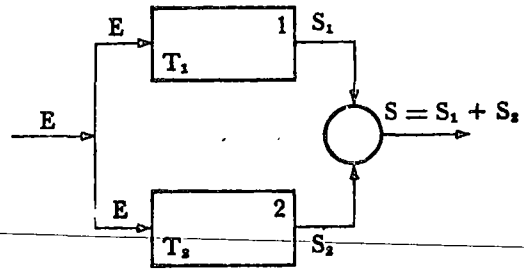


Fig. 1.3.12 Punto de suma.



$$S = S_1 + S_2$$

$$S_1 = T_1(E)$$

$$S_2 = T_2(E)$$

$$S = T_1(E) + T_2(E)$$

$$S = (T_1 + T_2)(E)$$

Fig. 1.3.13 Conexión en paralelo

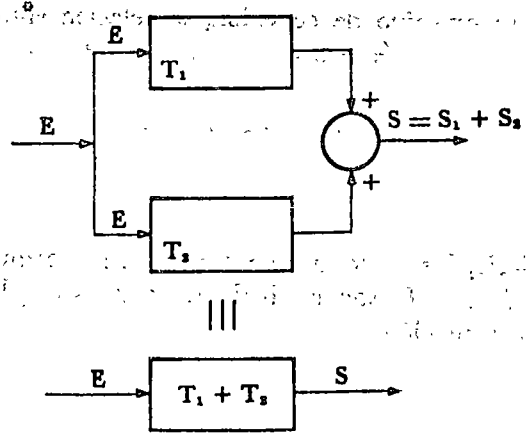


Fig. 1.3.14 Conexión en paralelo.

#### 44 Introducción

\*En la fig. 1.3.15 se presenta esa conexión empleando diagramas de flujo de señales.

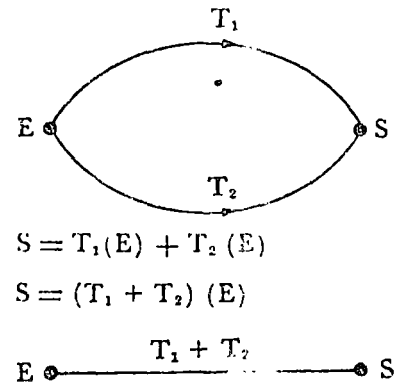


Fig. 1.3.15 Conexión en paralelo.

\*En resumen, debe recordarse que por conexión-serie, se entiende una conexión donde la salida de un sistema está conectado a la entrada del siguiente, como muestra la fig. 1.3.16.

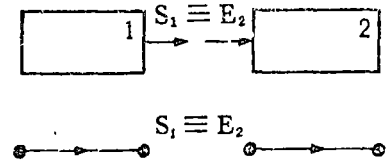


Fig. 1.3.16 Conexión en serie.

\*En la conexión en paralelo, los subsistemas conectados de esta forma tienen todos la misma entrada, como se indica en la fig. 1.3.17.

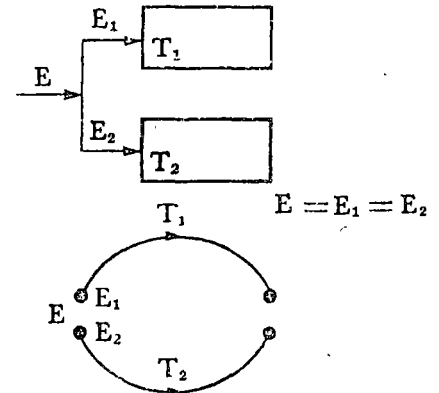


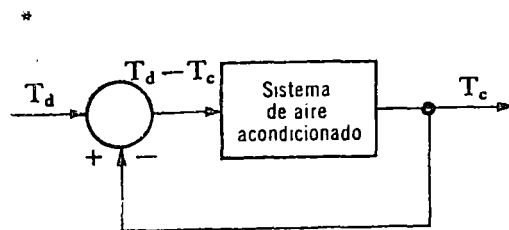
Fig. 1.3.17 Conexión en paralelo.

#### 1.3.5 Agrupaciones abiertas y realimentadas

Otra estructura que con frecuencia se encuentra en sistemas es la retroalimentación. \*Se dice que se presenta *realimentación* en un sistema, si la salida de un subsistema actúa sobre la entrada.

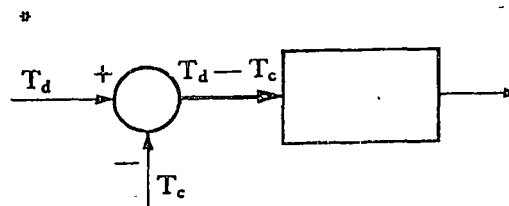
\*La salida actúa sobre la entrada en un sistema realimentado.

\*Considérese un sistema de control de temperatura de un cuarto. La señal de salida es la temperatura,  $T_c$ , del cuarto.



\*La señal que hace funcionar al aire acondicionado es la diferencia de temperatura entre la temperatura deseada,  $T_d$ , y la real del cuarto o señal de salida,  $T_c$ , es decir,  $T_d - T_c$ . Empleando los diagramas de la sección anterior, esta relación puede presentarse como lo muestra la fig. 1.3.18

No solamente en sistemas de control, como el que acaba de mencionarse, se presenta este fenómeno. En procesos económicos también es frecuente; un ejemplo al respecto se incluye en la siguiente sección.



$T_d - T_c =$  señal que hace actuar al sistema

Fig. 1.3.18 Sistema realimentado.

\*En la fig. 1.3.19 aparece representado el sistema realimentado descrito, empleando diagramas de bloque y de flujo.

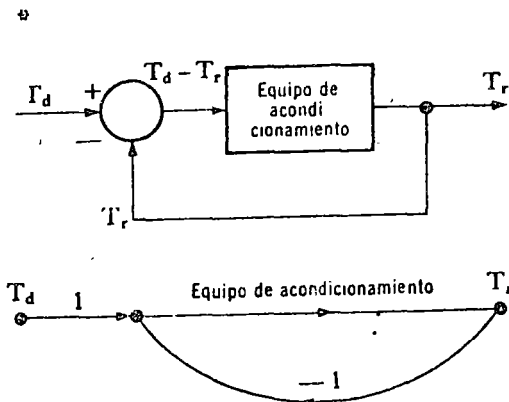


Fig. 1.3.19 Sistema realimentado.

## 46 Introducción

\*En sistemas de cómputo, el contador de un proceso de cálculo basa su operación en una comparación. El diagrama de la fig. 1.3.20 ejemplifica un proceso de cálculo en el que una cantidad se acumula hasta llegar a 1000. En el capítulo 3, correspondiente al procesamiento de información, se estudia este tipo de diagramas con mayor detalle.

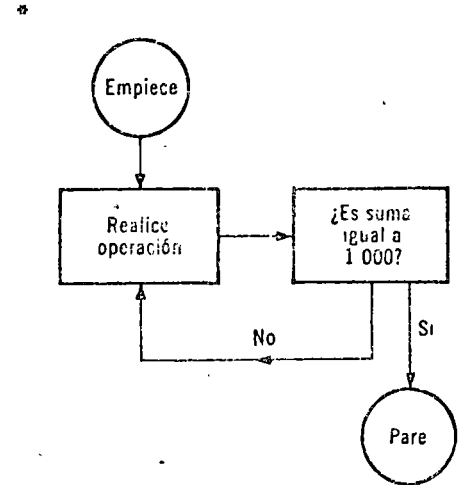


Fig. 1.3.20 Realimentación en diagramas de cómputo.

\*Cuando se presenta realimentación en un sistema, pueden existir fenómenos de *inestabilidad*. Esta es una razón por la que es importante detectar la presencia de retroalimentación en sistemas.

\*Un sistema realimentado puede ser inestable.

\*De una manera informal es factible afirmar que un sistema es inestable si la señal de salida del mismo es, en algún momento, de magnitud ilimitada cuando la señal de entrada tiene una magnitud limitada, como ilustra la fig. 1.3.21.

\*

(Inestabilidad → La salida aumenta en magnitud sin límite)

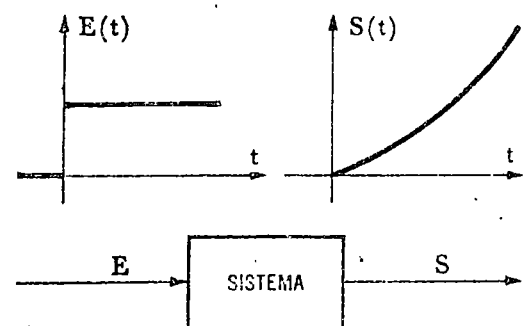


Fig. 1.3.21 Ilustración del concepto de inestabilidad.

### 1.3.6. Sistemas con lógica

La parte superior de la fig. 1.3.22 muestra el contador de un una decisión. A continuación se mencionan dos ejemplos de esta función en sistemas.

La parte superior de la fig. 1.3.22 muestra el contador de un sistema de cálculo; consiste en un elemento con lógica, ya que dependiendo del valor de la suma, el proceso se repite o termina.

El punto de suma en un sistema retroalimentado, mostrado en la parte inferior de la fig. 1.3.22, determina el funcionamiento del mismo. Si en el caso del acondicionamiento de aire, la temperatura deseada es mayor que la actual, el sistema debe calentar; si es menor, debe enfriar. Esto constituye una decisión lógica.

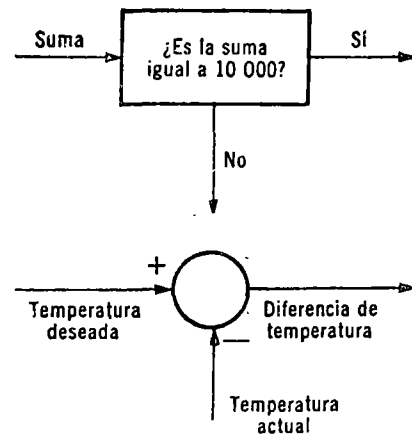


Fig. 1.3.22 Sistemas con lógica.

### 1.3.7 Transformaciones con atraso

En la mayoría de las transformaciones que aparecen en la ingeniería de sistemas se presentan fenómenos de atraso. \*Así, por ejemplo, en una fábrica que transforma ciertos productos semielaborados en otros más elaborados, esto se realiza con atraso; el producto elaborado sale del proceso de manufactura tiempo después de que entran al proceso las materias primas o sea que el cambio de materia prima a producto elaborado no es instantáneo, como ilustra la fig. 1.3.23.

Se señaló que la actividad de consumo puede ser representada mediante la ecuación que aparece al pie de la fig. 1.3.24.

\*Empieando un diagrama de bloque esta relación se representa conforme la fig. 1.3.24.

A continuación se ilustrará cómo se traza el diagrama de bloque de un sistema, a partir de la descripción verbal del mismo.

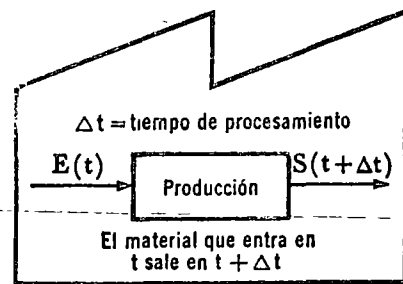


Fig. 1.3.23 Transformación con atraso.

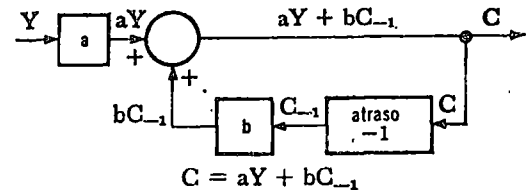


Fig. 1.3.24 Representación de la relación de consumo.

### Ejemplo 1.3.1.

Ilustre con un diagrama de bloques las siguientes transacciones económicas.

La industria de fertilizantes de un municipio obtiene sus insumos de otros municipios. El 20% de sus productos se venden en otros municipios, el 30% lo emplean los campos de maíz y el 50% en los campos de trigo. La industria de alimentos para ganado consume el 20% de la cosecha de maíz y el 30% de la cosecha de trigo. El 50% del maíz se consume en los molinos de



## 48 Introducción

nixtamal y el 30% restante de la cosecha de maíz se vende fuera del municipio. El 40% del trigo se consume en los molinos de trigo del municipio y el 30% restante se vende fuera.

\*La fig. 1.3.25 muestra el diagrama de bloques de estas transacciones de mercancías.

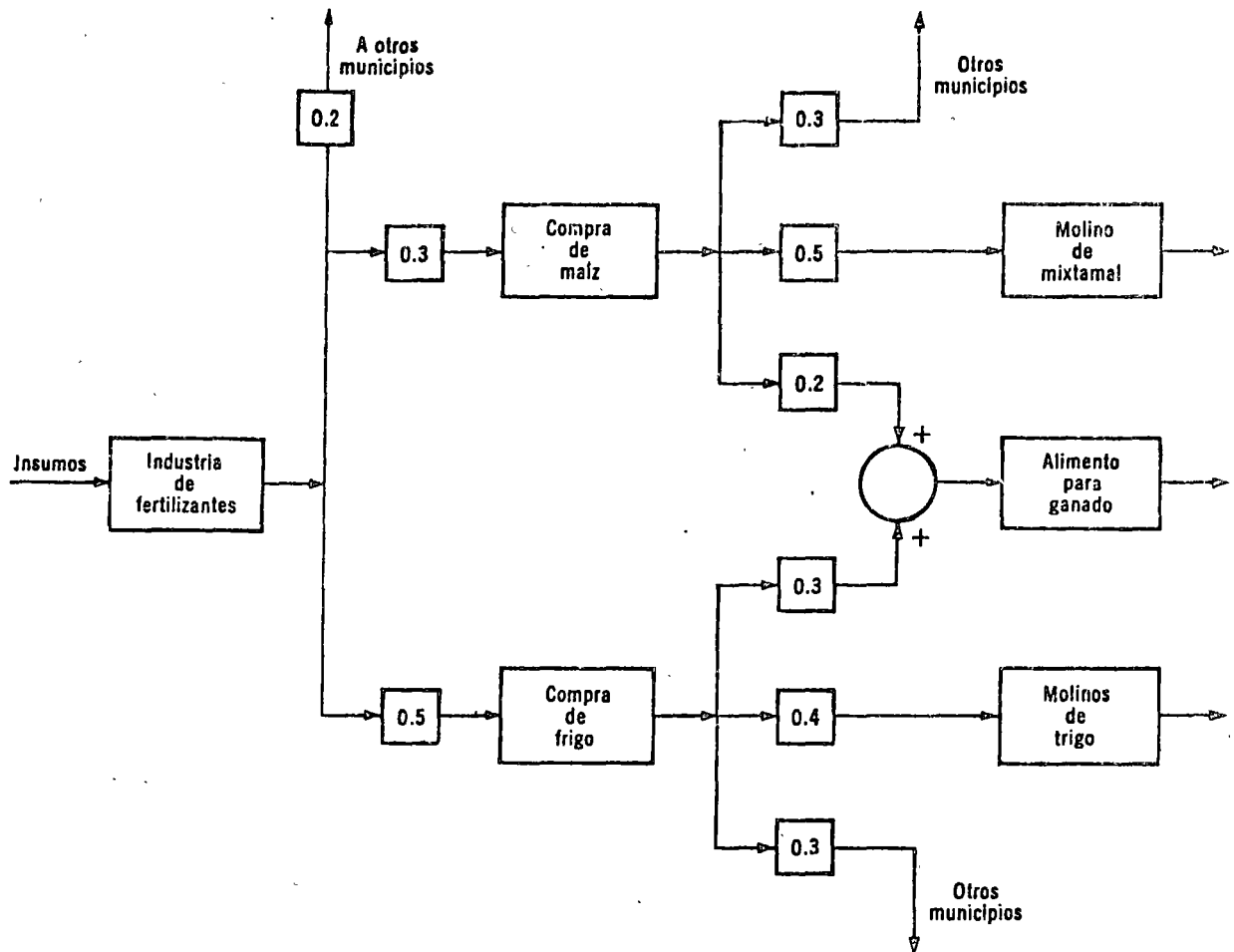


Fig. 1.3.25 Diagrama de bloques de las transacciones del ejemplo 1.3.1.

### 1.3.8. Sistemas discretos

\*Muchos sistemas pueden describirse mediante variables discretas en lugar de continuas. □ Estos casos se presentan cuando los resultados de la toma de una decisión o una transformación son números enteros, o cuando la ausencia o presencia de un atributo se emplea para describir el resultado de una acción. \*Pue-

\*Son muy frecuentes.

□ Sus variables son números enteros.

\*Ejemplos de sistemas discretos.

den encontrarse muchas situaciones que solamente pueden describirse mediante números enteros. □ Por ejemplo, en el estudio del sistema de atención de clientes en un banco, la gente que espera (un atributo muy importante del sistema) es un número siempre entero que representa un *estado* del sistema. (fig. 1.3.26)

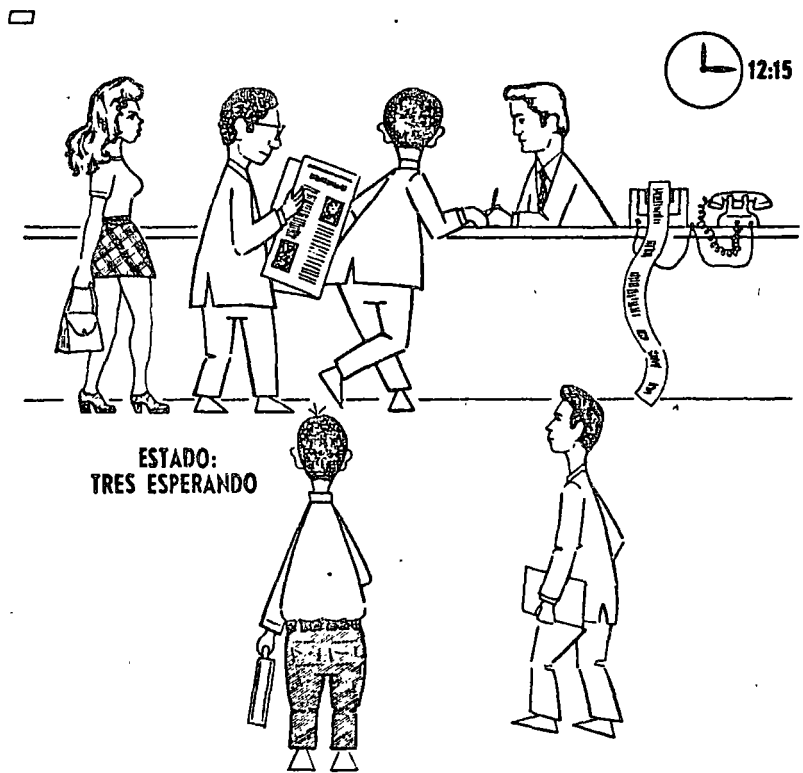


Fig. 1.3.26 Atención a clientes en un banco.

**50 Introducción**

\*Si en un determinado intervalo de tiempo se atiende 1 gente, pero llegan otras 2, se tiene un *cambio* o transición de estado (fig. 1.3.27).

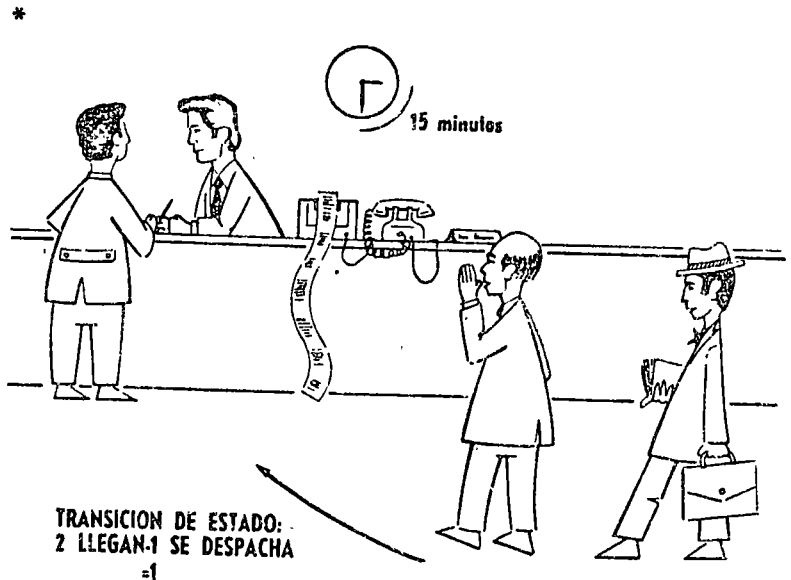


Fig. 1.3.27 Transición de estado.

\*Debido a esta transición de estado, el sistema ha cambiado de un sistema con N clientes esperando a un sistema con N + 2 — 1 clientes esperando (fig. 1.3.28).



Fig. 1.3.28 Nuevo estado.

\*Otro ejemplo de sistema con estados discretos es la iluminación de un cuarto que puede estar prendida o apagada, como ilustra la fig. 1.3.29.

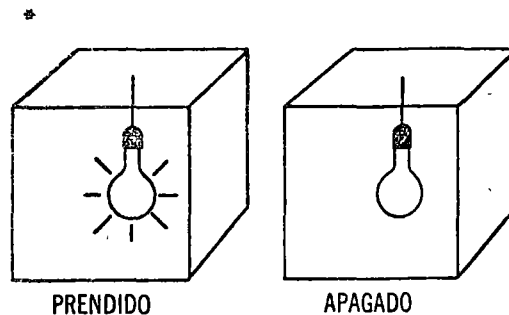


Fig. 1.3.29 Ejemplo de sistema con dos estados.

Debe mencionarse que todo sistema con variables continuas puede discretizarse. \*Para la solución de problemas relacionados con sistemas, se emplea cada día con más frecuencia la computadora digital. Si el sistema es de variables continuas, es necesario primero discretizarlo a fin de analizarlo mediante la computadora digital. En el capítulo 3, relativo al procesamiento de la información, se tratará el problema de discretización de sistemas continuos.

En sistemas del tipo discreto, en general interesa conocer cómo se realiza la transición de un estado al siguiente.

\*Todo sistema continuo puede discretizarse.

\*Dicha transición puede ser *determinística* o *probabilística*.

\*Transiciones determinísticas o probabilísticas.

\*Unos ejemplos servirán para ilustrar estos conceptos: la fig. 1.3.30 muestra un contador de tres vueltas en el cual cada vuelta del eje hace avanzar un número al contador, y al llegar a la cuarta vuelta regresa a uno. El movimiento puede representarse mediante un diagrama de flujo donde el número 1, asociado a los segmentos dirigidos, indica que las transiciones del estado 1 al 2 al 3 al 1 al 2... se realiza con probabilidad 1, es decir, siempre pasa el sistema de un estado al otro en el orden señalado. La misma información sobre la transición de estado puede también suministrarse empleando la matriz mostrada en la fig. 1.3.30.

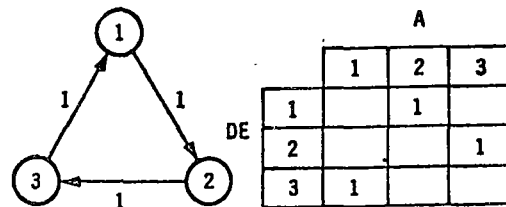
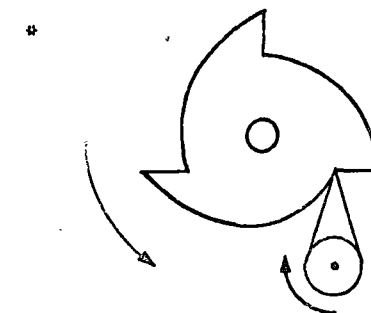


Fig. 1.3.30 Sistema con transición de estado determinística.

## 52 Introducción

\*Considérese ahora un problema de mercadotecnia: una persona puede o no ser un cliente. Así que asíciase 0 y 1 a estas dos posibilidades.

\*En la fig. 1.3.31 los segmentos dirigidos y los números asociados a ellos indican la dirección de la transición de estado y la probabilidad con que ésta se presenta. Así por ejemplo, un cliente (estado 0) con 0.06 de probabilidad pasa a no ser cliente (estado 1), y con 0.94 de probabilidad seguirá en el estado 0, es decir, siendo cliente (fig. 1.3.31 parte inferior).

\*En los últimos dos ejemplos figs. 1.3.30, 1.3.31 se ilustra el empleo de diagramas de flujo de señales para mostrar los cambios de estado en sistemas discretos. Si el sistema es discreto como en el caso del contador, los nodos corresponden a los estados de sistema y el segmento dirigido indica la transición de estado. El número asociado al segmento en un sistema determinístico es la unidad, es decir, el sistema tiene una probabilidad 1, que significa "siempre", de pasar de un estado a otro. En sistemas probabilísticos, el número asociado al segmento indica la probabilidad del cambio de estado (fig. 1.3.32).

\*Así por ejemplo, el diagrama muestra que el sistema tiene un 0.96 de probabilidad de permanecer en el estado 1.

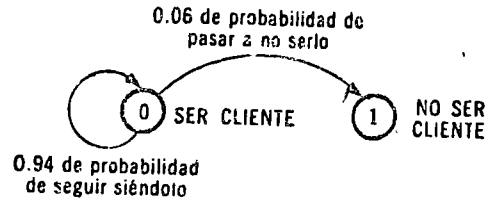
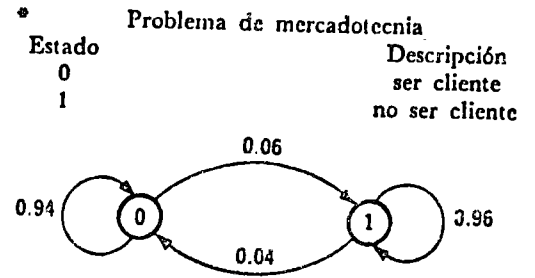
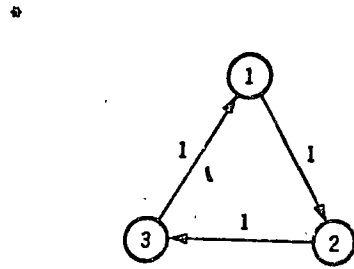
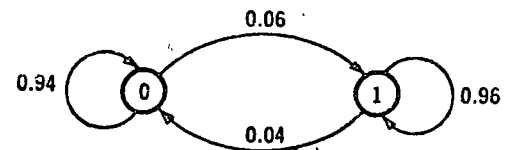


Fig. 1.3.31 Sistema con transición de estado probabilístico.

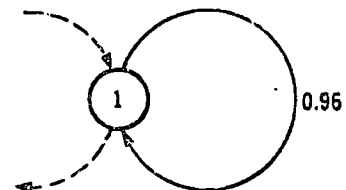


Sistema con transición de estado determinística



Sistema con transición de estado probabilística

Fig. 1.3.32 Empleo de diagramas de flujo de estado para mostrar transiciones de estado.



Probabilidad de permanecer en el estado 1.

\*También pueden emplearse matrices para mostrar la transición de un estado a otro (Fig. 1.3.33). Si el sistema es determinístico como el contador, los elementos de la matriz son unitarios. Si es probabilístico, entonces los elementos de la matriz son probabilidades. En resumen, pueden emplearse diagramas de flujo o de señales o matrices para indicar los cambios de estado.

		A		
		1	2	3
DE	1		1	
	2			1
	3	1		

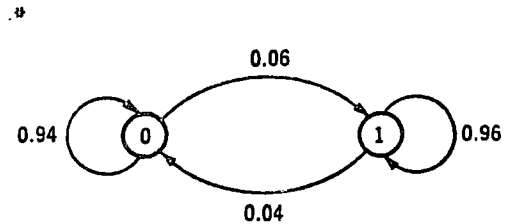
		A	
		0	1
DE	0	0.94	0.06
	1	0.04	0.96

Fig. 1.3.33 Empleo de matrices para mostrar transiciones de estado.

### 1.3.9 Diagramas de decisión

\*Existen múltiples actividades de carácter secuencial y discreto en las cuales un evento tiene dos o más alternativas (fig. 1.3.34):

\*Así, por ejemplo, en el caso del problema de mercadotecnia, un cliente (estado 0) puede seguir siendo un cliente (seguir en el estado 0), o dejar de serlo (pasar al estado 1).



		A	
		0	1
DE	0	0.94	0.06
	1	0.04	0.96

Fig. 1.3.34 Sistema con eventos de alternativa múltiple.

\*El evento, la acción de entrar una persona a la tienda, tiene dos alternativas: una permanencia en el estado de cliente o un cambio al estado de no cliente.

\* **EVENTO:**  
Acción de la persona.

- ALTERNATIVAS:**
1. Permanecer en estado presente.
  2. Cambio de estado.

## 54 Introducción

\* Dichos cambios de estado como respuesta a una acción, pueden también representarse en un *árbol de transiciones*. El número asociado a los segmentos de recta indica la probabilidad del cambio; obsérvese que la suma de probabilidades correspondientes a los posibles cambios desde un estado es igual a la unidad (fig. 1.3.35).

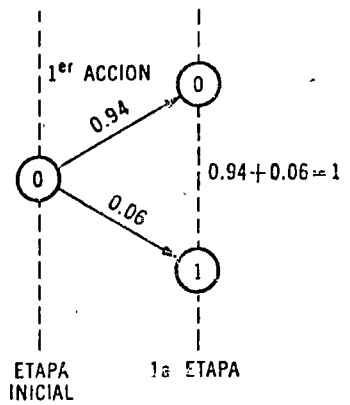


Fig. 1.3.35 Árbol de decisiones después de la 1er. acción.

\* Si se realiza una segunda acción "visita a la tienda", el árbol de transiciones adquiere "ramas" adicionales (fig. 1.3.36).

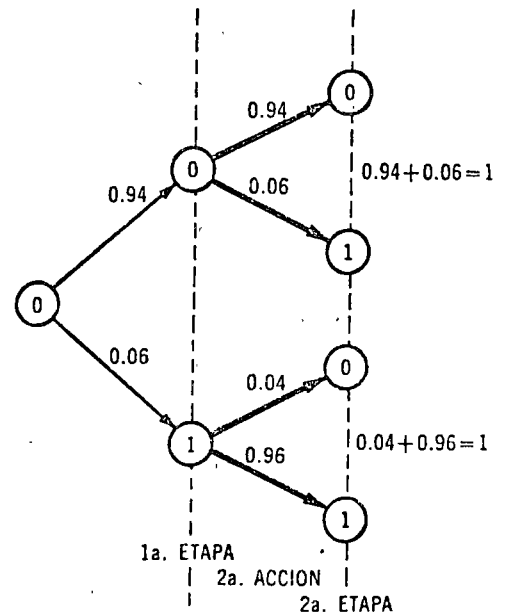
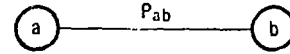


Fig. 1.3.36 Árbol de decisiones después de la 2a. acción.

\*Si se designa con  $P_{ab}$  la probabilidad de pasar del estado "a" al estado "b", se puede establecer para este sistema:



$$P_{aa} + P_{ab} = 1$$

$$P_{ba} + P_{bb} = 1$$

\*la siguiente matriz de probabilidades de transición de estado. Empleando esta matriz, debe hacerse notar que las anteriores relaciones implican que la suma de probabilidades en cada renglón es uno.

		A		
		a	b	$\Sigma$
DE	a	$P_{aa}$	$P_{ab}$	1
	b	$P_{ba}$	$P_{bb}$	1

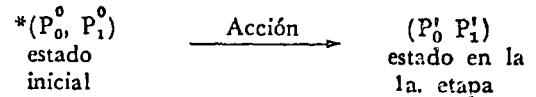
Empleando el árbol de transiciones, pueden resolverse algunos problemas de interés como el que se señala a continuación.

\*Sea  $P_0^0, P_1^0$  las probabilidades de que el sistema (la persona) esté inicialmente (antes de entrar en la tienda) en los estados 0 y 1 respectivamente.

\*Probabilidad de estar en:  
 $P_0^0$  Estado 0 (ser cliente)  
 $P_1^0$  Estado 1 (no ser cliente)

\*Considerando  $P_0^0$  y  $P_1^0$  como componentes de un vector que se conoce con el nombre de *vector de estado*, en este caso vector de estado inicial. Se designará  $(P_0^1, P_1^1)$  al vector de estado correspondiente a la primera etapa, es decir, después de la primera acción, que en este caso consiste en entrar a la tienda. \*Como resultado de la primera acción el sistema pasa del estado inicial  $(P_0^0, P_1^0)$  al estado  $(P_0^1, P_1^1)$ .

\* $(P_0^0, P_1^0)$  Vector de estado inicial.  
 $(P_0^1, P_1^1)$  Vector de estado en la 1a. etapa.



\*Nótese que siempre se tiene:

$$P_0^0 + P_1^0 = 1$$

$$P_0^1 + P_1^1 = 1$$

\*Es decir, la suma de componentes del vector de estado es igual a la unidad.

\*Suma de componentes del vector de estado = 1

\*En una etapa determinada, el sistema puede hallarse en el estado 0 ó 1. No existe ninguna otra posibilidad. Además, como el sistema no puede estar simultáneamente en los dos estados, se trata de eventos mutuamente exclusivos y también exhaustivos, ya que cubren todas las posibilidades, de ahí que

\* 0 y 1 son estados mutuamente exhaustivos.

$$P_0^0 + P_1^0 = 1$$

\*A continuación se determinará el estado en la primera etapa,  $(P_0^1, P_1^1)$ , si se conoce el estado inicial y la matriz de transición.

\* Problema:  
 Encontrar el estado en la 1a. etapa

Datos:  
 Matriz de transición  
 estado inicial



56 **Introducción**

\*Para que el sistema en la primera etapa se encuentre en el estado  $P_0^0$ , pueden haberse presentado dos situaciones:

1. El sistema se halle inicialmente en estado 0, evento que tiene una probabilidad de  $P_0^0$  y que se hubiese presentado una transición de 0 a 0, acción que tiene una probabilidad de presentarse de  $P_{00}$ .
2. El sistema se encuentre inicialmente en estado 1 (probabilidad  $P_1^0$ ) y se hubiese presentado una transición de 1 a 0 (probabilidad  $P_{10}$ ).

Toda ocurrencia de  $P_1^1$  requiere que se hayan presentado situaciones análogas a las anteriores.

\*Aplicando la metodología básica del cálculo de probabilidades (apéndice B) se tiene:

\*Empleando notación matricial, las relaciones anteriores quedan:

\*Es decir:

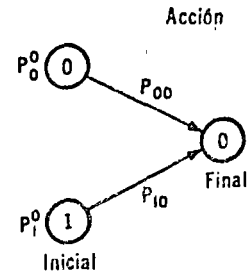
\*En otro tipo de problemas también se emplean los diagramas de decisiones o árboles de transición como se verá, al respecto, al estudiar problemas de asignación de recursos en programación dinámica en el capítulo 6. Estos diagramas son muy útiles en el análisis de operaciones y en la planeación de la producción.

\*Otra configuración importante que se emplea con frecuencia en procesos de toma de decisiones, organizaciones y equipo es la de *jerarquía o de niveles* múltiples. En el capítulo siguiente se estudiará este tipo de estructuras.

**1.3.10 Formatos, códigos y diagramas lógicos**

\*En diversos problemas de análisis de sistemas, el problema de organización y manejo de la información es de gran importancia. Un formato como el mostrado en la fig. 1.3.37a, permite identificar elementos por su posición en una columna y un renglón, así por ejemplo, el elemento  $e_{B2}$ , corresponde al renglón B y a la columna 2.

\*Acciones que llevan al estado 0



$$P_0^1 = P_0^0 P_{00} + P_1^0 P_{10}$$

$$P_1^1 = P_0^0 P_{01} + P_1^0 P_{11}$$

$$*(P_0^1, P_1^1) = (P_0^0, P_1^0) \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} \\ P_{10} & P_{11} \end{bmatrix}$$

\*Estado siguiente = estado anterior  $\times$  matriz de transición

\*Ejemplos de aplicación de árboles de decisiones:  
Asignación de recursos.

\*Estructuras jerárquicas.

\*Organización de la información.

Columna				
	1	2	3	4
Renglón				
A				
B		$e_{B2}$		
C				

(a)

Fig. 1.3.37 Formatos para codificar información. (continúa)

Otra forma estructural que se emplea para codificar información y manejarla posteriormente en computadora, son los formatos mostrados en la fig. 1.3.37b, en los cuales una serie de números o caracteres alfanuméricos tienen un significado determinado de acuerdo con su posición, por ejemplo, en el control de cuentas bancarias, los primeros dos números pueden representar el año de apertura de la cuenta, los siguientes tres el número de la sucursal y los últimos, el número de la cuenta (fig. 1.3.37c).

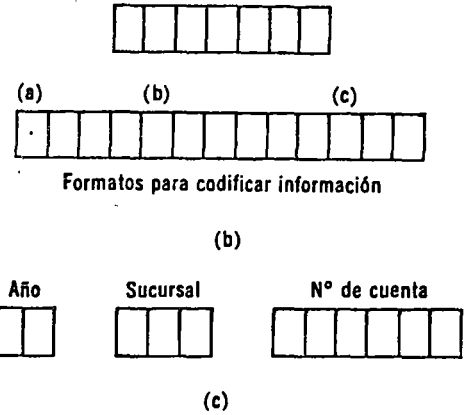


Fig. 1.3.37 Formatos para codificar información.

\*Otro elemento estructural importante, que igual que los formatos y códigos mencionados encuentran gran uso en programas de computación, son los diagramas lógicos, mostrado en la fig. 1.3.38. Estos se verán con detalle en el capítulo 3 relativo a computación.

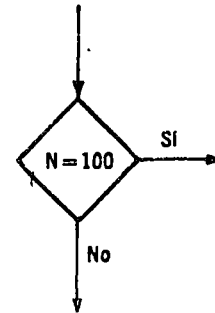


Fig. 1.3.38 Diagrama lógico.

\*Antes de continuar, debe notarse que en las diferentes etapas y fases, el análisis de un mismo sistema puede necesitar diferentes estructuras.

\*La estructura depende del sistema y de su fase y etapa de análisis.

### 1.3.11 Diagramas de flujo de materia y energía

\*Los problemas de contaminación y en general de deterioro del medio ambiente pueden citarse entre las causas más importantes que han vuelto a despertar interés en el estudio de la *ecología*.

\*La ecología es la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivientes entre sí y con el medio en que viven.

\*Los sistemas ecológicos se caracterizan porque en ellos fluye materia en forma circular usándose y reusándose.

Debe considerarse que, además, existe en ellos un flujo de energía que no tiene carácter circular y que termina de acuerdo

Ecología

\* Ecología =  
Estudio de sistemas con seres animados.

\*En sistemas ecológicos fluye la materia y energía.  
La materia de usa y reusa  
La energía se degrada.

## 58 Introducción

con la segunda ley de la termodinámica degradándose en forma de calor. Para representar los flujos de materia y energía en este tipo de sistemas se emplean diagramas con símbolos.

\*Muchos sistemas que debe analizar un profesionalista tienen un impacto importante sobre la ecología. Por eso es necesario tomarla en cuenta, para evitar posibles efectos colaterales indeseables. Debido a ello, es determinante que el analista de sistemas posea un conocimiento operativo acerca de los diagramas de flujo de materia y energía en sistemas ecológicos. Estos diagramas pueden además utilizarse para modelar el funcionamiento de otros sistemas donde se presentan fenómenos de transporte de materia y energía.

\*El símbolo mostrado en la fig. 1.3.39 (a) representa en diagramas de flujo de materia y energía una *fuerza de energía* como pueden ser el sol, combustibles fósiles, etc.

\*En sistemas del tipo que se estudia en esta sección, también hay elementos donde se almacena energía en una forma pasiva, como puede ser el bombeo de combustible a un tanque, para representar este almacenaje se utiliza el símbolo de la fig. 1.3.39 (b).

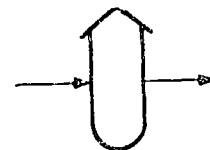
\*Como en todo sistema donde hay flujo de energía, una parte de la misma se disipa en forma de calor, otro símbolo de utilidad es el mostrado en la fig. 1.3.39 (c) que corresponde a un *sumidero de calor*.

\*Numerosos sistemas reciben su energía en forma de ondas de radiación. Para representar la recepción de energía en esta forma se emplea el símbolo de la fig. 1.3.39(d).

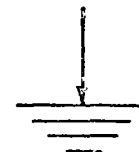
\*Los grandes sistemas tienen impacto sobre la ecología.



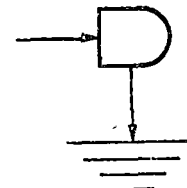
(a) Fuente



(b) Almacenamiento pasivo



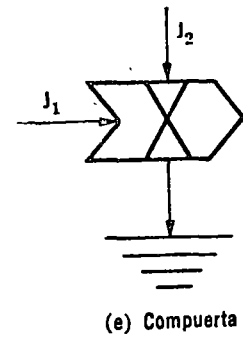
(c) Sumidero de calor



(d) Receptor de energía de radiación

Fig. 1.3.39 Símbolos para diagramas de flujo de materia y energía (continúa).

\*En muchos procesos, un flujo de energía hace posible que surja otro flujo de energía. Por ejemplo, el flujo de fertilizantes hace posible mayor producción agrícola. Dicha interacción puede presentarse mediante un símbolo como el de la fig. 1.3.39 (e).



\* El símbolo hexagonal de la fig. 1.3.39 (f) representa un subsistema o parte de uno donde la energía potencial almacenada en el mismo es realimentada a la vez que activa el trabajo subsecuente realizado por la unidad. Estos procesos se conocen como autocatalíticos. Este proceso representa una combinación de almacenamiento pasivo, con compuerta y sumidero.

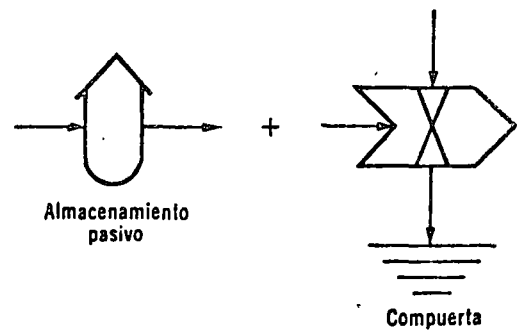
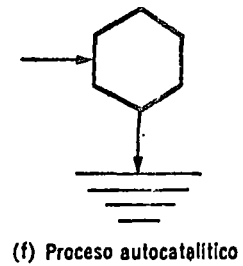
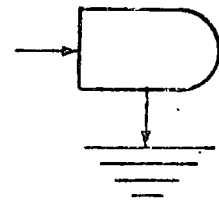


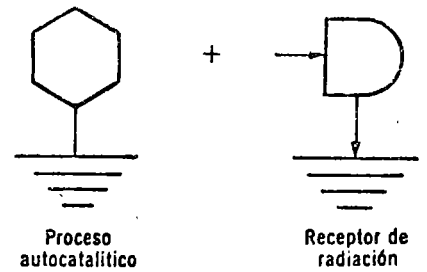
Fig. 1.3.39 Símbolos para diagramas de flujo de materia y energía (continúa).

**60 Introducción**

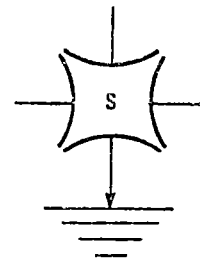
\*Un proceso autocatalítico puede estar energizado mediante una recepción de energía en forma de radiaciones. En plantas verdes, la radiación solar, que es energía absorbida por éstas, activa otro flujo de energéticos en ella (substancias universales de la tierra, bióxido de carbono) para realizar el proceso de fotosíntesis, siendo almacenada la energía producida por este proceso en la propia planta. Para representar este proceso se emplea el símbolo de la fig. 1.3.39 (g).



(g) Planta verde



\* El símbolo de la fig. 1.3.39 (h) representa el control de un flujo mediante acción de interrupción, o sea un acto que sólo tiene dos estados. El proceso de reproducción es de este tipo, o sea la acción de gestación es un acto que sólo tiene dos estados, uno de ellos controla un proceso continuo posterior.



(h) Interruptor

Interruptor → Acto con 2 estados

Ejemplo: gestación

Fig. 1.3.39 Símbolos para diagramas de flujo de materia y energía (continúa).

\*Tanto en procesos del tipo que se estudia en esta sección como en fenómenos económicos, a un flujo de energía o materiales en un sentido corresponde un flujo monetario en sentido contrario. Esta clase de transacciones se representa con el símbolo de la fig. 1.3.39 (i).

\*La suma de dos flujos de energía compatibles se representa con el símbolo de la fig. 1.3.39 (j).

\*Muchos componentes desarrollan una reacción proporcional contraria a la acción aplicada. Además, parte de la energía que reciben la almacenan a fin de devolverla al resto del sistema cuando cesa la acción sobre la componente. Dada la similitud de este comportamiento con el de una impedancia en un circuito eléctrico, se les conoce como impedancias activas y se representan con el símbolo de la fig. 1.3.39 (k).

### 1.3.12 Ejemplos de diagramas de flujo de materia y energía

\*Con ayuda de estos símbolos, puede representarse el flujo de materia y energía en sistemas complejos con componentes animales o de otra naturaleza.

Supóngase una comunidad formada por plantas (fig. 1.3.40) que recibe energía solar.

\*Durante el día la fotosíntesis procesa energía solar que en combinación con las materias inorgánicas extraídas del suelo, el agua y el bióxido de carbono se convierten en materia orgánica que se almacena en las plantas, además en oxígeno, que se devuelve a la atmósfera y en calor que se disipa. Empleando símbolos químicos muy conocidos, este proceso puede representarse:

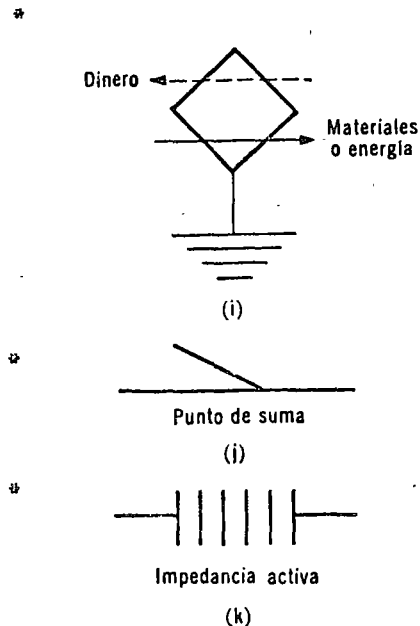


Fig. 1.3.39 Símbolos para diagramas de flujo de materia y energía.

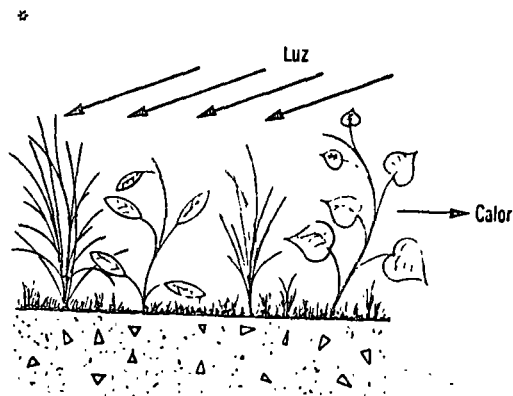
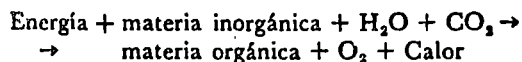


Fig. 1.3.40 Comunidad vegetal.

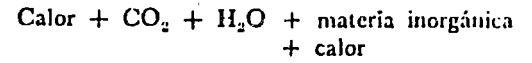
\*Durante el día hay fotosíntesis:



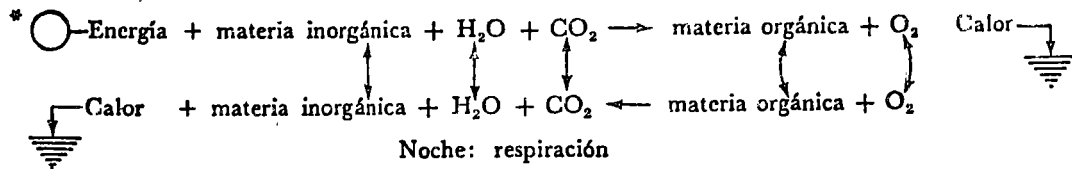
## 62 Introducción

\*Durante la noche las plantas respiran; consumen oxígeno y materias orgánicas para producir elementos minerales, bióxido de carbono, agua y calor. Simbólicamente este proceso se representa como:

\*Durante la noche hay respiración:



\*Combinando las representaciones de los dos procesos señalados, se nota un intercambio de materia entre los procesos de fotosíntesis y respiración. Los productos de salida del primer proceso son productos de entrada o insumos del proceso respiratorio. A su vez los productos del proceso respiratorio son insumos del de fotosíntesis.



\*La naturaleza *circular* del flujo de materia que se acaba de describir puede representarse con ayuda de los símbolos estudiados en la sección anterior de la manera mostrada en la fig. 1.3.41.

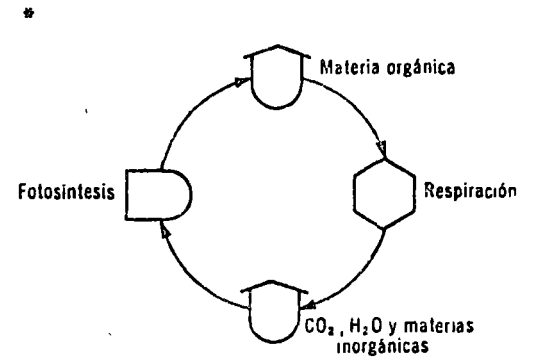


Fig. 1.3.41 Flujo de materia.

El flujo de energía de este proceso no tiene la naturaleza circular del anterior (fig. 1.3.42). \*Nótese que el proceso respiratorio es autocatalítico. Este proceso emplea energía almacenada en las plantas y controla otros flujos de materia y energía. En el proceso de fotosíntesis se recibe energía solar que controla un proceso autocatalítico.

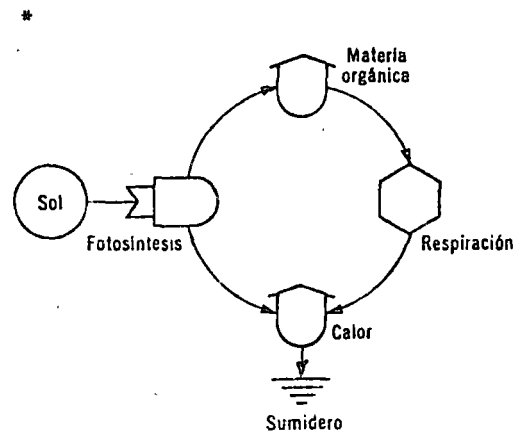


Fig. 1.3.42 Flujo de energía.

\*Obsérvese además, que la materia se usa una y otra vez (fig. 1.3.43).

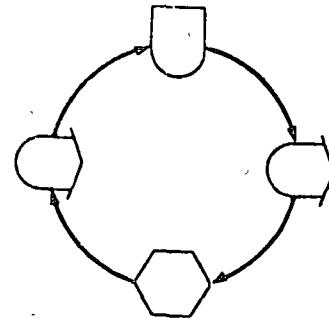


Fig. 1.3.43 Flujo circular de materia.

\*El flujo de energía tanto en este sistema sencillo como en cualquier otro, no tiene esa naturaleza circular: siempre una parte de la energía se disipa en forma de calor, tal como muestra el diagrama en la fig. 1.3.44.

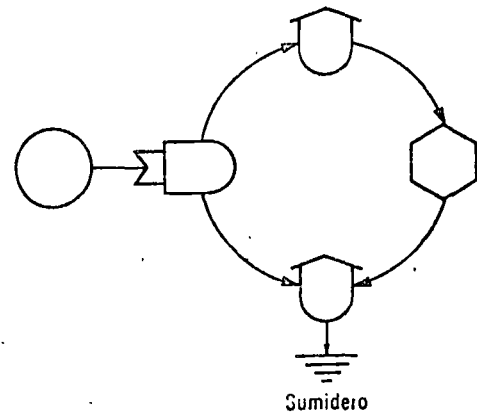


Fig. 1.3.44 Flujo no circular de energía.

### 1.3.13 Características distintivas

Una vez determinada la estructura de un sistema, es necesario *describir cualitativamente* aquellos parámetros y variables que caracterizan al sistema en estudio y lo distinguen de otros con igual o similar estructura. De estas características dependen los conocimientos que deben tener los integrantes de un grupo de análisis de sistemas, por ejemplo, si los aspectos distintivos del sistema son eléctricos, en el grupo de análisis deben predominar los ingenieros electricistas.

\*Hay que tener presente, como se señaló ya en este capítulo, que las características distintivas del análisis de un sistema cambian según la fase y la etapa del estudio, requiriendo de diferentes conocimientos en los analistas.

\*Las características distintivas cambian según la fase del análisis.

No existe una secuencia fija en el análisis con relación a los



## 64 Introducción

problemas de determinación de estructura y de características distintivas.

\*Frecuentemente, la determinación de aspectos distintivos antecede a la determinación de la estructura, ya que de éstos depende, en la mayoría de los casos, la estructura que se emplea para describir el sistema; \*si éste, por sus características corresponde a control, se emplea un diagrama de flujo o de bloques, si se trata de un problema ecológico, se recurre a un diagrama de flujo de energía y materia; y si se refiere a un problema de información, se usa una estructura formada por palabras.

\*Chesnut (ref. 2), muestra entre las características distintivas típicas de los sistemas las siguientes:

\*Entre las características físicas de un sistema, pueden citarse las mecánicas, eléctricas, hidráulicas y químicas. El conocimiento de éstas permite no sólo fijar las estructuras más apropiadas para describir al sistema, sino también incluir en esta estructura una descripción de las diversas variables y de las funciones de transferencia asociadas a los diagramas que describen a los sistemas.

\*Los sistemas biológicos pueden ser botánicos, zoológicos o bien ecológicos. Al identificar en un sistema esta característica distintiva, es fácil precisar el tipo de estructura que debe emplearse para describirlo.

\*Un grupo importante de características distintivas lo constituyen conceptos que pueden agruparse bajo el nombre de juicios de valor. Entre éstos cabe citar el costo, comportamiento y confiabilidad. El primero de ellos puede corresponder al costo de implementación de un sistema, de operación o retiro. Es factible definir el comportamiento de un sistema en diferentes formas, como puede ser la eficiencia del sistema y la velocidad de respuesta. La confiabilidad puede referirse a todo el sistema, o a una parte del mismo.

\*En este capítulo se ha señalado que el análisis de sistemas es un importante auxiliar en otras disciplinas, y que establece una secuencia lógica en la solución de problemas complejos y abarca una metodología de uso general que puede aplicarse en diferentes ramas de la ciencia y técnica.

La metodología de sistemas, al hacer hincapié en los diferentes factores que intervienen en un problema, disminuye el peligro

\*La estructura que se emplea para la descripción del sistema puede depender de sus características distintivas.

\*Para un sistema de control, se emplean diagramas de bloque o flujo.

\*Características distintivas típicas de los sistemas:

- 1) Físicos
- 2) Biológicos
- 3) Juicios de valor

\*Características físicas:

mecánicas  
eléctricas  
hidráulicas  
químicas

\*Características biológicas:

botánicas  
zoológicas  
ecológicas

\*Juicio de valor:

costo  
comportamiento  
confiabilidad

\*Análisis de sistemas:

Es una metodología de uso general.

\*El análisis de sistemas estudia la interacción entre factores.

de que se pasen por alto elementos que afecten en forma importante al sistema.

Finalmente, todo análisis de sistemas debe iniciarse con la descripción del sistema, para lo cual se emplean diversos diagramas de acuerdo con sus características distintivas. En este capítulo y en el siguiente se incluyen las estructuras más importantes que se emplean para describir sistemas.

### 1.4 Problemas

#### Problema 1.1

Una fábrica se especializa en la producción de envases de plástico. Describa las diversas fases de la vida de un envase de 1 litro para aceite desde su concepción hasta su retiro.

#### Problema 1.2

Describa los pasos que sigue el siguiente proyecto: diseño de una carretera de 2 carriles con carpeta de asfalto entre las localidades A y B.

#### Problema 1.3

Muestre las transacciones económicas del ejemplo 1.3.1 empleando un diagrama de flujo de señales.

#### Problema 1.4

La industria minera y metalúrgica en un país consume el 10% de sus productos, exporta el 30% y vende el 60% a la industria de transformación. El 5% del producto de esta última es consumido por la industria minera y metalúrgica, el 45% por la propia industria de transformación, el 20% se exporta, y el 30% restante se vende a consumidores finales. Empleando un diagrama de bloques; muestre las transacciones económicas.

#### Problema 1.5

Repita el problema anterior empleando un diagrama de flujo de señales.

#### Problema 1.6

Empleando una matriz como la mostrada en la fig. 1.4.1, muestre las transacciones económicas del problema 4.

De \ A	Ind. minera y met.	Ind. de transf.	Expor-tación	Consum. finales
Ind. min. y met.				
Ind. de trans.				
Otro sector				

Fig. 1.4.1 Matriz para el problema 6.

66 **Introducción**

Año	Número de alumnos en 1974	PORCENTAJES				Nuevo ingreso
		Aprobados que continúan	Aprobados que no continúan	Reprobados que repiten	Reprobados que no continúan	
1	2000 ( $x_1$ )	60 ( $a_2$ )	30 ( $b_1$ )	5 ( $r_1$ )	5 ( $s_1$ )	2200 $N_1$
2	1500 ( $x_2$ )	62 ( $a_3$ )	28 ( $b_3$ )	5 ( $r_2$ )	5 ( $s_2$ )	300 $N_2$
3	1250 ( $x_3$ )	64 ( $a_4$ )	24 ( $b_4$ )	6 ( $r_3$ )	6 ( $s_3$ )	200 $N_3$
4	1050 ( $x_4$ )	52 ( $a_5$ )	26 ( $b_5$ )	12 ( $r_4$ )	10 ( $s_4$ )	150 $N_4$
5	850 ( $x_5$ )	72 ( $a_6$ )	20 ( $b_6$ )	5 ( $r_5$ )	3 ( $s_5$ )	130 $N_5$
6	700 ( $x_6$ )		92 ( $b_7$ )	5 ( $r_6$ )	3 ( $s_6$ )	* 130 $N_6$

Fig. 1.4.2 Estado de la educación primaria en un municipio.

**Problema 1.7**

El sistema de educación primaria en un municipio tiene en el año de 1974 los alumnos que muestra la matriz de la fig. 1.4.2. En esta matriz se muestra también el porcentaje que se espera aprueben y sigan los estudios, aprueben y se retiren, reprueben y repitan, reprueben y se retiren y el número total que se estima van a ingresar a los diversos años de otras partes (fig. 1.4.2).

Si se considera como estado del sistema el número de alumnos en cada año escolar, encuentre el estado probable del sistema para 1975.

**Problema 1.8**

Empleando las variables mostradas en la matriz de la figura 1.4.2. y un superíndice para indicar el año, encuentre las relaciones entre el estado en el año 1974 y 1975, es decir, entre los vectores siguientes:

$$(x_1, x_2, \dots, x_6)^T \text{ y } (x_1, x_2, \dots, x_6)^{T+1}$$

**Problema 1.9**

Empleando un diagrama similar al de la figura 1.3.31 e introduciendo un estado 0 para agrupar a todos los estudiantes que no son del municipio, muestre los cambios de estado de la fig. 1.4.2.

1.5. Bibliografía

1. Van Caourt Hare, Jr., *System Analysis, a Diagnostic Approach*, Harcourt, Brace & Wold Inc. Nueva York (1967).
2. Chesnut, H., "Information Requirements for System Understanding", *IEEE Trans. on System Science and Cybernetics*, Vol. SSC-6, No. 1, pp. 3-12 (enero 1970).
3. Gerez Greiser V. y Murray-Lasso M.A., *Teoría de Sistemas y Circuitos*, Servicios y Representaciones de Ingeniería, S. A., Méx., D. F. (1972).
4. Hall III, A. D., *Three Dimensional Morphology of Systems Engineering*, *IEEE Trans. on System Science and Cybernetics*, Vol. SSC-5, No. 2, pp. 156-160 (abril 1969).
5. Odum, H. T., *Environment, Power and Society*, Wiley Interscience, Nueva York (1971).





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de Ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

II MODELADO

PROF. DR. VICTOR GEREZ GREISER.

Abril, 1978.

- 4. Modelado
  - 4.1 Introducción
    - 4.1.1 Definiciones
    - 4.1.2 Ventajas del modelado
  - 4.2 Clasificación de modelos según sus características
    - 4.2.1 Modelos materiales y modelos formales
    - 4.2.2 Modelos estáticos y modelos dinámicos
    - 4.2.3 Modelos determinísticos y modelos probabilísticos
    - 4.2.4 Tabla y clasificación de modelos
  - 4.3 Clasificación de modelos de acuerdo con sus funciones
    - 4.3.1 Ejemplos
    - 4.3.2 Clases de modelos
  - 4.4 Formulación de modelos
    - 4.4.1 Selección del modelo
    - 4.4.2 Etapas en el desarrollo de modelos

4.4.3 Falacias en la validación de  
modelos

4.5 Funciones de producción

4.5.1 La transformación de recursos

4.5.2 La función de producción

4.5.3 Isocuantas

4.5.4 Factores de escala

4.6 Problemas

4.7 Bibliografía



Foto

4. Modelado

2

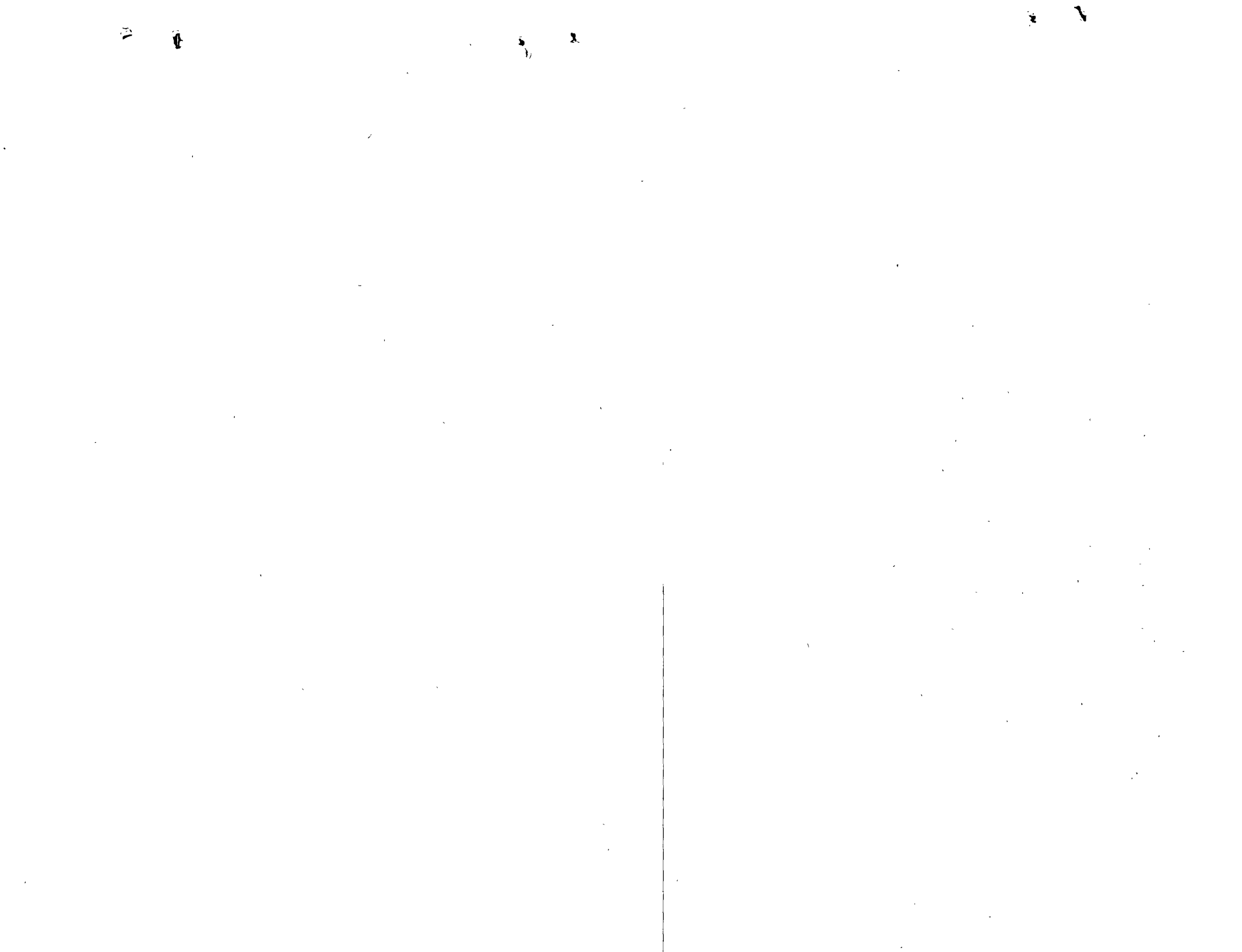
4.1 Introducción.

3

En la sección 1.2.1 se señaló que uno de los pasos más importantes en cualquiera de las fases del análisis de sistemas es el modelado. Del establecimiento del modelo adecuado para la fase del análisis depende en gran medida el éxito del estudio, ya que los resultados nunca podrán ser mejores que el modelo que se emplea para obtenerlo.

La experiencia del analista es probablemente <sup>mas</sup> importante en el establecimiento del modelo de una fase del análisis, que en cualquiera de los pasos restantes. Si bien existen algunas reglas generales que deben tomarse en cuenta al establecer los modelos, la experiencia en el campo de modelado y los conocimientos específicos sobre el fenómeno son los factores más importantes en este paso del estudio.

En este capítulo se analizan diversos aspectos de los procesos de modelado. Se empieza definiendo es



tos conceptos y señalando su utilidad en el análisis de sistemas.

Posteriormente se procede a establecer diversas clasificaciones de modelos y se señalan los pasos que deben seguirse para la formulación de los mismos.

Finaliza el capítulo con el estudio de un modelo específico, la función de producción, que es muy importante en el estudio de muchos sistemas.

En la primera sección se definen el concepto de modelado y se indican los beneficios que se obtienen de este proceso.

\*En relación con la ingeniería de sistemas puede definirse un modelo como una representación cuantita-

#### 4.1.1 Definiciones

\*Modelo = representación del sistema.

34

15

tiva o cualitativa de un sistema. Esta representación debe mostrar las relaciones entre los diversos factores que son de interés para el análisis que se esté llevando a cabo.

\* El número de variables que intervienen en la operación de un sistema suele ser sumamente grande y es siempre necesario por ~~factores~~ <sup>razones</sup> de costo, al establecer el modelo, incluir en éste solamente aquellos factores que sean relevantes para el análisis.

\* El modelado es de importancia en la ingeniería de sistemas, porque permite estudiar el comportamiento de un sistema bajo diversas condiciones de operación, sin necesidad de construir el sistema y someterlo a las condiciones de operación real.

\* En ocasiones, se aplica la metodología de modelado al estudio de sistemas <sup>reales</sup> ya existentes, <sup>CON</sup> el objeto de determinar cuál será el futuro estado del

\* Inclúyanse solamente <sup>7</sup>  
solamente las variables <sup>6</sup>  
relevantes

#### 4.1.2 Ventajas del modelado <sup>7</sup>

\* Economía: es generalmente <sup>8</sup>  
más barato trabajar  
en un modelo que en  
el sistema real

\* Predicción: determinar <sup>9</sup>  
futuros estados del  
sistema

sistema. Un ejemplo de esta aplicación es el empleo de modelos en la predicción de la actividad económica de un país. En otras ocasiones estos modelos se emplean para diseñar políticas de control de <sup>la</sup> actividad económica. En el primer caso resulta clara la necesidad del empleo de un modelo y en el segundo es demasiado costoso y peligroso experimentar con políticas de control sobre el sistema real.

Otro ejemplo donde es posible emplear un <sup>modelo</sup> prototipo para fines de análisis es el siguiente:

\* Si se desea investigar los efectos de sismos sobre una presa, resulta demasiado peligroso hacerlo sobre el prototipo, es necesario emplear un modelo (ver Fig. 4.3.9).

<sup>Los modelos</sup> También se emplean en el proceso de diseño. En estos casos, la construcción de prototipos para las diversas alternativas de diseño puede tener un costo prohibitivo y es necesario evaluar las alternativas

\* Seguridad: emplear modelos en lugar de sistemas peligrosos. 10

Fig 4.3.9 (11)

de diseño combinando los procesos de modelación y simulación.

12  
11.

4.2 Clasificación de los modelos  
según sus características

En esta sección se clasifican los modelos de acuerdo con sus características estructurales. Se presentan además ejemplos ilustrativos de las diferentes clases de modelos. Las características que se toman en cuenta para clasificar los modelos son: La variación o adaptabilidad de los modelos en el tiempo, el grado de intervención de factores aleatorios y la forma o grado de abstracción de los modelos.

En la figura 4.2.5 se presentan en forma esquemática las diferentes clasificaciones, así como ejemplos de las mismas.

13  
de  
ser hecho  
4.2.1  
go

4.2.1 Modelos materiales y modelos formalesX

\* Por un lado arquitectos e ingenieros han utilizado desde hace varias décadas maquetas, réplicas, mapas y diagramas como auxiliares en su trabajo. Por otra parte, durante siglos los científicos han formulado leyes matemáticas. Sin embargo, fue hace solo unos años que la finalidad común de maquetas y leyes matemáticas se puso de manifiesto (Rosenblueth y Wiener, ref. 1). Resulta que tanto las leyes matemáticas, como las réplicas a escala, son ejemplos de modelos. Ambas son representaciones -cuantitativas o cualitativas- de sistemas, que muestran las relaciones entre un grupo de factores llamados entradas o excitaciones y otro grupo llamado salidas ó respuestas. (Ver sección 1.3.4)

\* Tanto las réplicas a escala como las leyes matemáticas son modelos.

*El tipo de modelo que se utiliza depende*

del propósito con el que se esté realizando el estudio.

En múltiples ocasiones se emplean réplicas en combinación con modelos matemáticos.

Así por ejemplo, un ingeniero civil puede en un momento dado, necesitar de una maqueta (Fig. 4.2.1) para visualizar los efectos estéticos que la adición de balcones salientes tendría sobre una construcción. Puede suceder que este ingeniero necesite también de la fórmula de la escuadría (Fig. 4.2.2), para cuantificar los esfuerzos producidos en la construcción, por la adición de balcones.

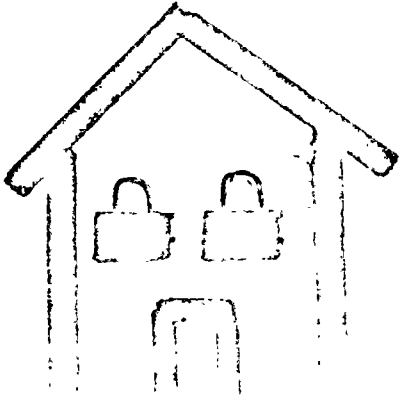
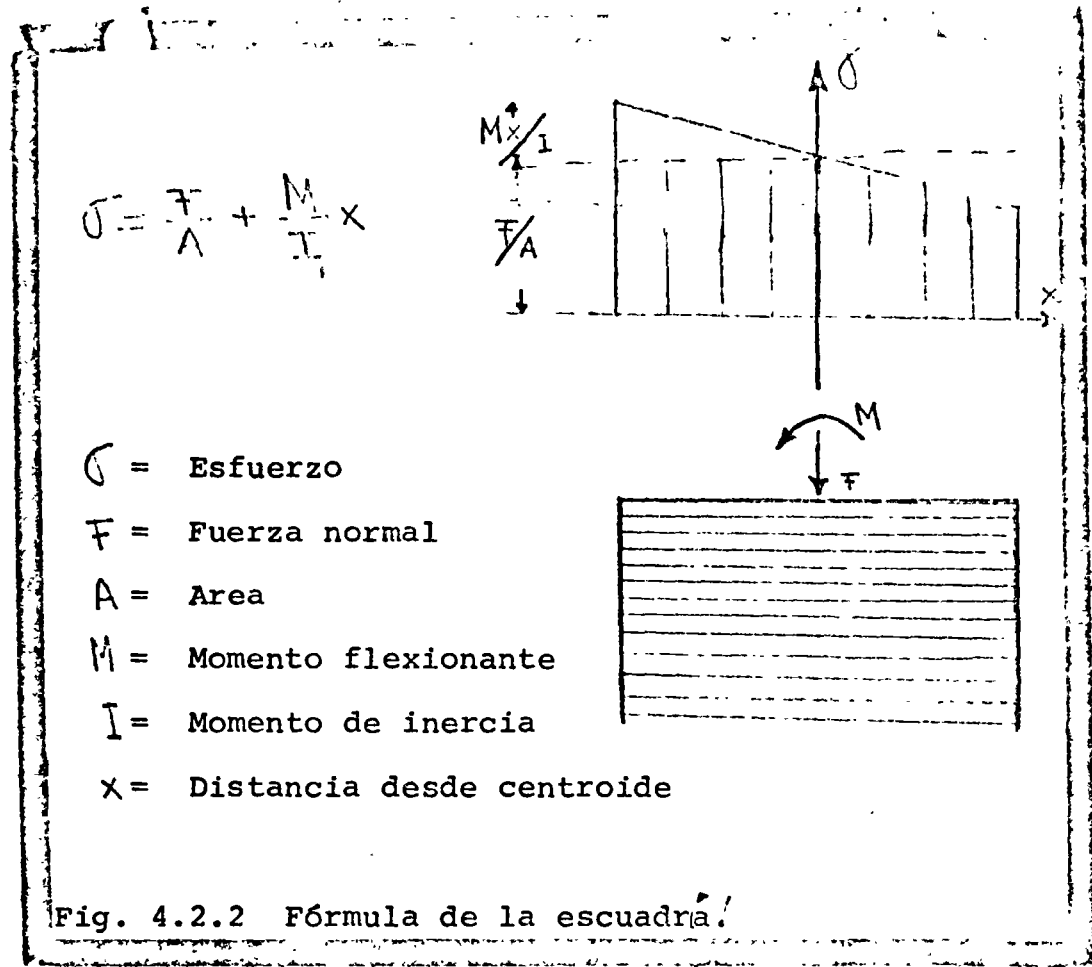


Fig. 4.2.1 Modelo para análisis estético de una construcción.





*[maquetas]*

\* Las réplicas a escala y las leyes matemáticas son ejemplos, respectivamente, de modelos materiales y modelos formales.

\* Estos modelos son transformaciones de los sistemas físicos originales, en otros sistemas, también físicos, más sencillos en general que

Modelos materiales

\* Representaciones materiales de sistemas del mismo tipo

*Modelos Matemáticos*

\* Transformación de un sistema físico en otro más sencillo

los originales y que conservan las características esenciales de estos. Ejemplos de este tipo de modelos son: las maquetas y modelos a escala, los mapas de todos tipos, las estatuas de hombres ilustres, fotografías y retratos, las imágenes de televisión, etc.

#### Modelos formales

\* Estos modelos consisten en una serie de aseveraciones, expresadas en términos lógicos, que representan las propiedades esenciales del sistema original. Ejemplos de este tipo de modelos son: la ley de Ohm, los diez mandamientos, un libro sobre la teoría socialista, un reporte meteorológico, etc.

\* Aseveraciones expresadas en términos lógicos

se estudiará

A continuación estudiaremos una posible clasificación de los modelos materiales.

Los modelos materiales, también llamados icónicos, se pueden subdividir o clasificar en tres clases de acuerdo con su mayor o menor semejanza con la realidad. Esta subdivisión agrupa los modelos materiales en orden decreciente de realismo.

\* Estos modelos son representaciones físicas de los objetos materiales originales; Conservándose, en estas representaciones, la "dimensionalidad" de los objetos originales.

Ejemplos de réplicas son: los duplicados, un modelo a escala de la cuenca de un río, un tren eléctrico de juguete, etc.. Los ejemplos anteriores muestran que las réplicas pueden tener reducción de escala (tren eléctrico de juguete), no tenerla (duplicados),

Modelos Materiales Tipo Réplica

\* Representaciones en las mismas dimensiones (largo, ancho y profundidad)

o no <sup>refleja</sup> la proporcionalidad en todas las dimensiones (en el modelo de la cuenca de un río generalmente la escala horizontal es diferente a la vertical). Nótese que en todos los casos anteriores, el prototipo y el modelo tienen el mismo número de dimensiones, aunque es posible que se hayan empleado diferentes escalas para las diversas dimensiones.

Modelos, replícas de objetos tridimensionales

\* Estos modelos son representaciones físicas de los objetos materiales originales, en las cuales, una o más de las dimensiones del original no son reflejadas en el modelo. Ejemplos de cuasi-réplicas son:

fotografías, mapas, cine, televisión, planos, etc. <sup>Los únicos casos en que el original de una fotografía es,</sup> [por ejemplo]

en general, un objeto tridimensional; mientras que su fotografía, o sea el modelo, es bidimensional.

\* Representaciones en las que se pierde una o más de las dimensiones

\* Estos modelos son representaciones físicas de los objetos materiales originales, en las cuales, el modelo no tiene un parecido directo con el objeto original; sin embargo, puede establecerse un mapeo o correspondencia uno a uno entre las variables fundamentales del modelo y las del objeto original. Así por ejemplo en el modelo analógico del sistema mecánico-masa-amortiguador-resorte, ilustrado en la figura 4.2.3, las tensiones de salida (variables) de los integradores 1 y 2 representan o corresponden a la velocidad y despla-

*zamiento (variables) de la masa. En el capítulo 3 se vio la manera de realizar representaciones de sistemas físicos mediante las computadoras analógicas.*

Otros ejemplos de modelos materiales tipo analógica son: simular el acto de perder en la ruleta rusa con la salida de un as al tirar un dado, generar con "registros de corrimiento" (shift-registers) números aleatorios, etc. *En el capítulo 5 se verán*

*diferentes métodos de generar números aleatorios*

Se establece  
A continuación una posible clasificación de los modelos formales.

\* *En una analogía el modelo no guarda parecido directo con el original.*

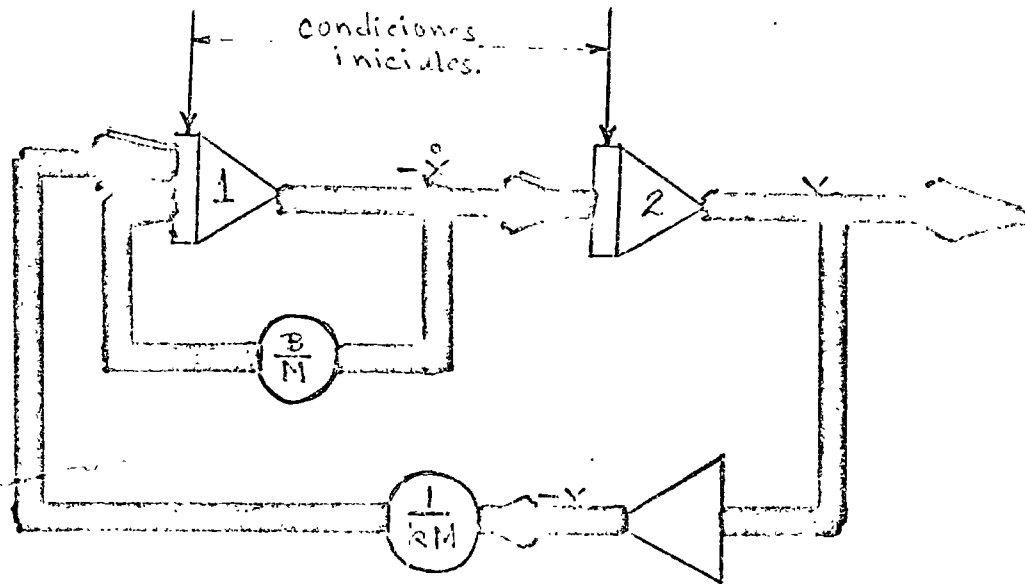
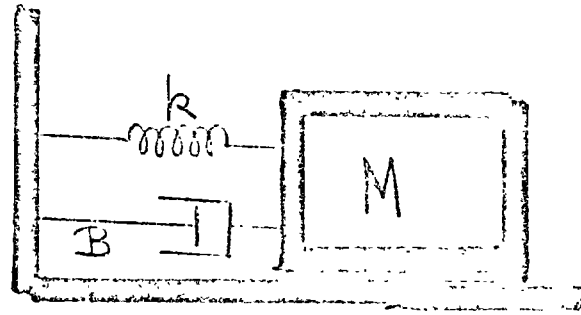
29

$$M \ddot{x} + B \dot{x} + \frac{1}{k} x = 0$$

M = Masa

B = Corriente de amortiguamiento

k = Corriente del resorte



Sumador



Integrador



Amplificador

Fig. 4.2.3 Computación analógica.

En los modelos formales también llamados simbólicos, como en los modelos materiales, se pueden distinguir tres categorías de acuerdo al mayor o menor grado de abstracción; modelos formales de tipo descriptivo, de tipo simulativo y de tipo formalizativo. A continuación se analizan y ejemplifican las diversas clases de modelos formales.

### Modelos Formales Tipo Descriptivo

\* Este tipo de modelos<sub>x</sub> consiste en una serie de aseveraciones sobre el sistema original, expresadas en los términos empleados en los lenguajes humanos naturales. Constituyen la clase menos abstracta de los modelos formales<sub>x</sub> y solo pueden ser manipulados y transformados con las reglas de la gramática. Ejemplos de este tipo de modelos son: un libro de divulgación sobre la teoría económica, la constitución de los Estados Unidos Mexicanos, los diez mandamientos, etc.

\* Representación en lenguaje humano material.

\* Este tipo de modelos es más preciso, aunque menos natural que el anterior. Consiste en hacer una serie de aseveraciones sobre el sistema original. Estas aseveraciones están generalmente expresadas en un lenguaje especial de simulación (por ejemplo GASP II, SYMS-CRIPT, GPSS), aunque también pueden contener expresiones en lenguaje humano natural o fórmulas y expresiones matemáticas. Ejemplos de este tipo de modelos son: un algoritmo de ruta crítica, un programa de computadora para jugar ajedrez, tablas de decisiones lógicas, etc.

\* Este tipo de modelos consiste en una serie de aseveraciones sobre el sistema original, expresadas en símbolos, manipulados mediante las operaciones definidas por una estructura matemática formal (como el álgebra o el cálculo diferencial). Ejemplos de este tipo de modelos son: la ley de Ohm, una ecuación diferencial que

## Modelos Formales Tipo Simulación

\* Representaciones en lenguajes especiales de simulación

## Modelos Formales Tipo Formal

\* Representaciones en lenguaje matemático con estructura formal



En la tabla 4.2.1 los modelos poseen un grado de abstracción mayor a medida que se encuentra más a la derecha. Cuanto más a la derecha se encuentre un modelo en dicha tabla mayor es la facilidad que se tiene para obtener información del mismo. Sin embargo, el grado de realismo del modelo es menor cuanto más a la derecha se encuentre este en la tabla 4.2.1 ;.

Por otro lado el grado de generalidad de los modelos, es mayor cuando más <sup>abajo</sup> se encuentran en la tabla de la tabla 4.2.1 ;.

ESTÁTICOS  
DINÁMICOS

DETERMINÍSTICOS  
APROXIMATIVOS  
DETERMINÍSTICOS  
APROXIMATIVOS

MATERIALES. | FORMALS.

REPLICAS	CONCRETO	ANALOGIA	DESCRIPCIÓN	SIMULACIÓN	FORMAL
Mapa en relieve.	Mapa plano.	Estatua.	Los Diez Mandamientos	Tablas de decisiones lógicas.	Ley de Ohm.
Prueba de juicio crítica.	Mapa microscópico.	Dado mezclando bolita rusa	Reporte del Tiempo	Programa para jugar ajedrez	Ecuación de equilibrio de Colas
tren de juguete	Planetarium.	Circuito en comportamiento analógico	Sistema legal	Algoritmo de ruta crítica.	Leyes de Lancheletor
Experimento en ganchos	Imagen de T.V. con fondo.	Generador de ruido blanco	Texto de evolución	Modelo de transporte vehiculos por vehículos	Ecuación diferencial ordinaria

Tabla 4.2.1 Tabla de clasificación de modelos

4.3 Clasificación de modelos según  
sus funciones.

40

En esta sección se clasifican los modelos de acuerdo con las funciones que desempeñan.

Antes de proceder a esta clasificación de los modelos <sup>se</sup> consideran algunos ejemplos.

4.3.1 Ejemplos de modelos

41  
40

~~Ejemplo 1~~

Ejemplo 4.3.1

En la figura 4.3.1 se muestra un modelo cualitativo de un sistema de control. Este modelo describe las entradas, salidas y elementos constituyentes del sistema. Diagramas como el que muestra la figura 4.3.1 pueden trazarse solamente si se tienen conocimientos cualitativos del sistema.

42

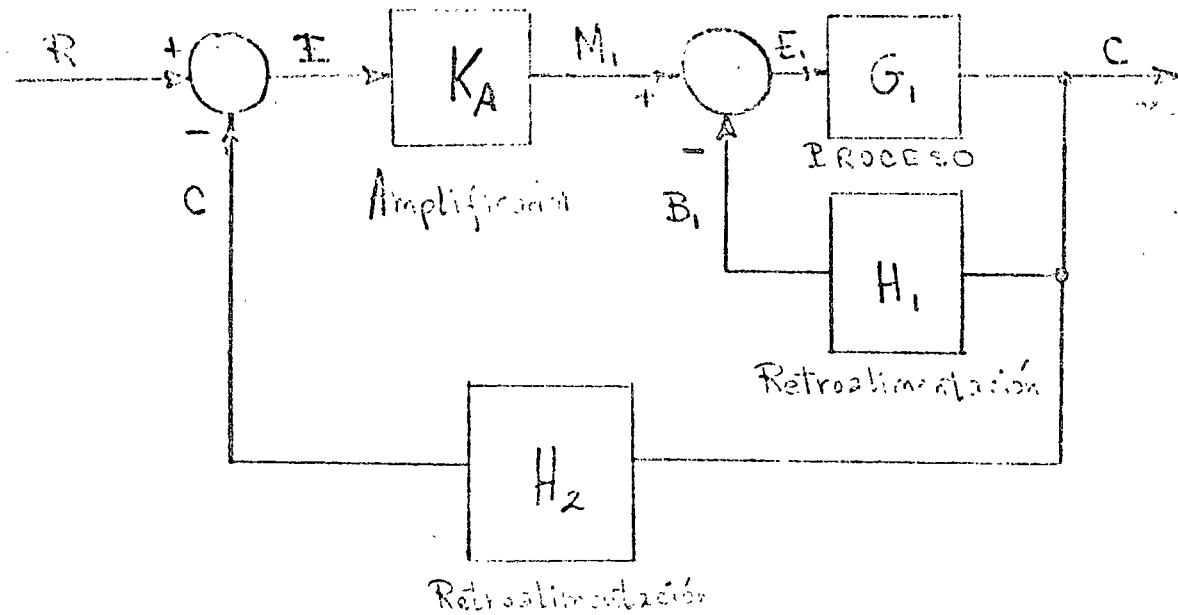


Fig. 4.3.1 Representación cualitativa de un sistema de control

En la figura 4.3.2 se muestran una serie de ecuaciones, correspondientes a un sistema de control, que podrían caracterizar el comportamiento del sistema de la figura 4.3.1,

43

$$R-C = E$$

$$T_a \frac{dM_1}{dt} + M_1 = K_a E$$

$$M_1 - B_1 = E_1$$

$$T_m T_f \frac{d^3 C}{dt^3} + (T_f + T_m) \frac{d^2 C}{dt^2} + \frac{dC}{dt} = K_1 E_1$$

$$T \frac{dB_1}{dt} + B_1 = K_h \frac{d^2 C}{dt^2}$$

Fig. 4.3.2 Ecuaciones de un sistema de control

La serie de ecuaciones de la figura 4.3.2 proporciona una descripción cuantitativa del sistema de control en estudio. La información contenida en las figuras 4.3.1 y 4.3.2 puede resumirse en un diagrama de bloque con funciones de transferencia (figura 4.3.3).

44

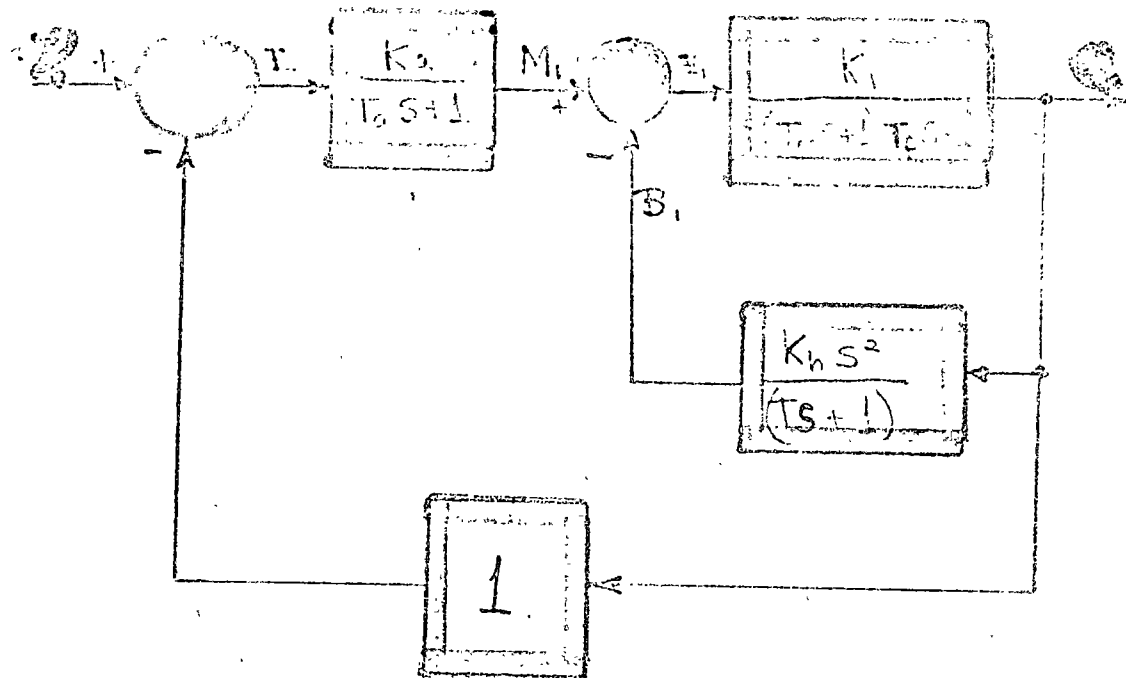


Fig. 4.3.3 Diagrama cualitativo-cuantitativo de un sistema de control

Modelos como los mostrados en las figuras anteriores permiten obtener ciertos resultados de interés para el problema que se está analizando si se conocen los parámetros y las señales de entrada. Sin embargo, este modelo no es una réplica del prototipo, <sup>(ya que)</sup> no es capaz de suministrar los caballos de fuerza reales en la salida, <sup>(ser necesario)</sup> ni tampoco puede los cambios ambientales que el sistema real soporta.

Ejemplo 4.3.2

45 44  
46 45  
47 46

En la figura 4.3.4 se muestra un sistema mecánico y sus ecuaciones de movimientos en la figura 4.3.5.

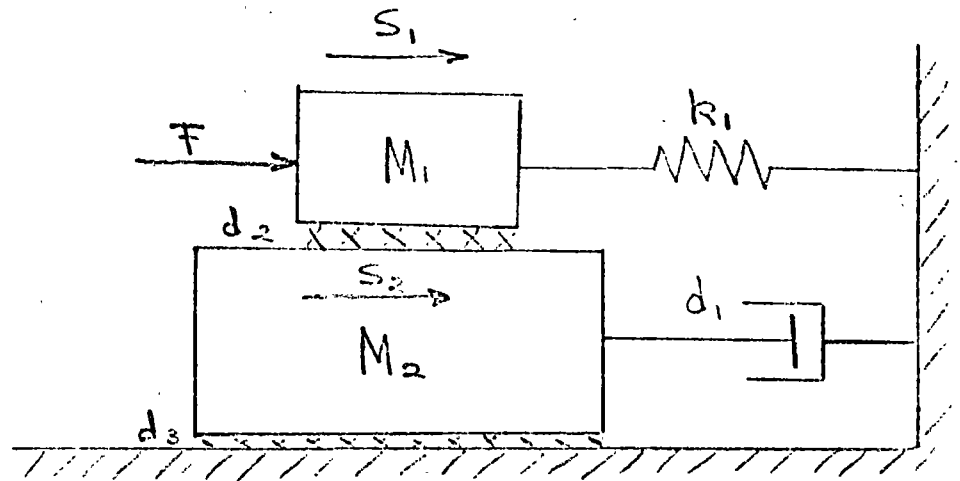


Fig. 4.3.4 Modelo esquemático de un sistema dinámico

$$F = M_1 \frac{ds_1}{dt} + k_1 \int_{-\infty}^t s_1 dt + d_2 (s_1 - s_2)$$

$$0 = M_2 \frac{ds_2}{dt} + s_2 (d_1 + d_3) + d_2 (s_2 - s_1)$$

Fig. 4.3.5 Modelo matemático de un sistema dinámico

Las figuras 4.3.6 y 4.3.7 muestran, respectivamente, un sistema eléctrico y las ecuaciones que lo caracterizan.

~~44-45~~  
48 49

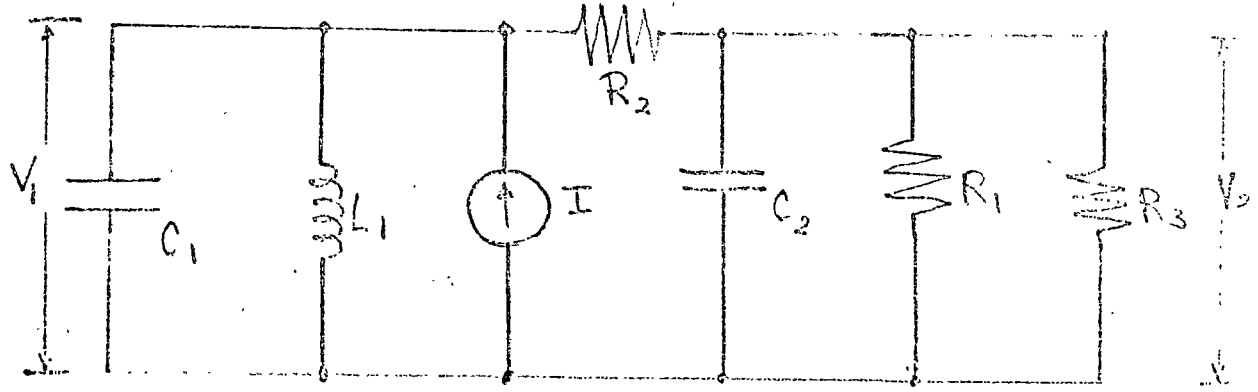
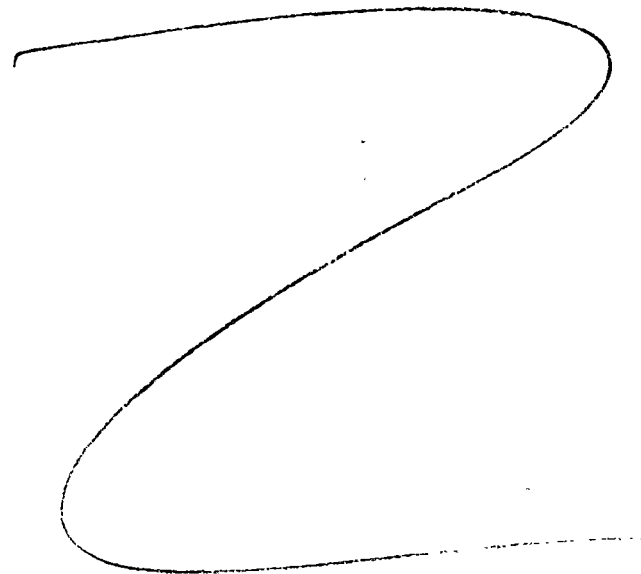


Fig. 4.3.6 Modelo esquemático de un circuito eléctrico



$$\begin{aligned}
 I &= C_1 \frac{dv_1}{dt} + \frac{1}{L_1} \int_{-\infty}^t v_1 dt + \\
 &+ \frac{1}{R_2} (v_1 - v_2) \\
 0 &= C_2 \frac{dv_2}{dt} + v_2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) + \\
 &+ \frac{1}{R_2} (v_2 - v_1)
 \end{aligned}$$

Fig. 4.3.7 Modelo matemático de un sistema eléctrico



Si se comparan las ecuaciones de la fig. 4.3.5 con las ecuaciones de la fig. 4.3.7 se notan diversas similitudes. Las ecuaciones de uno y otro sistema tienen el mismo número de términos, el orden máximo de las derivadas es 1 y contienen una integral. Esta similitud puede formalizarse considerando la tabla de equivalencias de la fig. 4.3.8

50

$C_1 = M_1$	$C_2 = M_2$	
$V_1 = S_1$	$V_2 = S_2$	
$L_1 = \frac{1}{k_1}$	$I = F$	
$R_1 = \frac{1}{d_1}$	$R_2 = \frac{1}{d_2}$	$R_3 = \frac{1}{d_3}$

Fig. 4.3.8 Equivalencias

Nótese que dadas las equivalencias de la figura 4.3.8, la serie de ecuaciones de la figura 4.3.5 y 4.3.7 son idénticas. Por lo que es posible aplicar, tomando en cuenta las equivalencias, los resultados obtenidos con uno de los modelos, al otro.

Ejemplo 4.3.3

En la figura 4.3.9 se muestra el modelo de una presa de tierra colocada sobre una mesa vibradora.

En este tipo de modelos, la cortina de la presa se simula construyéndola a escala, tanto en tamaño como en la granulación de tierras y colocándola sobre una mesa que puede ser movida de tal manera que simule todo tipo de movimientos sísmicos. Este modelo se emplea para estudiar los efectos que producen los sismos sobre la cortina.

~~50~~  
51  
~~51~~

52

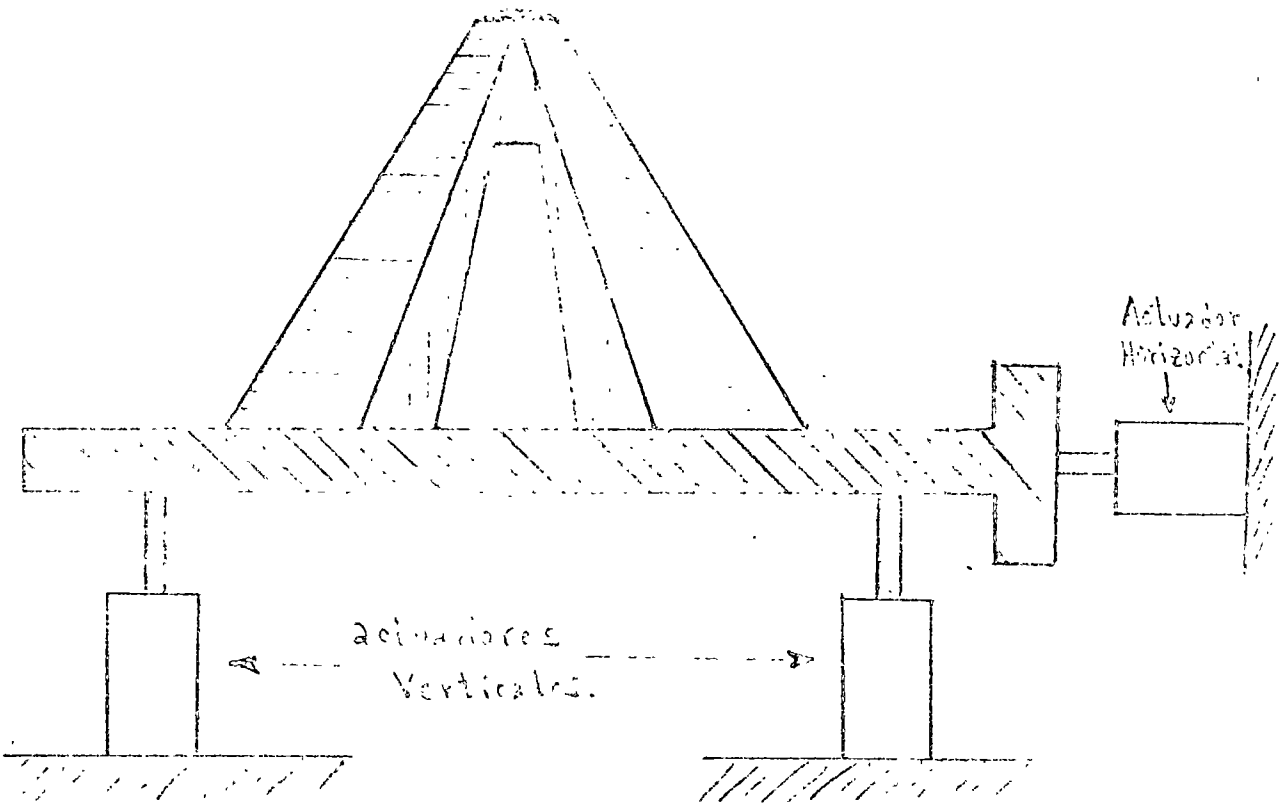


Fig. 4.3.9 Modelo de presa.

Ejemplo 4.3.4

El diagrama de la figura 4.3.10 esquematiza un sistema de transporte "vehículo por vehículo" mediante un transformador.

53  
54

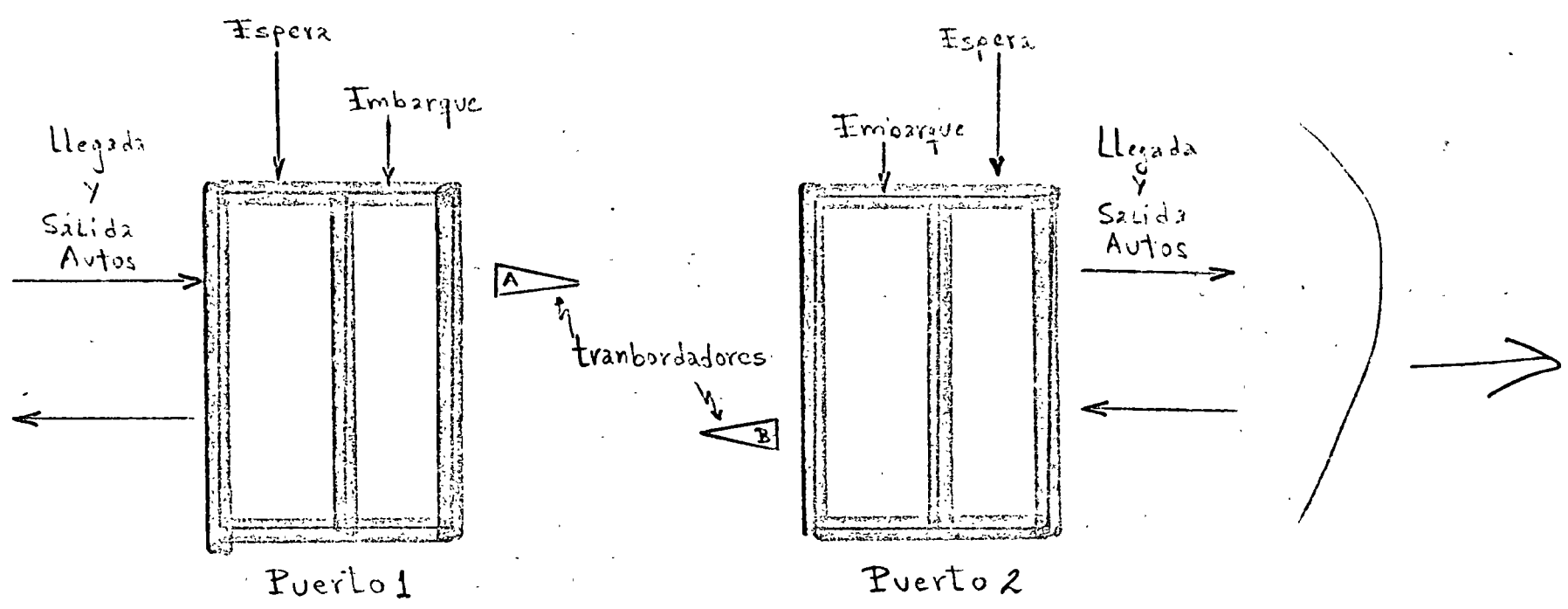


Fig. 4.3.10 Modelo de transbordador.

Un diagrama como el anterior, puede usarse como auxiliar en la elaboración de un programa de computadora para estudiar los efectos que producen, en el sistema, diferentes valores de parámetros; como pueden ser: el horario de los transbordadores, la afluencia de vehículos, etc.

Ejemplo 4.3.5

54  
55

El balance de energía, en una estación generadora de energía eléctrica, pueden representarse en un esquema como el de la figura 4.3.11. Este balance corresponde a una planta de generación eléctrica, situada en órbita terrestre, que convierte la energía solar en eléctrica empleando celdas solares *y transmite dicha* energía a la tierra mediante micro-ondas.

55  
56

Ejemplo 4.3.6

56  
57  
58

Comunicación  
El circuito de comunicación mostrado en la figura 4.3.12. Diagramas como el de esta figura se emplean para visualizar y calcular la probabilidad de falla en la comunicación entre dos puntos (en este caso A y B).

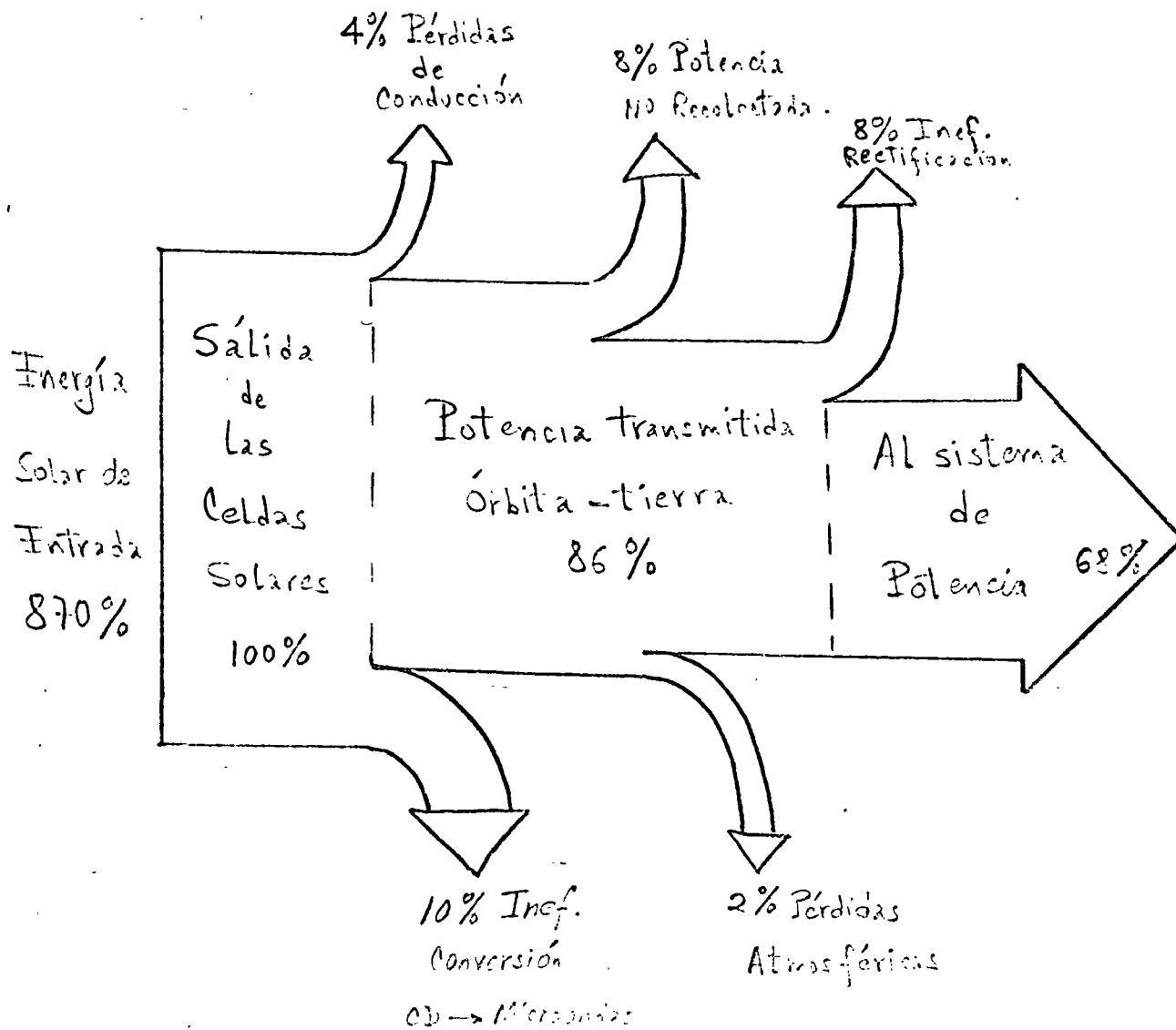
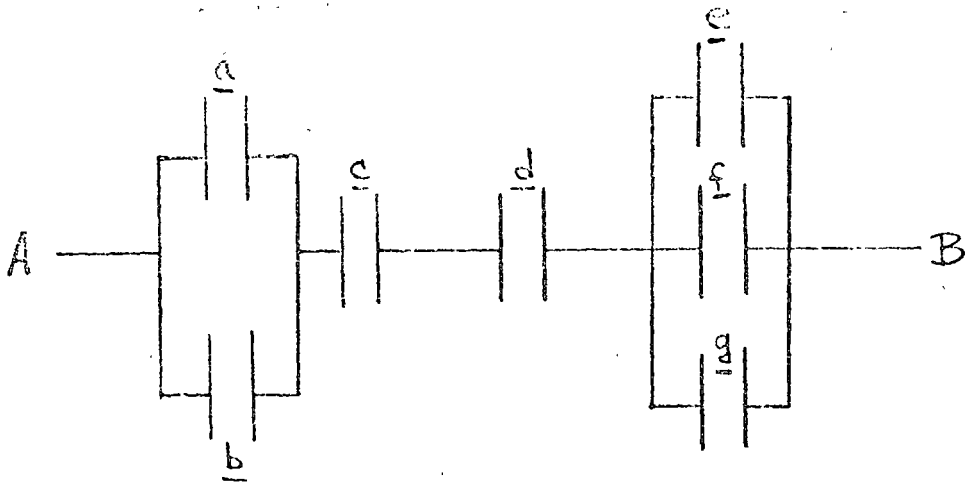


Fig. 4.3.11 Diagrama de pérdidas de operación de generador orbital.



Vínculo  
de  
Comunicación

$p(a)$  = Probabilidad de que el  
Vínculo "a" Falle.

$P(\bar{a})$  = Probabilidad de que el  
Vínculo "a" No Falle

Fig. 4.3.12 Diagrama para estudiar confiabilidad



Ejemplo 4.3.7

Las figuras 4.3.13 y 4.3.14 muestran el diagrama y lista de actividades correspondientes a la realización de un programa de control automático de un sistema eléctrico de potencia. Diagramas del tipo que se muestra en la figura 4.3.13, se emplean como auxiliares valiosos para que en la realización de proyectos de ingeniería de sistemas, de magnitud considerable, se cumpla con los tiempos de terminación establecidos.

En la sección 6.7 se estudian con mayor detalle estos modelos

Tablas como las de la figura 4.3.14 se pueden completar con descripciones más detalladas de las actividades a realizar en este caso programas, así como con los nombres de los realizadores y responsables de cada etapa.

59

~~58~~

60

59

61

58

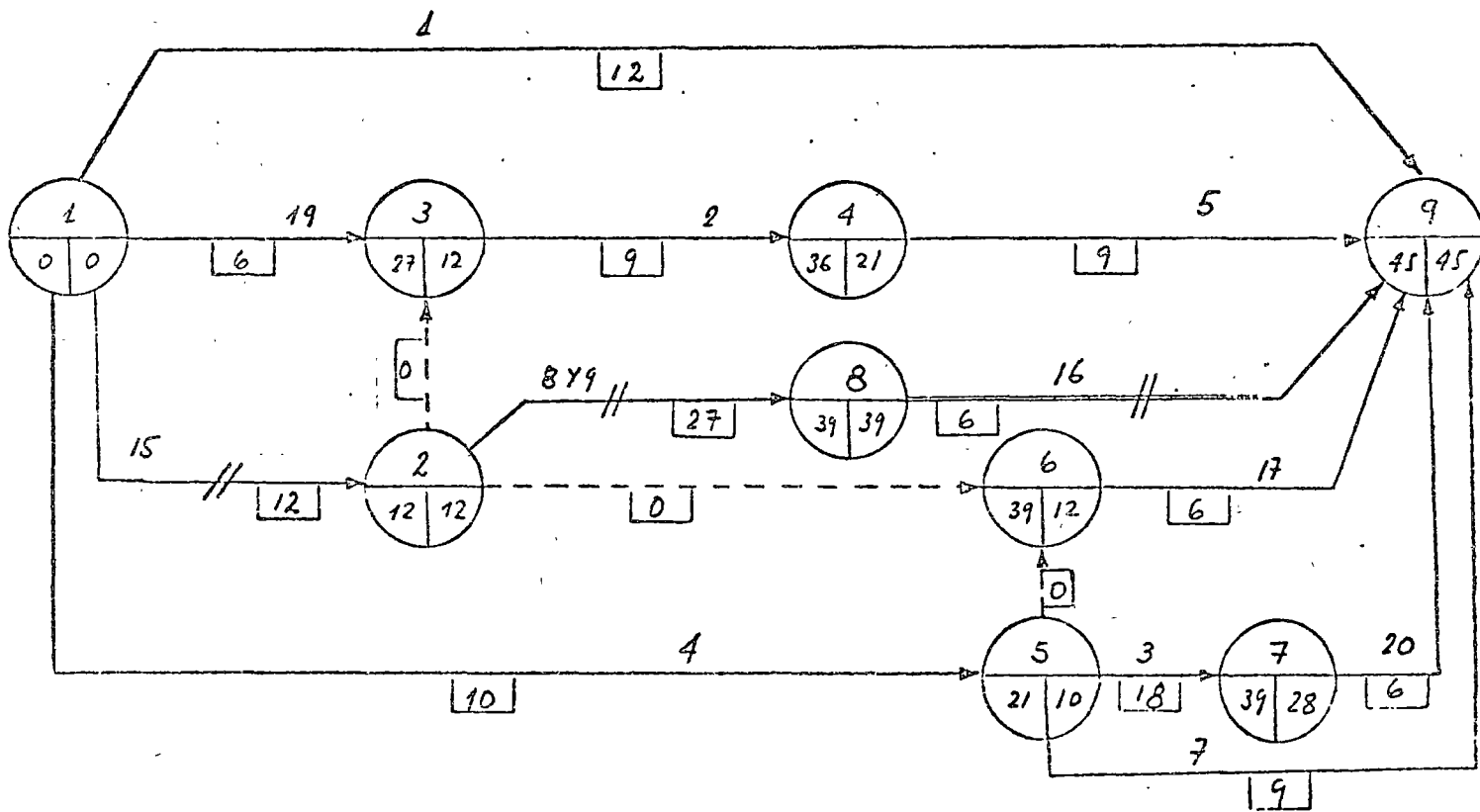
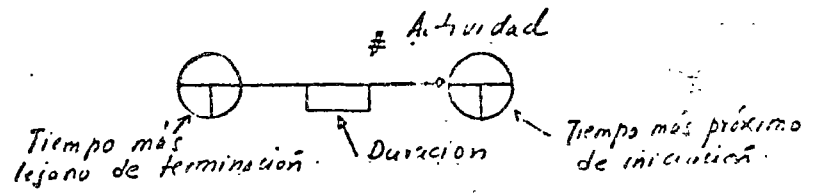


Fig. 4.3.13 Diagrama de actividades

	Continuo	2seg	10 min.	1hora	24hrs.	Cuando se requiere
1 Control de Frecuencia -Carga		E-L				
2 Despacho Económico			E-L			
3 Programación de la Generación Hidroeléctrica					F-L	F-L
4 Predicción de Carga					F-L	F-L
5 Cálculo de Intercambios				E-L		
6 Monitoreo de datos teletransmitidos		E-L				
7 Reserva Rodante del Sistema					F-L	
8 Estimación de Estado			E-L			
9 Identificación del Sistema			E-L			
10 Verificación de Capacidad					F-L	
11 Verificación de Calibración de teletransmisión				E-L		
12 Elaboración del Relatorio				F-L		
13 Flujo lineal de carga D.C.			E-L			
14 Análisis de imprevistos.			E-L			
15 Flujo de carga C.A.				F-L		
16 Análisis posteriores a disturbios						F-L
17 Preprogramación de la generación					F-L	
18 Costo de producción					F-L	
19 Determinación de las constantes B					F-L	
20 Valores proyectados de almacenamiento					F-L	
21 Programas varios de investigación y desarrollo						F-L
22 Procesamiento de E/S del sistema de potencia			E-L			
23 Procesamiento de interfase hombre/máquina	E-L					
24 Comunicación con otras computadoras y TRC	E-L					
25 Administración de datos					F-L	
26 Servicio de Diagnóstico				F-L		F-L

Fig. 4.3.14 Tabla de actividades

En la sección 4.3.1 se presentan diversos ejemplos de modelos utilizados en ingeniería de sistemas. Debe notarse, en esos ejemplos, que <sup>la</sup> su representación del prototipo, es decir el modelo, cambia de acuerdo con la finalidad a la que se destinen. Entre las finalidades fundamentales que se persiguen al establecer un modelo pueden citarse:

- . Describir el sistema y sus componentes
- . Describir el comportamiento del sistema ante diferentes estímulos
- . Visualizar aspectos de confiabilidad
- Finalidad  
. Costos y eficiencias
- . Visualizar tiempos y movimientos, etc.

A continuación se clasifican las funciones que pueden realizar los modelos.

Estos modelos pueden tomar diferentes formas,

como son:

\* a) Un diagrama esquemático donde se muestran los principales elementos constitutivos del sistema.

(Figs. 4.3.1, 4.3.4, 4.3.6).

\* b) Un diagrama, o programa de trabajo, que muestra cómo se realiza un trabajo (Ejemplo 4.3.7)

\* c) Descripciones detalladas de procedimientos.

\* Los modelos de descripción son generalmente de naturaleza cualitativa y permiten tener una visión general del sistema, sus componentes y sus funciones.

## Modelos de Descripción

63

64

65

64

\* Diagrama esquemático

66 67 68

~~65, 66, 67~~

\* Programa de trabajo

69

68

70 69

\* Descripción de procedimientos

71

\* Son de naturaleza cualitativa

Estos modelos pueden hacer énfasis en los componentes y sus relaciones con el sistema (Fig. 4.3.6), en las funciones que debe realizar el sistema (Fig. 4.3.14), o, en la manera como lleva a cabo un proceso (Fig. 4.3.10).

\* Los modelos de comportamiento son generalmente de naturaleza cuantitativa, de ellos se pueden obtener características <sup>del sistema</sup> como: exactitud, rapidez de respuesta, respuesta en frecuencia, etc. Se establecen tomando en cuenta las características de las componentes y su interconexión (Fig. 4.3.3). Las fórmulas matemáticas utilizadas en ingeniería son también modelos de comportamiento.

Considérense los ejemplos correspondientes a las figuras 4.3.10 y 4.3.13. La característica que sobre-

72 31  
73 32  
74 33

## Modelos de Comportamiento

\* Son de naturaleza <sup>75</sup> cuantitativa

76

## Modelos de Tiempo

77  
78, 79

sale en este tipo de modelos es el tiempo (tiempos de transporte, de espera, de iniciación, de realización, etc). En particular, este tipo de modelos es de utilidad cuando se desea controlar el tiempo de avance y realización de un proyecto (PERT y Ruta Crítica).

Modelos como el del ejemplo 6, tiene<sup>n</sup> como finalidad fundamental mostrar la parte que cada componente del sistema juega en la operación exitosa del mismo. También ayudan en la visualización de cuáles componentes son fundamentales y cuáles no lo son, cuáles podrían mejorar la confiabilidad del sistema si contaran con unidades de apoyo en caso de falla, etc.

Modelos como los de los ejemplos de la figura

4.3.11 y 4.3.14 son auxiliares valiosos en la obten-

Modelo de Contabilidad

80<sup>29</sup>  
81<sup>30</sup>

Modelos de Costo

82  
83

~~82, 83~~  
83, 84

ción de costos por unidad, eficiencias, costos relativos de las diferentes componentes, etc. Como en todo proyecto de ingeniería de sistemas, los costos y eficiencias son factores determinantes de diseño y debe prestárseles la atención debida. Estos modelos son muy útiles. La decisión de realizar o no un proyecto depende, en ultima instancia, de su rentabilidad. El cálculo de esta cantidad puede presentar dificultades en particular cuando intervienen factores intangibles o difíciles de traducir a valor monetario. En estos casos, los modelos prestan valiosa ayuda para visualizar los costos y los precios relativos.



Foto 35

#### 4.4 Formulación de modelos

87  
86

En esta sección se describen las diversas etapas que se siguen al construir un modelo, las funciones de cada una y la relación entre ellas. Además se presentan métodos, que son útiles para construir modelos.

\* Una vez que se ha determinado la función del modelo, es necesario decidir qué tipo de modelo se va a construir y de qué manera se implementará. Para tomar esta decisión, es necesario conocer la naturaleza del sistema que se va a modelar.

La figura 4.4.1 muestra una importante característica que se observa al construir un modelo. A medida que se avanza en la construcción del mismo, aumenta el grado de conocimiento que se tiene del sistema que se está modelando.

#### 4.4.1 Selección de modelo

87  
88

- \* Para modelar se necesita:
- a) conocer la finalidad del modelo
  - b) conocer la naturaleza del sistema

88  
88

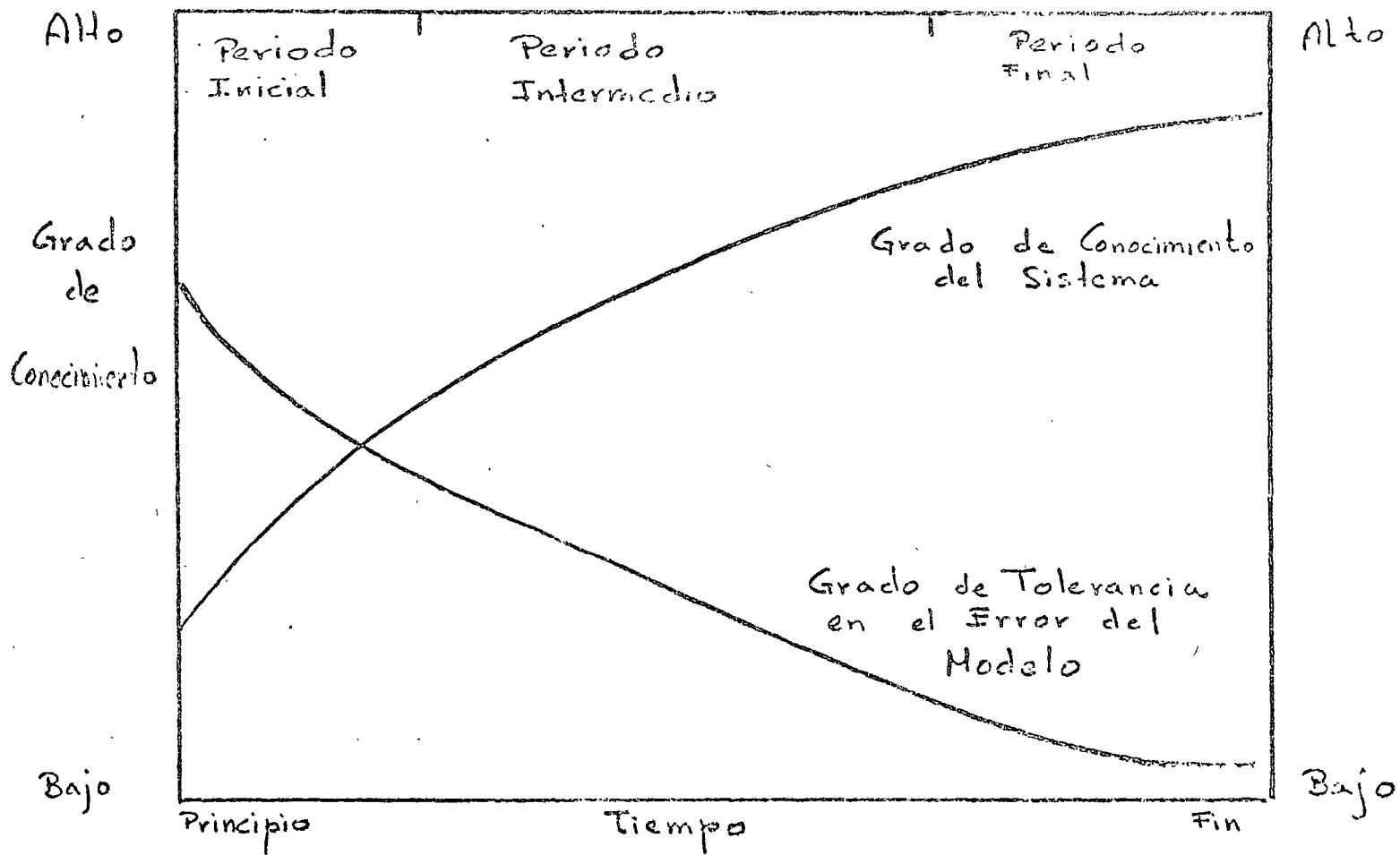


Fig. 4.4.1 Evolución de los modelos.

Este aumento en el conocimiento del sistema permite ir aumentando la complejidad del modelo y como resultado disminuir el error entre las respuestas en el prototipo y las del modelo.

\* Como el tipo de modelo que se emplea en un proyecto y su implementación dependen del conocimiento que se tenga del sistema; y este conocimiento aumenta al avanzar en el proyecto, a menudo es conveniente partir de un modelo muy sencillo y evolucionar hacia modelos más complejos.

81  
\* Los modelos evolucionan con el sistema

\*Al iniciarse el estudio se suelen utilizar modelos sumamente sencillos que permiten obtener solamente resultados muy aproximados, es decir con un gran grado de error. Cuando se tiene un grado intermedio de conocimientos del sistema se pueden realizar modelos que permiten realizar pronósticos basados en correlaciones estadísticas. Para establecer estos modelos se requiere una gran cantidad de datos; \*y los resultados obtenidos solo son válidos si el sistema y el medio ambiente se conservan esencialmente invariantes, ó solo sufren cambios pequeños. \*Cuando el conocimiento que se tiene del sistema es mayor, se pueden establecer modelos causales. Para establecer estos modelos se requiere un conocimiento de los mecanismos ó relaciones - - causa-efecto que determinan el comportamiento del sistema y, un esfuerzo considerable en su realización; -- sin embargo, permiten obtener resultados precisos aún con grandes variaciones en las condiciones de operación del sistema.

El siguiente ejemplo ilustra la evolución que sufre el modelo al aumentar los conocimientos que se poseen del sistema.

\*Modelos de correlación sencillas al principio.

\*Los modelos de correlación requieren condiciones invariantes de operación.

\*Los modelos causales permiten estudiar el comportamiento del sistema aun si varían las condiciones de operación.

86  
90

91  
87

88  
92

Para un observador que no toma en cuenta las relaciones causa efecto, existe una relación entre el número de zopilotes devorando un cadáver y la pestilencia correspondiente; por lo tanto puede establecer la siguiente hipótesis: los zopilotes producen pestilencia cuando devoran cadáveres. Para probar esta hipótesis <sup>se</sup> estudia una serie de casos, Los casos estudiados pueden representarse gráficamente como lo muestra la figura 4.4.2. Esta figura muestra que existe una correlación estadística entre el número de zopilotes <sup>(x)</sup> y la pestilencia <sup>(y)</sup>, del tipo:  $y = Kx + B$ . Sin embargo, dicha correlación es espúrea, ya que la relación causa-efecto correcta es:

$$Y = K \frac{1}{x} + B \quad (4.4.1)$$

donde K y B son constantes por determinar.

Es decir, que la relación causa-efecto es inversa de lo que puede concluirse de la prueba estadística. Los zopilotes en realidad ayudan a evitar que se pro-

*Figura 4.4.2*

91  
93

92  
94

95

duzca pestilencia.

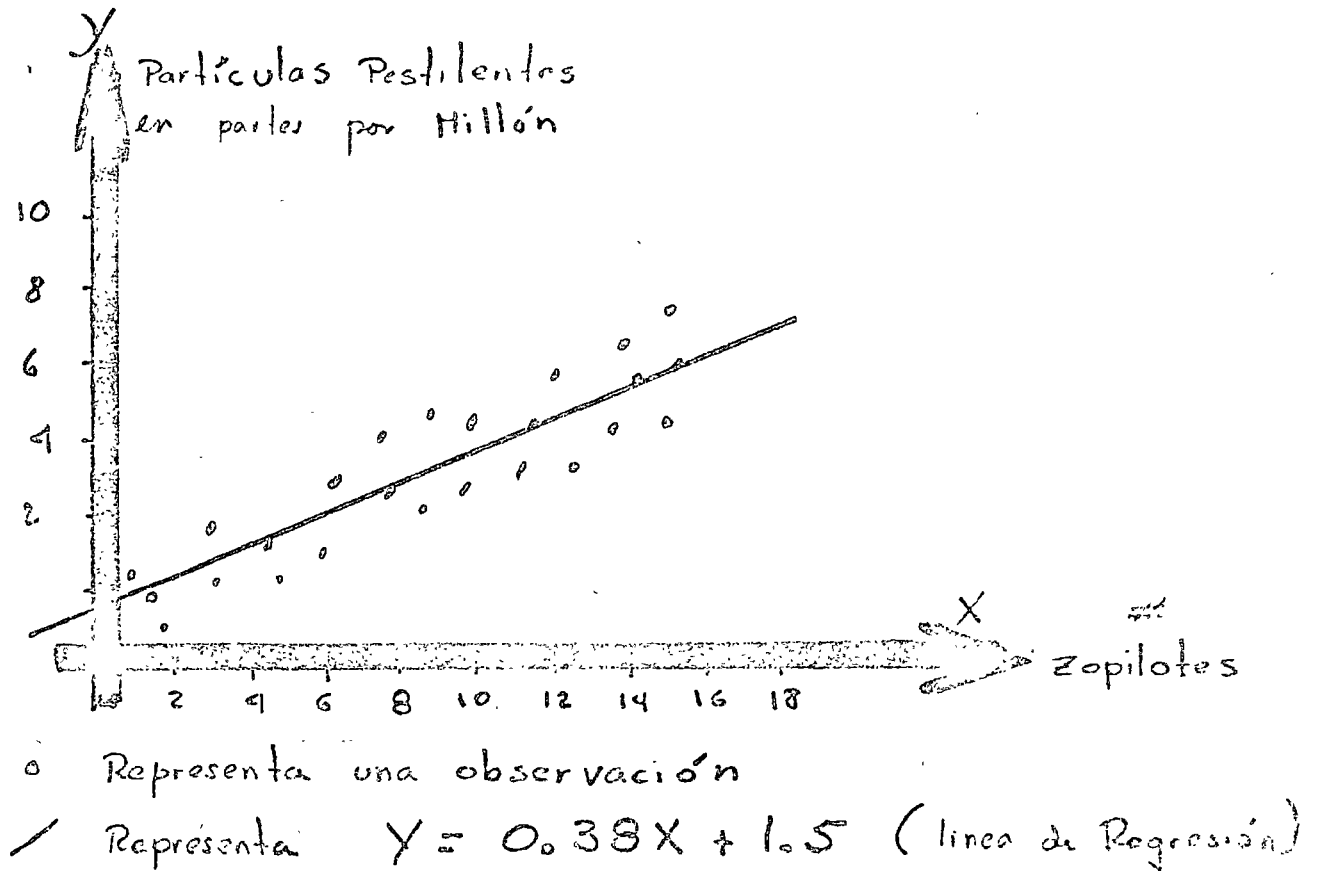


Fig. 4.4.2 Correlación de pestilencia

En la siguiente sección se presentan,  
 las diferentes etapas por las que pasa el desarrollo de un modelo y la manera como se relacionan entre sí.

4.4.2 Etapas en el desarrollo de modelos

94  
96

Cuando se analizan sistemas de grandes dimensiones, donde el empleo de modelos es muy frecuente, conviene seguir los siguientes pasos en el desarrollo del modelo:

97

- . Formulación de objetivos del modelo
- . Análisis del sistema
- . Síntesis del sistema,
- . Verificación del modelo
- . Validación del modelo
- . Inferencias

La figura 4.4.3 esquematiza las etapas anteriores, y muestra la relación funcional entre ellas. A continuación describiremos estas etapas.

98

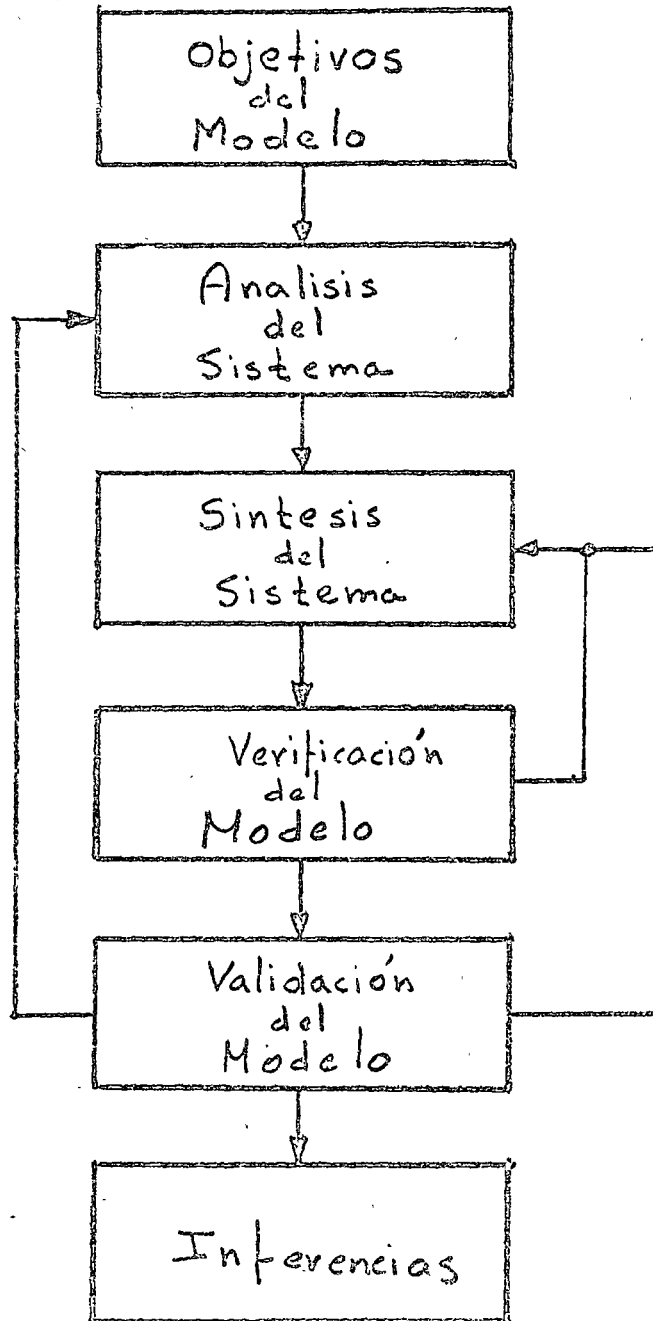


Fig. 4.3

Etapas del proceso de modelado.



Esta etapa puede considerarse como preliminar en el desarrollo de un modelo. Para realizarla adecuadamente es necesario haber establecido como se evaluará el comportamiento del sistema y por lo tanto, el objetivo del sistema. \*Es importante que en esta etapa el ingeniero de sistemas se empiece a proyectar a sí mismo en el sistema, y sienta, casi intuitivamente, el mecanismo mediante el cual las diferentes partes del sistema interactúan entre sí.

\* El diseñador, en el sistema tiene el peligro de proyectar también sus valores y juicios, con lo cual se pierde en parte, la objetividad necesaria para la creación de buenos modelos.

Formulación de las objetivos  
del modelo

99

\* Proyectarse en el sistema, sentirse parte de él

100

\* No proyectar valores y juicios.

101

Análisis del Sistema 100  
102

\* Una vez que han sido determinados los objetivos del sistema y las cantidades que se utilizarán como medidas del comportamiento del mismo, se puede proceder al análisis del sistema. La finalidad de esta segunda etapa del modelado es aislar las partes, interacciones, relaciones y mecanismos dinámicos del sistema.

\* Al analizar un sistema es muy importante establecer qué variables son endógenas o internas y cuales son exógenas o externas al sistema. La variación del primer tipo de variables depende de la dinámica del sistema, mientras que la variación de las segundas es independiente del mismo. Al establecer el modelo del sistema, es necesario explicar, es decir, establecer relaciones funcionales que determinen la variación de las variables endógenas. No es necesario por otra parte explicar la variación de las variables exógenas, ya que ésta no está determinada por el sistema en estu

\* Identifiquense: 103  
componentes  
relaciones  
mecanismos  
variables

\* Variables: 104  
-102  
a) Endógenas (Internas)  
b) Exógenas (Externas)

como se señaló anteriormente en la sección 1.3.3

dio, su cambio depende de factores externos. Si se analiza un sistema mecánico, como el esquematizado en la figura 4.3.5, la fuerza F es una variable exógena, es decir, su variación es independiente de la configuración y los parámetros del sistema, <sup>ya que</sup> es un dato o una excitación. Por otra parte, variables como las velocidades  $S_1$  y  $S_2$  son variables endógenas, su valor depende de la configuración del sistema y de los parámetros del mismo y, desde luego, de las variables exógenas; en este ejemplo, de la fuerza F.

103

105

Es necesario además señalar que en ciertas fases de un análisis, algunas variables pueden ser exógenas mientras que en otras fases del estudio esas mismas variables se consideran endógenas. En el ejemplo citado en la figura 4.3.5, la fuerza F es una variable exógena, pero el sistema mostrado en esta figura es probablemente parte de un sistema más complejo. Cuando se analiza este último, la variable F pasa a ser una variable endógena.

\* Además de identificar las variables endógenas o internas al sistema es necesario identificar las variables de estado del sistema. Con este nombre se conoce a aquel conjunto de variables, cuyo valor es necesario conocer en un determinado instante de tiempo  $t_1$  para poder determinar, dada la variación en las variables exógenas en el intervalo  $t_1, t_2$ , el nuevo estado del sistema en el tiempo  $t_2$ . Así por ejemplo, en un circuito eléctrico es necesario conocer la tensión en todos los capacitores y la corriente en todas las inductancias en el instante  $t_1$ , para poder determinar el nuevo estado del sistema en  $t_2$ , conocidas todas las excitaciones en el intervalo  $t_1, t_2$ .

El conjunto de variables de estado puede contener algunas de las variables endógenas. Entre las variables de estado y las variables endógenas existen relaciones algebraicas.

\* Las variables de estado determinan el sistema 704  
70'

\* Se deberá también, buscar las leyes que rigen los cambios en las variables de estado. Estos cambios pueden tener lugar de manera discreta, o continua. La manera más apropiada de establecer las leyes de transición de estados, en el caso discreto, es mediante ecuaciones de diferencias <sup>[como se indicó en la sección 1.3.8]</sup> en el caso continuo mediante <sup>[diferenciales]</sup> ecuaciones de diferencia. No siempre es posible establecer las ecuaciones diferenciales (o de diferencias) que rigen las transiciones de las variables de estado, debido principalmente a falta de conocimientos precisos del comportamiento del sistema. En estos casos, se deberán utilizar métodos alternativos para describir las leyes de transición de estados.

Los objetivos de la etapa de análisis del sistema pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- a) Determinación de las fronteras del sistema.
- b) Determinación de lo que es el medio ambiente en el que se desenvuelve el sistema.

\* Encuéntrense las <sup>105</sup> leyes que rigen <sup>107</sup> el comportamiento de las variables de estado

108 <sup>106</sup>

- c) Determinación de los elementos que constituyen el sistema.
- d) Determinación de los elementos o actividades, dentro del sistema, que tienen características retroalimentativas.
- e) Determinación de las variables de estado del sistema.
- f) Determinación de las leyes de transición de las variables de estado.

\* Una vez concluida la etapa anterior, análisis del sistema, se cuenta con conocimientos suficientes acerca del sistema para proceder a la tercera etapa del proceso de creación de modelos, la síntesis del sistema. En esta etapa se integran todos los conocimientos que se tienen del sistema en un modelo que represente de la mejor manera posible, las características del sistema en las que estamos interesados.

Síntesis del sistema

\* Integrense los conocimientos del sistema en un modelo del mismo

\* Antes de proceder a la estructuración del modelo, es necesario tomar una decisión sobre el tipo de modelo que se utilizará para estudiar el sistema. Como hemos señalado, el modelo puede ser de tipo réplica o de tipo formal y de tipo estático o de tipo dinámico y de tipo determinístico o de tipo estocástico.

Para decidir que tipo de modelo se va a construir, es necesario considerar tanto el costo de los diferentes tipos de modelo, como el beneficio, o información, que se puede obtener de ellos. Debe escogerse el tipo de modelo que satisfaga, económicamente, las necesidades de cada proyecto.

Nótese además que todo sistema está compuesto a su vez por sistemas menores, o subsistemas; al mismo tiempo que forma parte de un sistema mayor. Dentro de la etapa de síntesis del sistema, la decisión sobre qué tipo de modelo se va a emplear, debe hacerse para el sistema principal, y, para los subsistemas más importantes.

\* Decidirse el tipo de modelo ~~100~~ 110

\* La verificación de un modelo consiste en determinar si este opera como su planeador ha concebido que debiera hacerlo.

La manera de realizar la verificación del modelo depende del tipo de este. Por ejemplo, la verificación de la maqueta de una construcción, consiste en determinar si ésta luce como su diseñador la ha planeado. La verificación de un modelo, que es un programa de computadora, consiste en una serie de pruebas para eliminar fallas del programa (Bugs) así como corridas de calibración.

Durante esta fase no se determina si el modelo es una representación adecuada del prototipo. Este trabajo se realiza durante la fase de validación, que se describe a continuación.

Verificación del Modelo III

\* Revisese si el modelo está correctamente realizado



\* En esta etapa del proceso de creación de modelos, se <sup>comparan</sup> compraran las respuestas obtenidas empleando el modelo, ya verificado en la etapa anterior, con las respuestas correspondientes del sistema real.

No siempre se puede efectuar la validación del modelo. En ocasiones, el sistema real no se encuentra disponible para efectuar las pruebas; o pueden ser sumamente costosos los experimentos de validación. Desde luego que cuando no se puede realizar la etapa de validación, la confiabilidad de los resultados obtenidos con el modelo es baja.

Como se puede apreciar en la figura 4.4.3, si la etapa de validación no se termina con éxito, debe reiniciarse el proceso de creación del modelo, a partir de las etapas de análisis o, síntesis del sistema. Una situación semejante se plantea cuando la etapa anterior, la de verificación del modelo, no se termina correctamente.

## Validación del Modelo 112

\* Se revisa que el modelo represente correctamente el prototipo

\* Con este nombre se conoce la última etapa del proceso de creación de modelos. En esta etapa se obtienen los beneficios del esfuerzo realizado al construir el modelo. Esta fase consiste de una serie de experimentos con una o más de las siguientes finalidades:

\* a) Determinar el comportamiento dinámico del sistema como respuesta a ciertas entradas durante un período de tiempo.

\* b) Determinar los cambios relativos (marginales) en los resultados producidos por cambios unitarios en los elementos del sistema. A este proceso también se le conoce con el nombre de: Análisis de Sensibilidad.

\* c) Determinar puntos óptimos de operación. Dicho de otra manera encontrar las condiciones ambientales y, la mejor combinación de entradas; que hacen que el sistema se comporte de manera óptima, dado un cierto criterio de comportamiento.

20073  
Inferencia

\* Última etapa: utilización del modelo.

\* Análisis dinámico

\* Análisis Marginal

\* Determinación de puntos de operación

113  
114

115  
115

116  
117

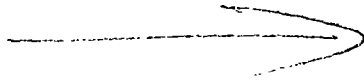
En la sección 4.4.1 al discutir la relación entre la pestilencia y el número de zopilotes se señaló que es fácil caer en ciertas falacias si no se analizan adecuadamente las relaciones causa efecto del fenómeno en estudio. En la sección siguiente se discuten falacias en que puede caer el analista durante la fase de validación de modelos.

Foto 117

#### 4.4.3 Falacias frecuentes en la etapa de validación de modelos.

Las falacias más frecuentes en la validación de modelos son:

- Falacias de nivel,
- Falacia individualista,
- Falacia ecológica,
- Falacia histórica.



119 +10  
←

A continuación se define cada una de estas falacias y se dan ejemplos ilustrativos de ellas.

\* La dificultad al manejar grandes cantidades de datos no crece de manera lineal con el número de datos. Por ejemplo, es más fácil calcular el consumo de gas por

Falacia de Nivel

120

+10

\* Considerar cierto para el todo lo que es cierto para las partes.

Considérese

kilómetro en la República Mexicana, que obtener esta última cantidad directamente a partir de los datos de todos los estados. Para entender con más facilidad lo que es la falacia de nivel considérese la figura 4.4.4.

Basándose en los datos obtenidos grupo por grupo, se llega a la conclusión de que :

$$Y = K X \quad (4.4.12)$$

donde K es una constante positiva. Sin embargo, si los datos, de la misma figura 4.4.A, se toman de manera global se llega a la conclusión de que :

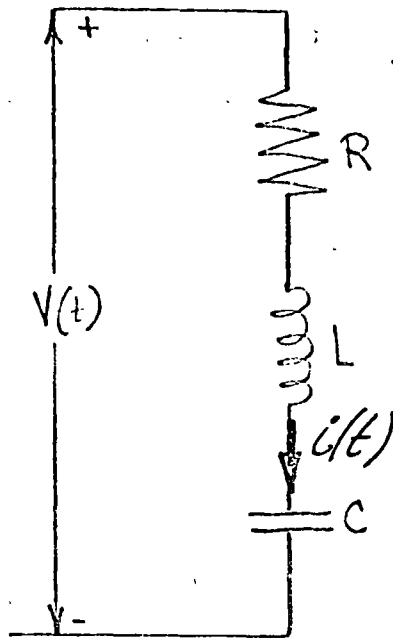
$$Y = - K X \quad (4.4.13)$$

*donde K es una constante positiva*

11.12.0  
1021

122<sup>112</sup>

describa el comportamiento de un circuito eléctrico  
(Fig. 4.2.4), etc.



$$V(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt$$

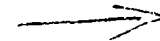


Fig. 4.2.4 Modelo formal de un circuito R.L.C.

#### 4.2.2 Modelos estáticos y modelos dinámicos

En las secciones anteriores hemos clasificado los modelos en:

- Modelos Materiales Tipo Réplica.
- Modelos Materiales Tipo Cuasi-Réplica.
- Modelos Materiales Tipo Analogía.
- Modelos Formales Tipo Descriptivo.
- Modelos Formales Tipo Simulativo.
- Modelos Formales Tipo Formalizativo.

\*Esta clasificación de modelos es mutuamente exclusiva. Es decir, un modelo no puede pertenecer simultáneamente a más de una categoría.

\*Mutuamente exclusiva

La clasificación de modelos en dinámicos y estáticos que se estudia en esta sección, aunque mutuamente exclusiva en sí (un modelo no puede ser simultáneamente estático y dinámico) no lo es con las otras categorías tratadas hasta ahora. Por ejemplo, un modelo puede ser simultáneamente estático y formal de tipo simulativo o dinámico y formal de tipo simulativo.

\* Es un modelo en el cual las características fundamentales no varían, de manera apreciable, con el tiempo. Por ejemplo: los 10 mandamientos, las leyes de Kirchhoff, un mapa, etc.

Modelo Estático

\* No varía apreciablemente con el tiempo

Modelo Dinámico 33

\* Es un modelo en el cual las características fundamentales varían, de manera apreciable, con el tiempo. Por ejemplo: un tren de juguete, un planetarium, un sistema de leyes en un país, una ecuación diferencial estocástica, etc.

\* Varía apreciablemente con el tiempo

Foto 34

4.2.3 Modelos determinísticos y modelos probabilísticos

La clasificación de modelos en determinísticos y probabilísticos es también mutuamente exclusiva entre sí, pero no lo es con respecto a las otras clasificaciones.

Modelos Probabilísticos 36

\* Son aquellos modelos que contienen elementos probabilísticos, o aleatorios, que afectan el comportamiento del sistema. Ejemplos de este tipo de modelos son: experimentos en genética, pruebas de dosis críticas de ciertos medicamentos o drogas, ecuaciones diferenciales estocásticas, etc.

\* contienen elementos aleatorios o probabilísticos

\* Son aquellos que no contienen elementos probabilísticos que afecten el comportamiento del sistema. Por ejemplo: las leyes de Newton, estatuas, mapas, etc.

Modelos Determinísticos 37

\* No contienen elementos probabilísticos

4.2.4 Tabla de clasificación de modelos

38

En la tabla 4.2.1 se encuentran todas las clases de modelos mencionados en las secciones anteriores. Cada elemento de la tabla contiene un ejemplo de modelo; El tipo de modelo a que pertenece el ejemplo en cada elemento puede determinarse por el renglón y la columna en las que se encuentra dicho elemento.

32

39

Por ejemplo: un reporte meteorológico se encuentra en la columna correspondiente a los modelos formales de tipo descriptivo y, en el renglón correspondiente a los modelos estáticos <sup>probabilísticos</sup>. Por lo cual, un reporte meteorológico es un modelo estático <sup>probabilístico</sup>.

formal de tipo descriptivo.



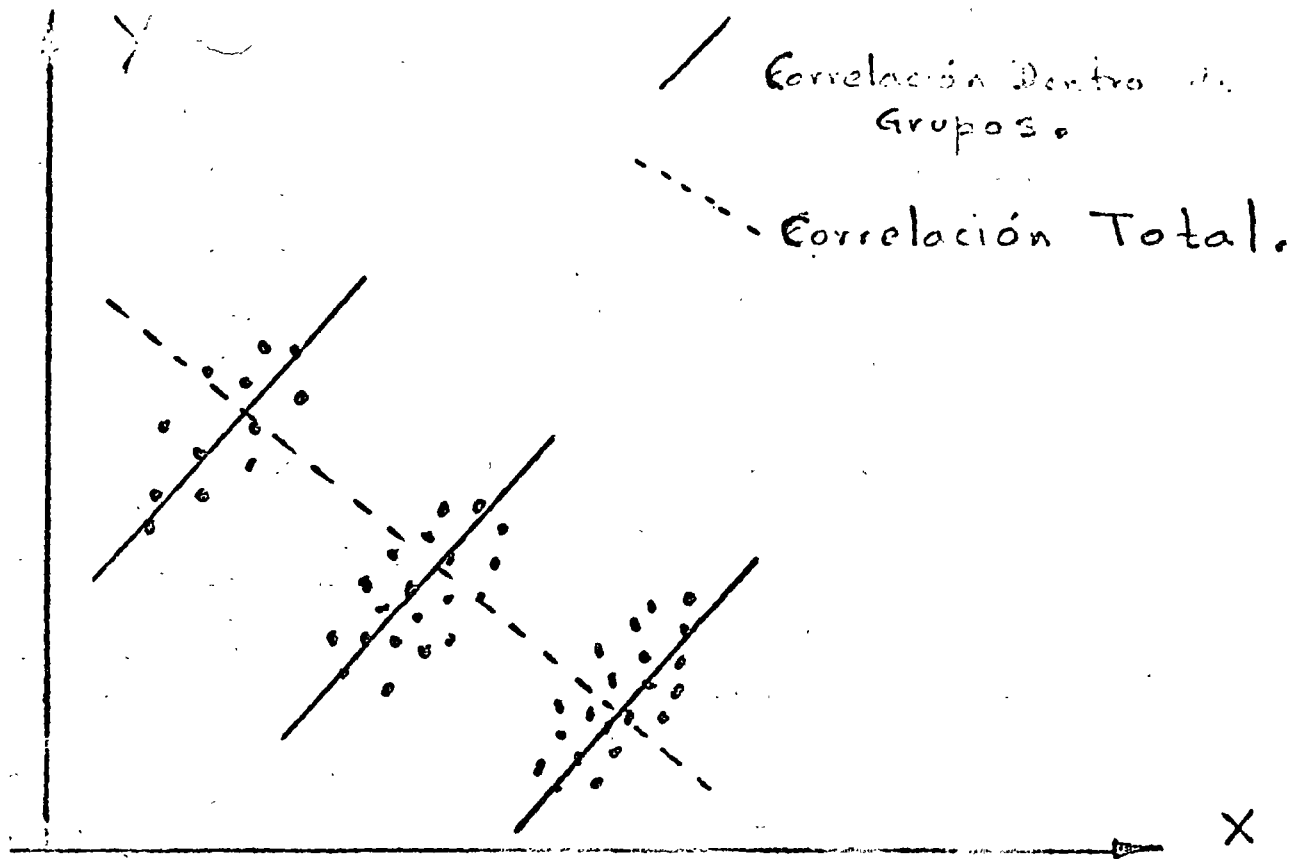


Fig. 4.4.4 Correlación parcial y total.

~~donde  $K$  es una constante positiva.~~

Nótese que las relaciones dadas por las ecuaciones 4.4.12 y 4.4.13 representan situaciones diametralmente opuestas; en el primer caso,  $Y$  aumenta al aumentar  $X$  y en el segundo,  $Y$  disminuye al aumentar  $X$ . Casos como el mos

trado en la figura 4.4.7 se presentan frecuentemente cuando el agregado afecta el sistema. Por ejemplo el costo de producción aumenta cuando se aumenta esta (dentro de ciertas fronteras), sin embargo, al pasar de ciertos límites se presenta la situación contraria; es decir, el costo de producción disminuye al aumentar la cantidad generada de un producto.

Las diversas categorías, o clases de falacias, que se mencionan a continuación deben su nombre a la relación entre grupos, o entre grupos y total, en figuras semejantes a la 4.4.7.

\* Se comete esta falacia cuando se infiere, erróneamente, que lo que es cierto para los individuos es también cierto para los grupos. Por ejemplo, si bien es cierto que la moral hace a los individuos de un pueblo mejores, no necesariamente los pueblos con más moral son los mejores.

90  
-----  
117  
123

Falacia Individualista

\* Pensar que lo que es cierto para los individuos es también cierto para los grupos.

\* Esta falacia es la inversa de la anterior, es decir, inferir, erróneamente, que lo que es cierto para los grupos es cierto para los individuos. Por ejemplo, es cierto que el excesivo ahorro tiene efectos perjudiciales sobre la economía en general de un país, sin embargo, no sucede lo mismo con los seres humanos que forman parte de dicho país, para los cuales ahorrar es beneficioso.

\* Consiste en considerar que lo que fue cierto <sup>en</sup> un tiempo y lugar lo sigue siendo en otros tiempos y lugares. Este tipo de falacia se comete, por ejemplo, cuando se infiere que los valores y costumbres de otros pueblos son similares a las costumbres y valores del pueblo propio y se utilizan estas extrapolaciones al hacer la planeación de ciertos aspectos sociales de los pueblos ajenos.

## Falacia Ecológica 125

\* Considerar que lo que es cierto para el grupo lo es para los individuos

## Falacia Histórico 126

\* Considerar que los sistemas no cambian con el tiempo

Foto 127 116 113

4.5 Funciones de Producción

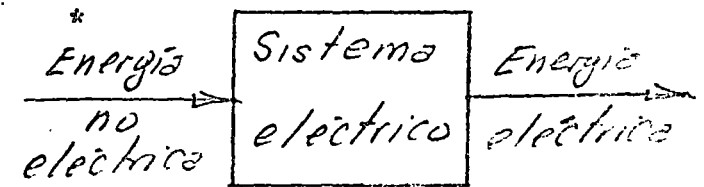
4.5.1 La transformación de recursos 114

Para terminar con este capítulo, dedicado a modelos, estudiaremos un modelo matemático muy importante en ingeniería de sistemas: Las funciones de producción. Esta sección sirve además de enlace con el capítulo 6 sobre optimización y en particular con la sección 6.4 sobre análisis marginal.

\*En todas las fases de un análisis de sistemas es necesario tomar decisiones sobre el aprovechamiento óptimo de los recursos limitados disponibles. En las fases de diseño, construcción y operación estos recursos limitados se transforman en recursos de mayor valor.

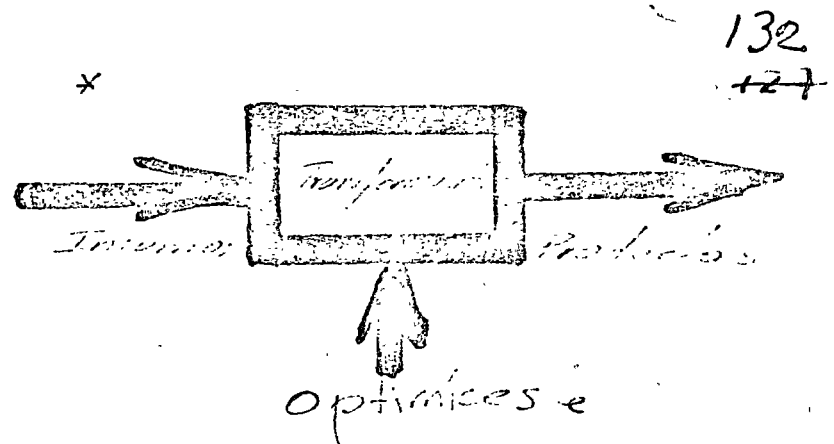
\*Así por ejemplo, en un sistema eléctrico de potencia se transforma un tipo de energía, que puede ser térmica, hidráulica o nuclear, con la ayuda de elementos humanos y equipo que sufren desgaste (todos ellos recursos valiosos), en otro recurso valioso:

130  
128  
\*Transformación de recursos escasos en recursos de mayor valor.



la energía eléctrica. Tanto durante el diseño como durante la operación del sistema deben tenderse a un aprovechamiento óptimo de los recursos, es decir, deben minimizarse el costo de insumos y maximizarse el valor del producto. \* Esta transformación de un conjunto de recursos en otro grupo de mayor valor debe realizarse no solamente de acuerdo con las leyes físicas que gobiernan al proceso de transformación, sino también tomando en cuenta factores económicos. En resumen, el analista de sistema, ya sea que se enfrenta a un problema de análisis o de diseño, tiene que tomar en cuenta los factores siguientes:

- \* 1) Las leyes físicas o de otra índole que gobiernan la transformación de insumos en productos.
- 2) El valor asociado a los insumos, o sea, a los recursos empleados por el sistema.
- 3) El valor de los productos generados por el sistema.



- 133  
700
- \* Tomese en cuenta
    - Leyes físicas
    - valor de insumos
    - valor de productos

En esta sección se establecerá un modelo matemático que relaciona los insumos a un proceso industrial o a una unidad económica con los productos <sup>los</sup> que se generan.

\* Este modelo matemático se conoce con el nombre de función de producción. <sup>la cual</sup> Es una relación entre las cantidades físicas de insumo de un proceso y las unidades físicas del producto que genera. La forma particular de modelo, que debe emplearse para describir <sup>esta</sup> esta transformación, depende de las leyes físicas <sup>o</sup> de otra índole que gobiernan al sistema. El estudio de estas leyes cae fuera del campo de la ingeniería de sistemas y pertenece a una disciplina en particular. El conocimiento de las leyes que rigen la transformación permite establecer el modelo matemático -- que rige a ésta, es decir, la función de producción. Por ser este modelo de gran interés para el analista, la presente sección está dedicada al estudio de sus propiedades.

\* La función de producción es un modelo matemático entre cantidades físicas de insumo y producto

105  
134

En muchos problemas el analista de sistemas so  
lo puede intervenir en el proceso de transformación<sup>4</sup>  
de insumos en productos, ya que el valor de los insu-  
mos y los productos esta dado, y no se afecta por la  
demanda de insumos que crea el sistema ni por la AA  
oferta de productos que genera.

Esta situación es válida para sistemas relativa-  
mente <sup>Pequeños, cuando el sistema,</sup> es suficientemente grande, su implantación crea  
demandas de insumos suficientemente fuertes para --  
afectar el costo de estos, y los productos que genera  
el sistema pueden crear una oferta que tenga influen-  
cia sobre los precios de los productos. Si en un -  
problema se presenta esta situación, es necesario in-  
cluir en el análisis un modelo del mecanismo de pre-  
cios tanto para los insumos como para los produc-  
tos, ya que estos ya no pueden considerarse como da-  
tos del problema. Es decir, en lugar de ser varia--  
bles exógenas, pasan a ser variables <sup>endógenas</sup> en-dógenas, cu  
ya variación es necesario modelar.

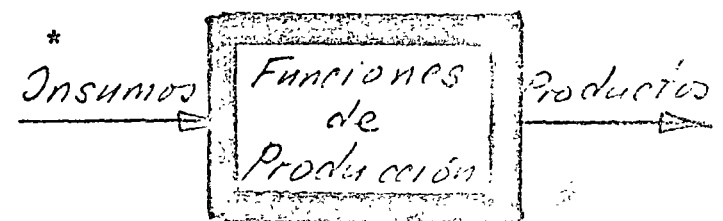
En un sistema grande la frontera abarca el mercado de los insumos y productos. En un sistema de menor importancia, este mercado se encuentra fuera de la frontera que delimita el ámbito del análisis. Puede decirse sin embargo que en todas las fases del análisis de sistemas existe el problema de determinar o asignar insumos o recursos a un sistema para obtener un producto.

En esta obra al concepto de asignación de recursos le daremos un significado amplio.

\*La asignación de recursos puede referirse a la asignación de recursos económicos y humanos a un proyecto en particular; por ejemplo, puede referirse a la asignación de plantas termoeléctricas para satisfacer la demanda eléctrica de un sistema.

\*Para tomar esta decisión respecto a la asignación más adecuada de recursos, es necesario conocer el modelo que relaciona los insumos con el producto. Este modelo se conoce con el nombre de función de

82  
\*Asignación de recursos a un proyecto.





83

producción. Esta función, desarrollada originalmente en la economía, es una representación matemática de la transformación más eficiente, es decir, determina el producto físico máximo que puede obtenerse con un conjunto dado de insumos. En esta función no interviene el valor ni de los insumos ni del producto. En el capítulo 7 de (evaluación de proyectos) se estudia cómo interviene el valor de los insumos y productos en el análisis.

\*El problema de asignación de recursos puede describirse con ayuda de tres funciones: Una función que determina el costo de los insumos, que se designará con el nombre de función de costos; una segunda función, la de producción; y una última que determina el costo de los productos, también llamada función de ingreso. Se ha señalado, que la función de producción determina el máximo producto que puede obtenerse, sin tomar en cuenta el valor de los insumos o del producto con un conjunto de recursos dados.

137

\* Modelo de asignación de recursos:  
función de costos  
función de producción  
función de ingresos

\* En base al costo de los recursos que emplea el sistema se establece la función de costo de insumos\* y tomando en cuenta el valor del producto, se establece la función de costos *del producto.*

Determinar el valor del producto de un sistema *no* es sencillo, sobre todo cuando se trata de un producto que no puede cuantificarse en unidades monetarias. A este tipo de sistemas pertenecen muchos *no* sistemas públicos, cuyo producto es un servicio, como pueden ser facilidades recreacionales. En el capítulo *en la sección sobre teoría* del valor, se estudiará este problema más a fondo.

En el capítulo *en las secciones sobre* de evaluación de proyectos, se estudian las funciones de costos y de ingresos.

*A.S.I.*  
La figura *ilustra* la relación entre las funciones de costo, producción e ingreso.

24  
\* función de costos =  $f(\text{costo insumos})$   
de insumos  
función de costos =  $f(\text{costo producto})$   
del producto

130

109

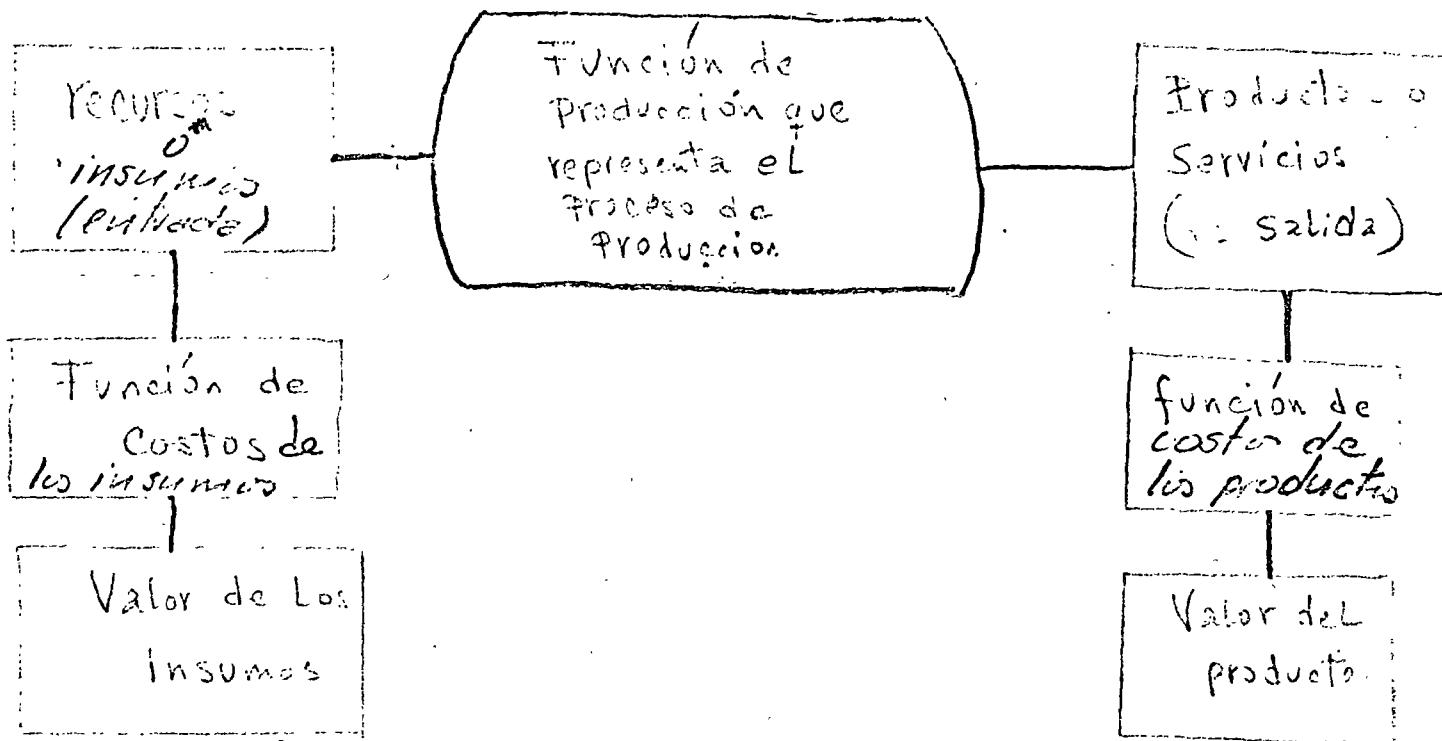


Fig. 4.5.1 Funciones de costo, producción e ingreso.

4.5.2 La función de producción

✓  
 Foto 140  
 141      140

Como se señaló anteriormente la función de producción es un modelo matemático que permite calcular el máximo producto físico que puede obtenerse con un conjunto físico dado de recursos.

\* La función de producción más conocida, es la función de Cobb-Douglas cuya forma es la siguiente:

donde  $X$  es el valor del producto,  $L$  la mano de obra,  $K$  el capital y  $\alpha$  y  $\beta$  son coeficientes que en microeconomía se demuestra son la participación de la mano de obra y del capital en el producto bajo condiciones de libre competencia y maximización del beneficio.

\* Función de producción de Cobb - Douglas

$$X = \alpha L^{\alpha} K^{\beta} \quad (4.5.1)$$

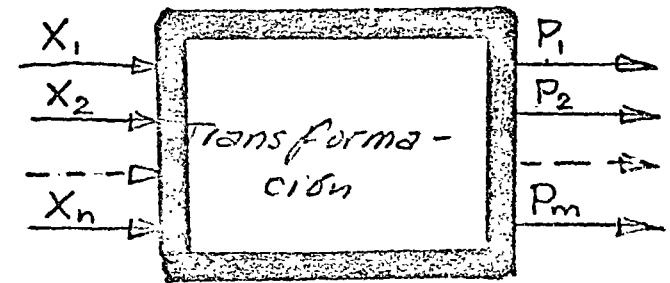
✓ 135  
142

En su forma más general la forma matemática de la función de producción es:

$$\begin{aligned} P_1(X_1, X_2 \dots X_n) &= f_1(X_1, X_2, \dots X_n) \\ P_2(X_1, X_2 \dots X_n) &= f_2(X_1, X_2, \dots X_n) \\ \dots & \\ P_m(X_1, X_2 \dots X_n) &= f_m(X_1, X_2 \dots X_n) \end{aligned} \quad (4.5.2)$$

4  
143

donde se supone que la unidad económica produce  $m$  productos diferentes en cantidades físicas  $P_1, P_2, \dots, P_m$  con la ayuda de  $n$  insumos diferentes que se consumen en cantidades físicas  $X_1, X_2, \dots, X_n$ . Simbólicamente puede representarse al proceso de transformación de  $n$  insumos en  $m$  productos, con el diagrama que aparece en la figura.



144  
158

Considerando a los insumos como componentes de un vector  $\underline{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix}$

y a los productos como componentes de otro vector  $\underline{P} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_m \end{bmatrix}$

la familia de funciones que representa el modelo matemático del proceso de transformación puede escribirse

Fig. 4.5.2 Transformación de  $n$  recursos  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$  en  $m$  productos  $(P_1, P_2, \dots, P_m)$

157  
148

150  
146

birse como:

dónde  $f$  representa una función vectorial cuyas componentes son las funciones  $f_1(\cdot)$ ,  $f_2(\cdot)$ , ...,  $f_m(\cdot)$ .

~~XX~~

Con objeto de poder ilustrar gráficamente diversos conceptos relacionados con las funciones de producción, se considerará que el sistema productivo tiene <sup>dos</sup> insumos ( $X_1$  y  $X_2$ ) y genera un solo producto, tal como se esquematiza en la figura 4.5.3

Se ha señalado que la función de producción representa el máximo número de unidades físicas de producto que pueden obtenerse con un conjunto dado de recursos, también cuantificados en unidades físicas. La figura <sup>4.5.4</sup> ilustra gráficamente este concepto, con relación a la función de producción de Cobb-Douglas. Al conjunto dado de recursos, de  $L_1$  unidades de trabajo:

88

117

$$P(X) = f(X) \quad (4.5.3)$$

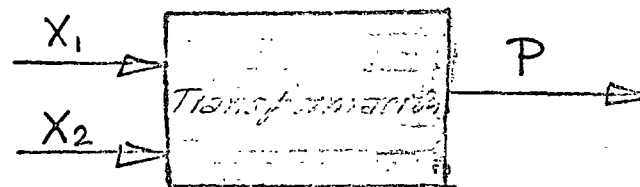


Fig. 4.5.3 Transformación de 2 insumos ( $X_1, X_2$ ) en un producto  $P$

148

149

(en número de hombres-horas) y  $Y_1$  unidades de bienes de capital,  $K_1$  (en número de máquinas) representado por el punto D, corresponde a un máximo posible P del producto, representado por el segmento  $\overline{BD}$ . Puede desde luego haber condiciones de producción subóptimas, por ejemplo, al conjunto de insumos  $(L_1, K_1)$  puede corresponder la producción  $\overline{CD}$ . Sin embargo, no es posible que con los recursos que representa el punto D, puedan generarse  $\overline{AD}$  unidades de producto.

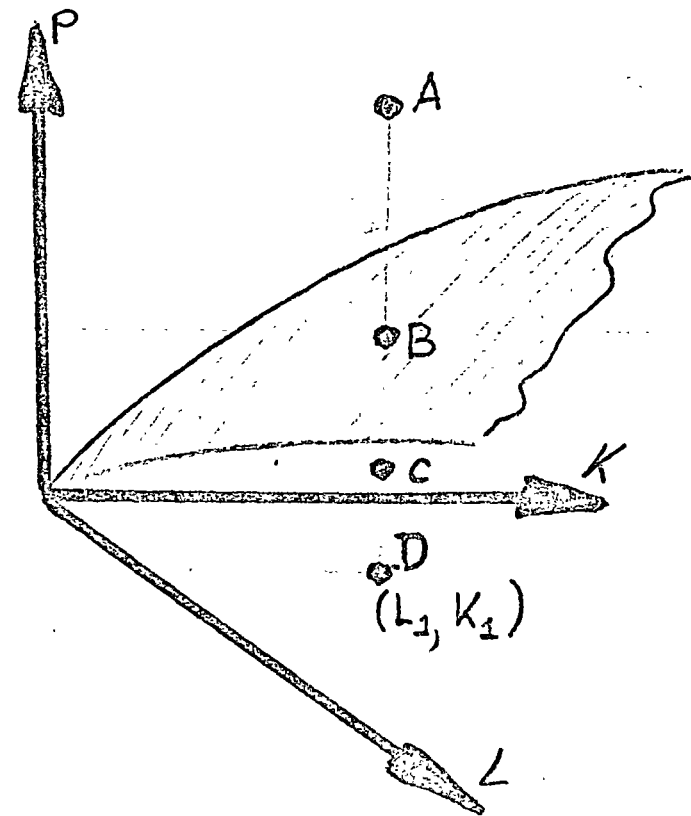


Fig. 4.5.4 Representación gráfica de la función de producción de Cobb-Douglas

No es necesario que la función de producción tenga forma matemática como aparece en las fórmulas dadas anteriormente, puede darse en una forma tabular por ejemplo:

A continuación se estudian las principales características de las funciones de producción.

Empleando un proceso productivo con un solo producto y varios insumos, que puede representarse matemáticamente mediante la relación:

$$P(X_1, X_2, \dots, X_n) = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$



Se llama curva de producción a la curva  $^*(P, X_i)$  si--

los insumos  $X_1^0, \dots, X_{i-1}^0, X_{i+1}^0, \dots, X_n^0$

son constantes, es decir, todos los insumos <sup>menos</sup> ~~vemos~~ el  $i$ ésimo son constantes. El proceso de transformación

$P = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  tiene las  $n$  curvas de --  
producción siguientes:

- 151
- $(P, X_1^0) ; (X_2^0, X_3^0, \dots, X_n^0) \text{ cst.}$
  - $(P, X_2^0) ; (X_1^0, X_3^0, \dots, X_n^0) \text{ cst.}$
  - $\dots$
  - $(P, X_n^0) ; (X_1^0, X_2^0, \dots, X_{n-1}^0) \text{ cst.}$

Con objeto de ilustrar gráficamente algunas pro

iedades de estas curvas de producción supongamos que el proceso tiene solo dos insumos. La forma de estas curvas <sup>es</sup> en la mostrada en la figura: 14.5/5/

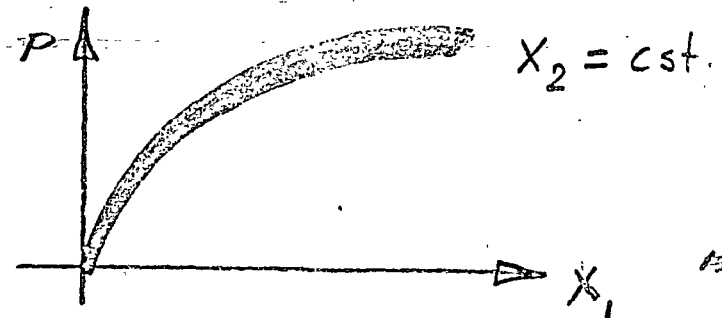


Fig. 4.5.5 Curva de producción

Cuando se combinan diversos recursos para obtener un producto, puede plantearse la siguiente pregunta: ¿En cuánto aumenta el producto P, si se aumenta el empleo de recurso ó insumo  $X_i$ , manteniendo constante el insumo de los recursos restantes? A este aumento de producto  $\frac{\Delta P}{\Delta X_i}$  por unidad de incremento  $\Delta X_i$  del i'simo insumo se le conoce con el nombre de producto marginal,  $PM_i$

$PM_i$ : Definido en términos de incrementos se tiene:

$$PM_i = \frac{\Delta P}{\Delta X_i}$$

o pasando a límites puede escribirse:

$$PM_i = \frac{\partial P}{\partial X_i} \quad (4.5.4)$$

De acuerdo con esta definición, el producto marginal correspondiente al i'simo insumo, es la pendiente de la curva de producción. La figura (4.5.6) ilustra este concepto para el 1er. insumo.

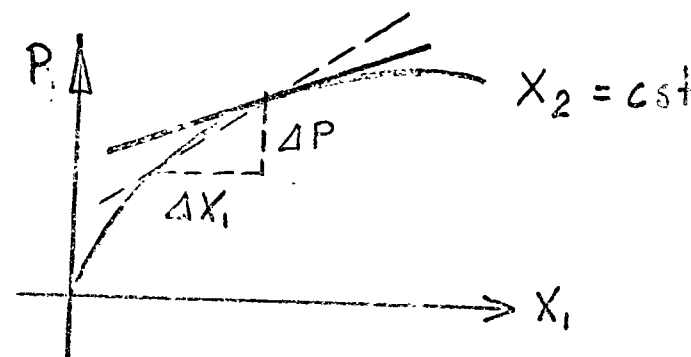


Fig. 4.5.6 Curva de producción y producto marginal.

153

154

Para explicar la variación del producto marginal considérese por el momento una fábrica, cuyo proceso productivo esta caracterizado por una función de producción de Cobb-Douglas. Si se mantiene constante el número de equipo  $K$  y se empieza a aumentar el número de horas trabajadas por los obreros, el producto irá en aumento: (Fig. 4.5.7)

Al principio este aumento es grande, pero irá disminuyendo debido a que para aumentar cada vez más el producto será necesario contratar personal menos calificado que rinde menos, o trabajar horas extras en las que el rendimiento disminuye por razones de fatiga. Llegará un momento donde la contratación de hombres-hora adicionales tendrá un efecto negativo sobre el producto, ya que una gran densidad de obreros no favorece precisamente la producción. El producto marginal del trabajo irá por lo tanto primero en aumento para disminuir posteriormente. Se ha observado que en todo proceso de transformación de recursos en productos se presenta esta variación del producto marginal.

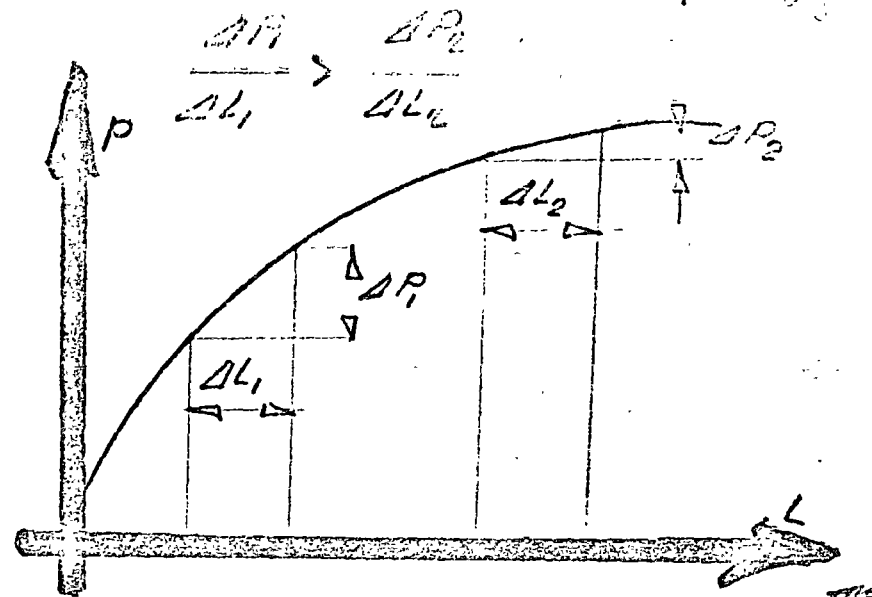


FIG. 4.5.7 Disminución del producto marginal.

155

Esta figura muestra que un aumento en  $\Delta L$  en la fuerza laboral a bajos niveles de empleo produce más aumento del producto que a altos niveles de empleo.

\* Esta ley de disminución en el producto marginal, garantiza que la función de producción limita a una zona convexa. Esta propiedad de la función de producción es muy importante, ya que garantiza que las funciones de costo e ingreso derivadas de ella, tienen un óptimo fácilmente identificable.

La convexidad de la región limitada por la función de producción es una precondición para poder aplicar algunas técnicas de optimización como son la programación lineal. Otras técnicas de optimización, como la programación dinámica puede emplearse para obtener el óptimo de funciones que no definen regiones convexas. Como la primer técnica de optimiza---

176  
\* Disminución en el producto  
marginal  
↓  
Funciones de producción  
convexas

ción es más eficiente en lo que respecta al uso de memoria y tiempo de computación, conviene, de ser posible, trabajar con funciones que limiten regiones  $A$  convexas.

Se dice que una región es convexa, cuando no es posible trazar una línea <sup>recta</sup> entre dos puntos de la superficie que limita la región, con puntos de la misma fuera de la región. En la figura 4.5.8 se muestra una región convexa. Cualquier línea, como la  $\overline{AB}$ , queda en su totalidad dentro de la región.

Mientras que la línea  $AB$  de la fig. 4.5.9 solo queda parcialmente en la región, por lo tanto esta no es convexa.

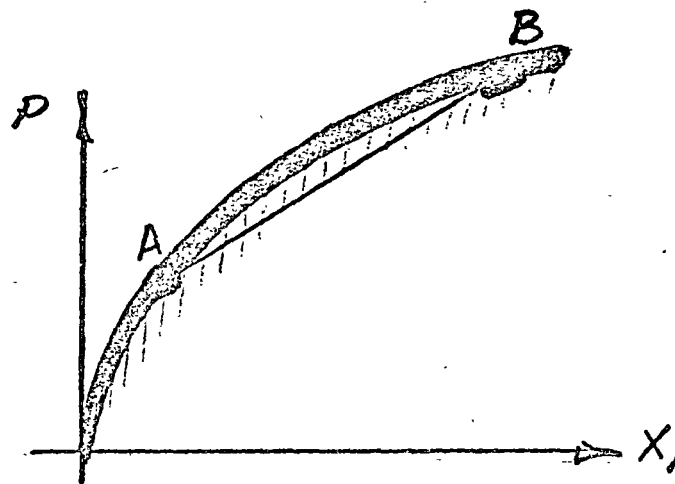


Fig. 4.5.8 Región convexa

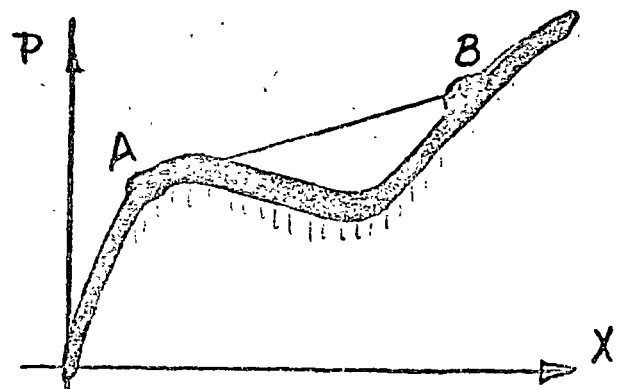


Fig. 4.5.9 Región no convexa

Al diseñar un sistema no se tiene en general una solución óptima en base a consideraciones técnicas exclusivamente. Es decir, puede suceder que varios diseños sean igual de satisfactorios desde el punto de vista técnico exclusivamente. El diseño óptimo se obtiene si se combinan las consideraciones técnicas implicadas en la mecánica del proceso de transformación y en la función de producción con las consideraciones de valor implícitas en las funciones de costo e ingreso.

Para un nivel determinado de producción, existen, como señala la función de producción, diversas combinaciones de insumos, que representan soluciones técnicamente igual de eficientes. En la figura 4.5.10 cualquier combinación de los insumos, fuerza laboral  $L$  y bienes de capital  $K$ , situada sobre la curva  $D'$ ,  $D$ ,  $D''$  en el plano  $(L, K)$ , produce exactamente el mismo producto  $Z$ . Recibe el nombre de Isoquanta el lugar-

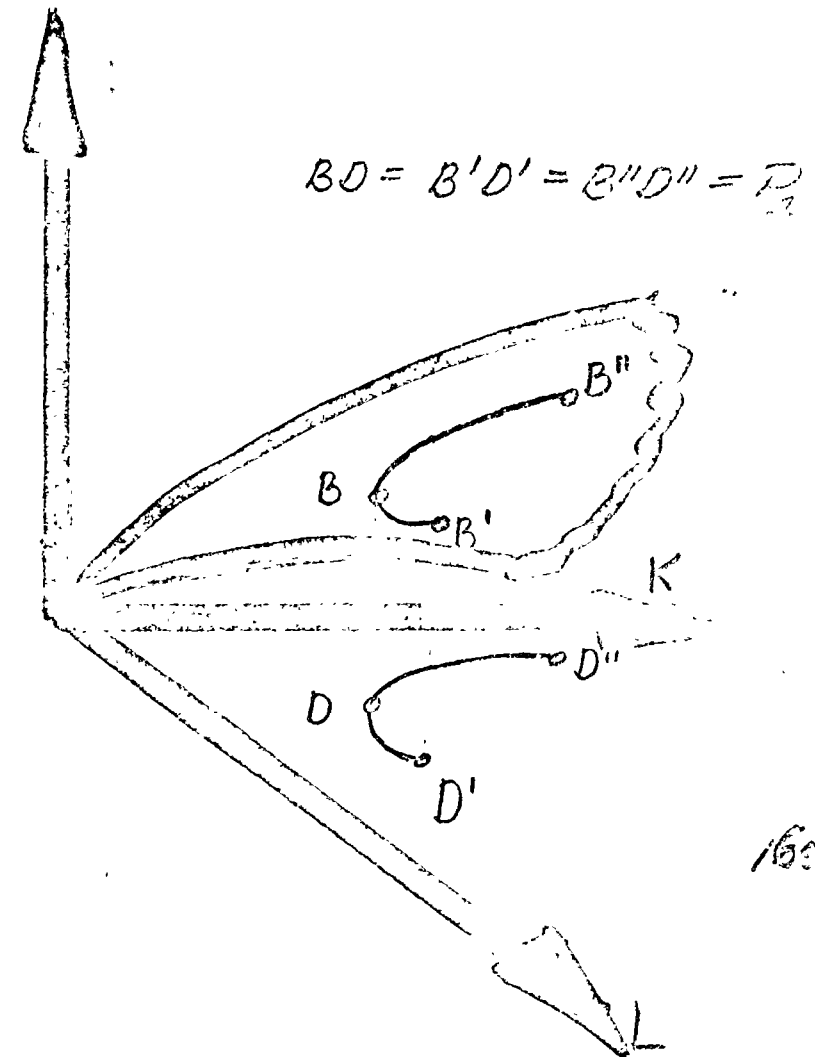


Fig. 4.5.10 Ilustración del concepto de isoquanta

geométrico de todas las posibles combinaciones de insumos para un nivel determinado de producto. En la figura 4.5.10, la curva B', B, B", es la isocuantas que corresponde al nivel de producción  $P_1$ . Todas las combinaciones de insumos correspondientes a un nivel dado de producción, o sea, a una isocuantas son técnicamente igualmente eficientes. Obsérvese que para mantener constante el producto, al disminuir un insumo, deben aumentar otros. Debido a esta propiedad la proyección de cualquier isocuantas sobre el plano de insumos-recursos es una curva cóncava como la mostrada en la figura 4.5.11. La curva en esta figura nos señala que al disminuir el insumo, mano de obra, en  $\Delta L$ , el otro insumo, bien de capital, tiene que aumentar en  $\Delta K$ , para mantener constante el producto. Podemos decir que desde el punto de vista de la producción,  $\Delta L$  unidades de fuerza laboral, son sustituibles por  $\Delta K$  unidades de bienes de capital.

Localizando los ejes de los dos insumos a un-

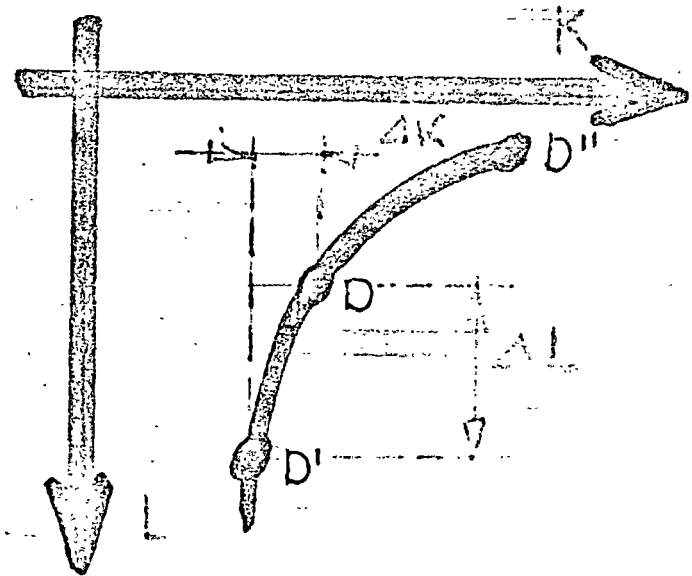


Fig. 4.5.11 Proyección sobre el plano de recursos de una isoquanta

proceso en la dirección usual, las isoquantas son curvas de la forma mostrada en la figura 4.5.12. Si se incrementan todos los insumos dentro de los rangos de operación normales de una transformación, el producto aumenta, tal como lo muestra la figura 4.5.12

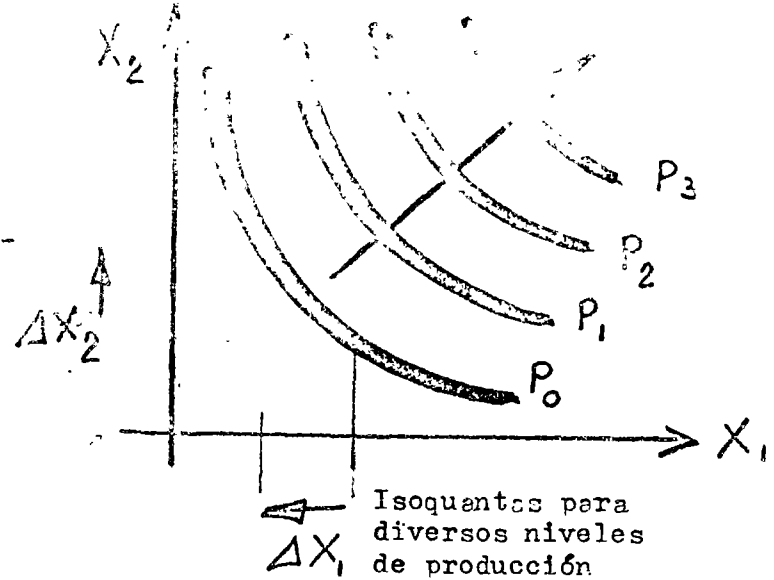


Fig. 4.5.12 Isoquantas para diversos niveles de producción

162

Haciendo referencia a la isoquanta que se muestra en la figura, se observa que si el insumo  $X_1$  disminuye <sup>en</sup>  $\Delta X_1$ , el insumo  $X_2$  debe aumentar  $\Delta X_2$  si se desea mantener constante el producto.

La posibilidad de sustituir  $\Delta X_1$  <sup>[unidades]</sup> del insumo  $X_1$  por  $\Delta X_2$  unidades del insumo  $X_2$  puede también visualizarse con ayuda de los diagramas de bloque, tal como se muestra en la figura 4.5.13.

Para estudiar analíticamente el problema de sustitución de un insumo por otro, se introduce el

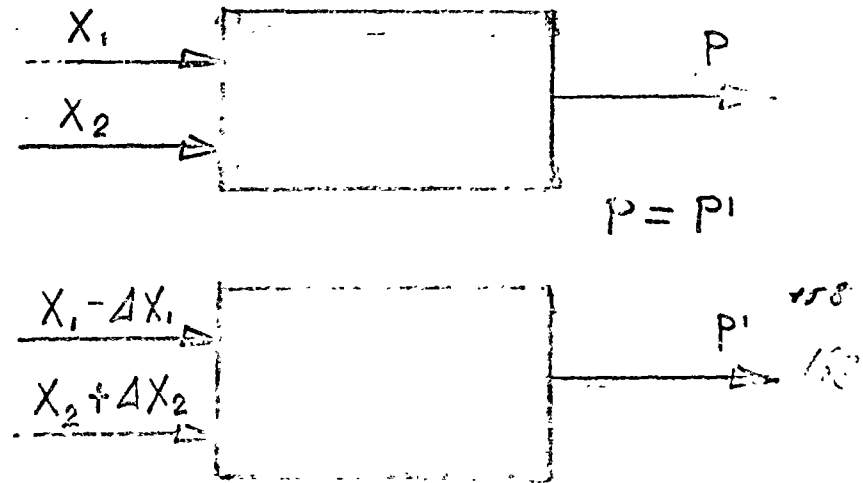


Fig. 4.5.13 Sustitución de un insumo por otro



\* concepto: relación técnica de sustitución. Recuérdese del cálculo, que el incremento  $\Delta P$  o la diferencial  $dP$  de una función de varias variables  $X_1, X_2, \dots, X_n$ ,  ~~$X_1, X_2, \dots, X_n$~~ , esta dado por la relación:

$$dP = \frac{\partial f}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial f}{\partial X_2} dX_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial X_n} dX_n$$

Supóngase que se desea determinar la sustitución del recurso  $X_i$  por el insumo  $X_j$ . En la última relación - <sup>alterar</sup> es necesario tomar  $dP = 0$ , ya que no se desea <sup>alterar</sup> la magnitud del producto. Además las variaciones de los insumos deben ser nulas, <sup>exceptuando</sup> las de los insumos  $i$  y  $j$ . Es decir  $dX_k = 0$  para  $k \neq i$  y  $k \neq j$ .

Considerando nulos los incrementos del producto y de todos los insumos, menos del  $i$ 'simo y  $j$ 'simo - se tiene:

$$\frac{\partial f}{\partial X_i} dX_i + \frac{\partial f}{\partial X_j} dX_j = 0$$

\* Relación técnica de sustitución

Se ha indicado anteriormente que la parcial  $\frac{\partial f}{\partial X_i}$  es el producto marginal  $PM_i$ , del insumo  $i$ 'simo.   
 Empléando el concepto de producto marginal de la última relación se obtiene:

$$\frac{d X_i}{d X_j} = - \frac{PM_j}{PM_i} = RTS_{ij} \quad (4.5.5)$$

\* Este cociente se conoce con el nombre de relación técnica de sustitución  $RTS_{ij}$ , entre los insumos  $i$ 'simo y  $j$ 'simo. Físicamente representa la relación entre el número de unidades que debe aumentar (disminuir) el recurso  $i$  y el número de unidades que debe disminuir (aumentar) el  $j$ 'simo para mantener constante el producto. Como la relación marginal de sustitución es negativa, un recurso debe aumentar y el otro disminuir para que el producto se mantenga constante.

\* Relación técnica de sustitución  $RTS_{ij}$

En la sección 6.4 se empleará este concepto al tratar, dentro del capítulo de optimización, el análisis marginal. Antes de terminar con este capítulo sobre modelado en general y sobre las funciones de produc---

16/3

ción como un modelo matemático de una transformación, se introducirá un último concepto de gran importancia relacionado con las funciones de producción, los factores de escala.

Se ha señalado que las funciones de producción tienen un producto marginal que disminuye al aumentar el empleo de uno de los recursos. Otra propiedad importante de las funciones de producción es la relación que existe entre el incremento del producto ante incrementos proporcionales de todos los insumos.

El factor de escala describe la variación en el producto de un proceso, a incrementos proporcionales en todos los insumos. El diagrama de bloque de la figura 4.5.14 ilustra este concepto.

Mientras que el producto marginal analiza el incremento del producto si solamente aumenta uno de-

Foto 133

4.5.4 Factores de escala

109

1170

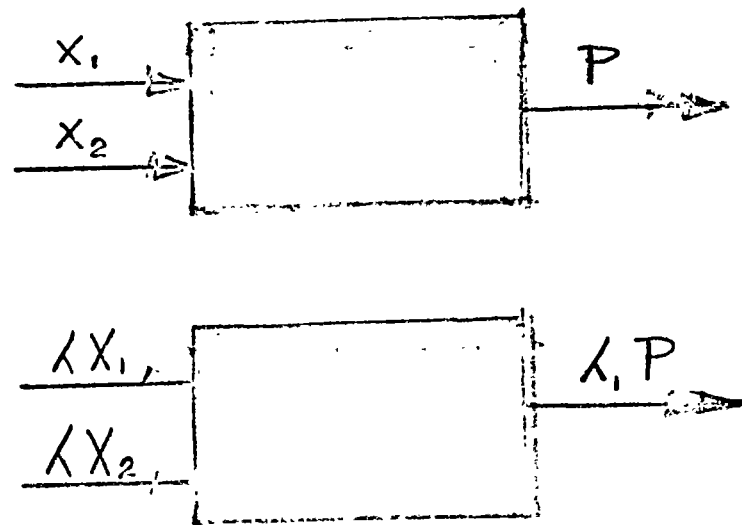


Fig. 4.5.14 Ilustración del concepto factor de escala

los insumos, el factor de escala estudia el cambio que sufre el producto si se aumentan en la misma proporción todos los insumos. Pueden presentarse tres casos:

a)\* Un aumento proporcional menor en el producto en comparación al aumento que sufren los insumos. En este caso se habla de factores de escala decrecientes. Se trata de una transformación que resulta cada vez menos eficiente

\* Factores de escala decrecientes

165  
171

b)\* El aumento proporcional que sufre el producto es igual al que sufren los insumos. El factor de escala es constante en este proceso

\* Factores de escala constantes.

172  
166

\*  
 c) Un incremento proporcionalmente mayor en el producto que en los insumos. Estos procesos se clasifican con transformaciones que tienen factores de escala crecientes.

\* Factores de escala crecientes

168  
 173

El incremento del producto correspondiente a un incremento  $\Delta$  en los insumos está dado por :

$$\Delta P = P[(1 + \Delta) X_1, (1 + \Delta) X_2, \dots, (1 + \Delta) X_n] - P(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Puede escribirse también la función de producción de la siguiente forma:

$$P = k \cdot f(\lambda X_1, \lambda X_2, \dots, \lambda X_n).$$

Donde  $k$  es una constante y  $\lambda$  un número real positivo cualquiera. Si el coeficiente  $k$  es menor que la <sup>unidad</sup> se tiene un proceso productivo con factor de escala <sup>decreciente</sup>; si es unitario, el factor de escala es constante y si es mayor que la <sup>unidad</sup>, el factor de

168  
 174

175  
 169

tor es creciente.

Algunos economistas argumentan que una función de producción tiene factor de escala creciente a bajos insumos, factor de escala constante a insumos intermedios, y factor de escala decreciente si los insumos son muy grandes.

Existe constancia empírica para apoyar este argumento.

Frecuentemente se menciona el concepto de economía de escala en relación a diversos procesos industriales. En este concepto, sin embargo, interviene el concepto de valor del insumo y del producto. Es decir, se señala que el costo del producto disminuye a medida que es mayor la producción. En este concepto interviene por lo tanto la idea del valor de los productos e insumos y por lo tanto es diferente del concepto de función de producción que es una relación entre unidades físicas de productos e insumos.

Se ha señalado que el factor costo se introducirá posteriormente en el capítulo 7.

En esta sección solamente se ha estudiado el problema de transformación de insumos en productos desde el punto de vista tecnológico, sin considerar el costo de insumos y productos. Este problema se estudia en la sección 6.4, sobre Análisis Marginal, dentro del capítulo de Optimización. La sección 4.5 sirve por lo tanto como enlace entre este capítulo 4 (sobre modelado) y el capítulo 6 (sobre optimización).

Antes de terminar con este capítulo un ejemplo servirá para ilustrar estos conceptos.

#### 4.5 Ejemplo:

175  
-170

La función de producción de un proceso está dada por:

$$P = X_1 X_2 - 0.7 X_1^2 - 0.3 X_2^2$$

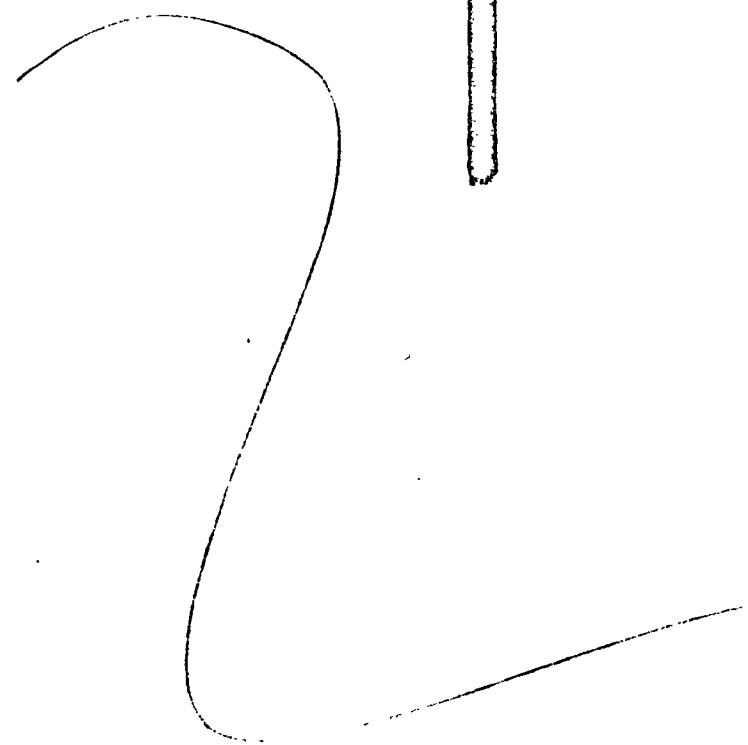
177

Determine:

a) Los productos marginales de los insumos

$X_1$  y  $X_2$

b) La relación técnica de sustitución.





Solución:

a) La eficiencia marginal del i'simo insumo es  
tá dadapor:

$$PM_i = \frac{\partial P}{\partial X_i}$$

Para el proceso de transformación propuesto las  
dos eficiencias marginales son:

$$PM_1 = \frac{\partial P}{\partial X_1} = X_2 - 1.4 X_1$$

$$PM_2 = \frac{\partial P}{\partial X_2} = X_1 - 0.6 X_2$$

b) La relación técnica de sustitución está dada  
por:

$$RTS_{12} = \frac{dX_1}{dX_2} = -\frac{PM_2}{PM_1} = -\frac{X_1 - 0.6 X_2}{X_2 - 1.4 X_1}$$

178

180

181

182

183

b) La adición de una nueva línea a un sistema de transporte colectivo.

c) La instalación de una fábrica.

5) Determine cuales variables son endógenas y cuales exógenas en una máquina de combustión interna.

6) Establezca un modelo formal (matemático) del péndulo de la figura 4.6.1

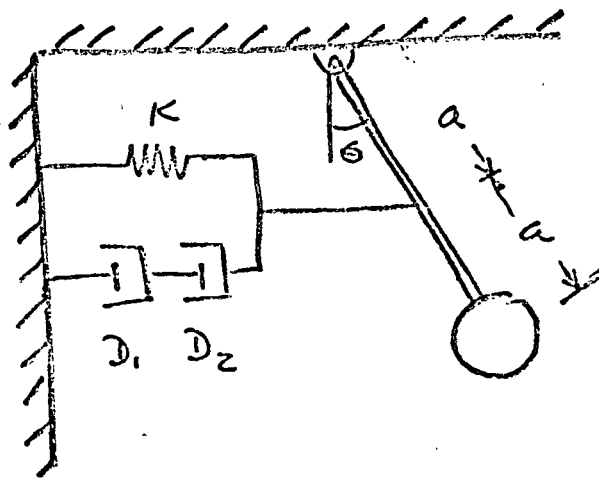


Fig. 4.6.1 Modelo físico para el problema 6

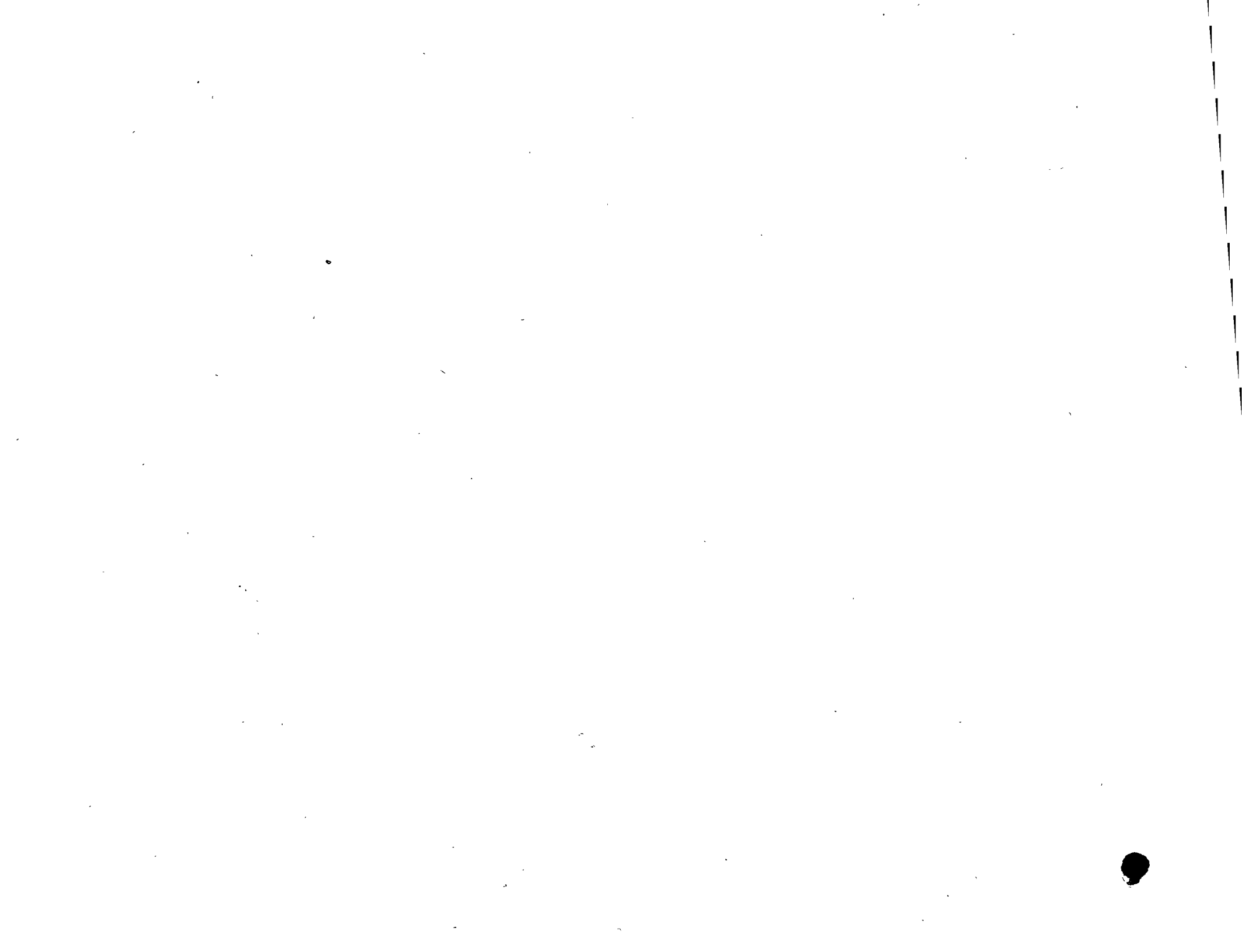
7) La función de producción de una transformación es del tipo Cobb-Douglas y está dada por:

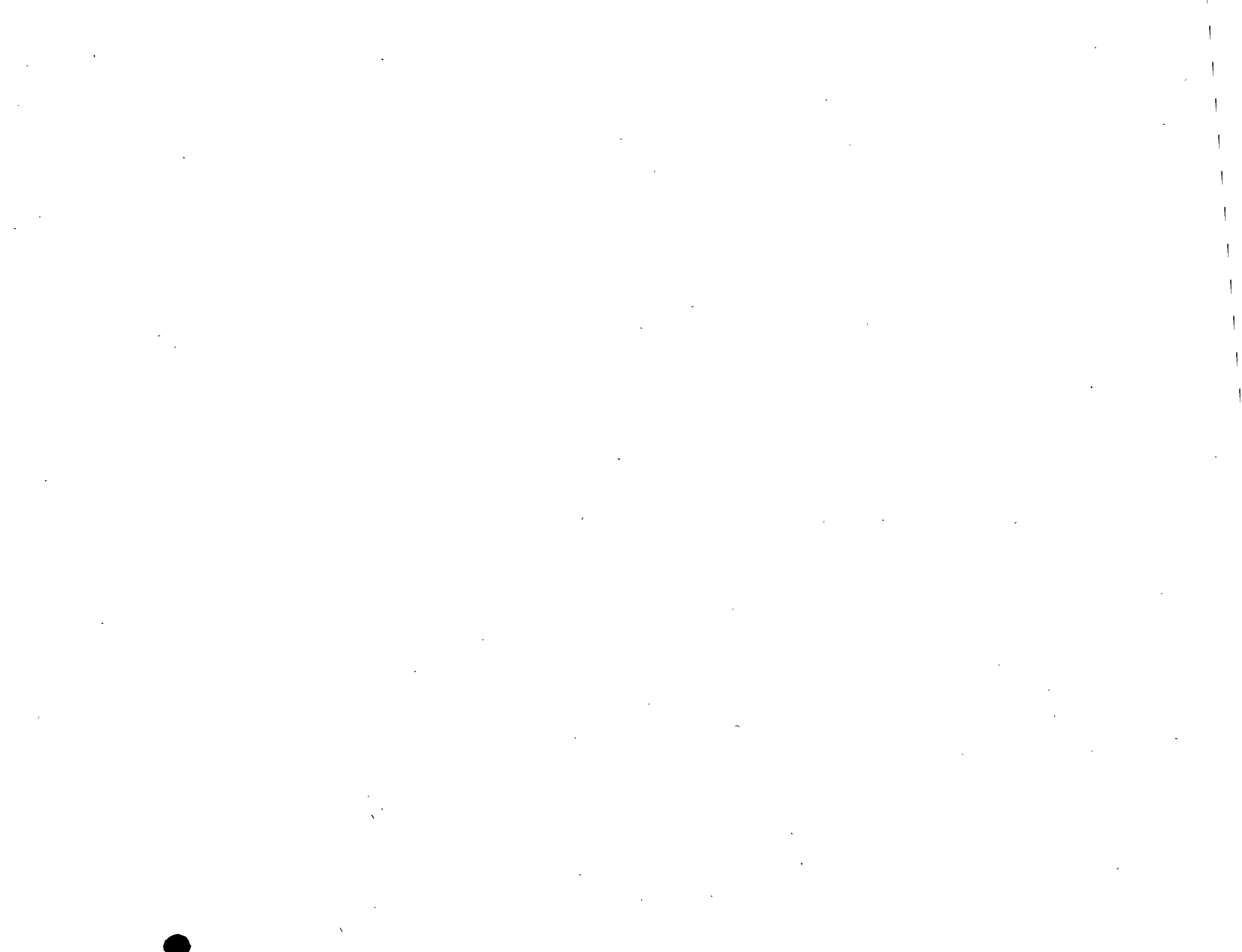
$$P = 2 L^{0.3} K^{0.7}$$

determine las eficiencias marginales de los insumos, la relación técnica de sustitución y el factor de escala del proceso.

#### 4.7 Bibliografía.

- 1.- M.A. Cárdenas, La Ingeniería de Sistemas,  
Limusa, México, D.F. 1974
- 2.- M.V. Evans, Macroeconomic Activity  
Harper and Row, New York, N.Y. 1969
- 3.- J.M. Henderson y R.E. Quandt Microeconomic  
Theory, Mc Graw-Hill, New York, N.Y. 1971
- 4.- G.A. Mihram The modeling process"  
IEEE Transactions on Systems, Man  
and Cybernetics, Vol SMC-2, No 5, (November 72)  
pp 621-629
- 5.- R. Neufville y J.H. Stafford, System Analysis  
for Engineers and Managers, Mc Graw-Hill, New York,  
N.Y. 1971
- 6.- J.G. Truxal, Introductory System Engineering  
Graw Hill, New York, N.Y. 1972.







centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

III S I M U L A C I O N .

PROF. DR. VICTOR GEREZ GREISER.

Abril, 1978.

5.- Simulación

5.1 Introducción

- 5.1.1 Modelado y simulación
- 5.1.2 Metodología de simulación.

5.2 Generación de Números Aleatorios

- 5.2.1 Métodos manuales
- 5.2.2 Tablas de números aleatorios
- 5.2.3 Métodos de computación analógica
- 5.2.4 Métodos de computación digital
- 5.2.5 Programa de generación de secuencias de números ~~alea~~ aleatorios

5.3 Generación de funciones de densidad de probabilidad

- 5.3.1 Definiciones
- 5.3.2 - Métodos Generales de transformación
- 5.3.3 Funciones Gaussianas
- 5.3.4 Funciones exponenciales

5.4 Método de Montecarlo

- 5.4.1 Ejemplo de Teoría de espera
- 5.4.2 Ejemplo de Sistema Dinámico

5.5 Lenguajes de simulación

- 5.5.1 Descripciones
- 5.5.2 Cuadro comparativo



000001

5.6 Problemas

5.7 Bibliografía

5.1	Introducción	4	000003
5.1.1	Modelado y Simulación	5	

En la sección 1.2 se señaló que el enfoque de sistemas permite resolver los diversos pasos relacionados con las diferentes fases temporales de la vida de un sistema, desde los inicios de su gestación hasta su absolesencia, de una manera sistemática siguiendo una secuencia lógica. Entre estos pasos de análisis el de modelado y síntesis de sistemas son de gran importancia.

Durante el paso de Modelado los resultados obtenidos en los pasos anteriores de definición del problema, medición del sistema y análisis de datos se integran para -- construir un modelo, que representa para los fines del analista, los aspectos relevantes del sistema para la fase en estudio. \* Se ha señalado que el modelo de un sistema no -- es único inicio, cambia de acuerdo con la fase en que se encuentra el análisis. Los modelos para analizar la construcción de un sistema hidroeléctrico son diferentes a los que se -- emplean para estudiar su operación.

\* El modelo depende del sistema y la fase del análisis

\*Los aspectos más importantes del modelado de sistemas se estudiaron en el capítulo anterior. Recuérdese - que la <sup>utilidad</sup> realidad de un modelo para el analista consiste en la capacidad del modelo para representar el funcionamiento del sistema bajo las condiciones las operaciones que se esperan en la realidad. \*El modelo tipo réplica de una presa (Fig.4.3.9) se emplea para determinar el valor que tendrían ciertas variables de interés, como los esfuerzos por ejemplo, en el prototipo de una presa, todavía no construído, si se le somete a las condiciones de operación que se espera encuentre el prototipo, como son fuerzas estáticas y dinámicas principalmente de naturaleza sísmica.

\*Un modelo formal, como el modelo econométrico, se emplea para producir que va a suceder con determinadas variables económicas, en el futuro y bajo condiciones económicas externas al sistema diferente a las que se han presentado hasta la fecha.

\*Estos dos ejemplos, sirven para ilustrar que un modelo se usa fundamentalmente para predecir el futuro, el

00000  
\* Modelos - capítulo 4

\* El modelo de una presa debe predecir los esfuerzos en el prototipo.

\*Un modelo econométrico debe predecir la situación económica.

\* Los modelos se emplean para predecir el futuro.

comportamiento de una presa todavía no construída ó el de la economía bajo condiciones que no se han encontrado hasta el momento.

\*En cualquiera de estos casos es necesario someter - el modelo a acciones exteriores, es decir hay que variar el valor de las variables exógenas del modelo. Esta simulación de los cambios de las variables exógenas, constituye el tema de este capítulo. \*Puede decirse que la simulación es la -- operación del modelo, que se realizó con el fin de obtener -- información sobre el comportamiento del sistema, bajo las -- condiciones exteriores que se espera encuentre el prototipo.

Así por ejemplo el modelo de la presa, debe someterse con ayuda de una <sup>S</sup>meja vibradora a diferentes aceleraciones. Estas aceleraciones deben producir <sup>en</sup> el modelo esfuerzos que deben estar relacionados (con un factor de escala) con los esfuerzos que en el prototipo producen los movimientos sísmicos. El movimiento de la <sup>masa</sup> presa vibradora simula el movimiento sísmico de la presa.

44  
\*El modelo tiene que ser sometido a diferentes - condiciones exteriores (variables exógenas).

\*

5.1.2 Metodología de simulación.

\*Las acciones exteriores o variables exógenas a que está sometido un sistema, que deben de simularse en la operación del modelo, en general no se conocen como funciones del tiempo. Solamente se conocen ciertas propiedades estadísticas de esas acciones.

\*Solo se conocen las propiedades estadísticas de las variables exógenas o acciones exteriores.

Al analizar un sistema de servicio, por ejemplo como la atención de clientes en un banco sección 1.3.8, se desconoce la cantidad exacta de clientes que tienen que atenderse por hora. \*Solamente se sabe que esta cantidad es una variable aleatoria con cierta función de densidad de probabilidad caracterizada por su media y variancia. Estos sistemas se conocen con el nombre de estocásticos.

\*Las variables exógenas son aleatorias. 15 Solo se conoce su función de densidad de probabilidad. Estos sistemas son estocásticos.

Para estudiar problemas de este tipo es necesario someter al modelo a diferentes acciones, que deben tomar valores aleatorios que deben tener la función de densidad de probabilidad deseadas.

000000

\*Probablemente la mayoría de estos estudios de simulación se realizan con ayuda de una computadora digital. Debe programarse para una calculadora de este tipo tanto el modelo como las acciones a las que se va a someter.

\*La programación de estas acciones aleatorias es el tema central de este capítulo. Las secciones 5.2, 5.3 y 5.4 cubren los temas de generación de números aleatorios, generación de funciones de densidad y métodos de Monte Carlo. En esta metodología se basa la simulación de sistemas estocásticos.

Además se incluye en este capítulo una sección donde se describen las principales aplicaciones de los lenguajes de simulación más importantes.

\*El ejemplo 5.4.1 de atención a clientes en una gasolinera ilustra la aplicación de la metodología de simulación al estudio de un sistema de servicio, específicamente se resuelve el problema de determinación

\*Debe programarse el modelo y las acciones en una computadora digital.

\*¿Cómo generar las v.a. de un sistema estocástico?

\*Atención de clientes en una gasolinera.

17

18

0000

del número de lugares de servicio (bombas). Este número debe ser tal el número de clientes que están insatisfechos con el servicio, es decir que tengan que esperar más de cierto número de minutos para ser atendidos, sea menor de un cierto porcentaje.

Este problema ilustra claramente la naturaleza estocástica de estos problemas. \*Tanto el número de clientes que llega a la estación de servicio como el tiempo en que se atiende a un cliente son variables aleatorias. De estas variables se conocen ciertos parámetros estadísticos como la media y variancia por ejemplo y su función de densidad de probabilidad. Las técnicas de simulación analizan estos sistemas sometiendo a su modelo a muchos posibles valores del número de clientes que llegan por hora y posibles tiempos de atención en los sitios de servicio. Esta simulación se repite para diversos números de sitios de servicio. El estudio permite determinar en cada caso el % de personas que hayan tenido que esperar más de lo deseado y en esta información se basa la

\*El número de clientes que llegan y el tiempo de atención por cliente son v.a.

19

la selección del número de bombas.

En resumen puede decirse que la simulación consiste en operar el modelo de sistema durante un determinado tiempo empleando con frecuencia la computadora digital en forma análoga a como operaría el prototipo.

Esta introducción además ha mostrado la importancia que tiene la probabilidad y estadística en la simulación. \*Se recomienda que el lector antes de continuar lea el apéndice B donde se introducen los conceptos de probabilidad y estadística que se requieren para entender el presente capítulo.

\*Estudie primero el apéndice B.



5.2 Generación de números aleatorios

Como se mencionó en la sección 5.1, en los procesos de simulación se utilizan frecuentemente números aleatorios. Estos números o valores de variables aleatorias \*\* con distintas funciones de densidad de probabilidad, representan: entradas, parámetros, variables etc. de los sistemas que se van a simular. En esta sección se estudian las formas de obtener dichas variables aleatorias.

\*La manera más sencilla, y la primera en que se piensa cuando se trata de generar números aleatorios, es mediante el empleo de algún dispositivo mecánico (por ejemplo, un dado o una moneda).

---

\*\*Ver apéndice B, sección B.1.6

5.2.1 Métodos manuales.

- \*Dados
- monedas
- barajas

\*Supóngase que se desea simular el número de kilogramos que llevan en la maleta los pasajeros de un avión. Por experiencias anteriores se conoce que cada pasajero lleva en su maleta un peso entre 1 y 52 Kg. se sabe que es igualmente probable que el peso se encuentre en cualquier valor entre 1 y 52. Es decir que los pesos son una variable aleatoria uniformemente distribuida \*\*entre 1 y 52; o sea que la probabilidad de que el peso sea 15 Kg., por ejemplo, es  $1/52$ .

\*Para proceder a la simulación se puede extraer una carta de un paquete bien barajado y decir que el peso corresponde al valor de dicha carta, de acuerdo con la tabla de equivalencias de la tabla 5.2.1

\*Peso de las maletas en el avión: 24

1a 52 Kg. uniformemente distribuidos.

\*Relacione las barajas con los pesos de las maletas, simulelos extrayendo barajas 5

Diamantes	Corazones	Espadas	Tréboles
1 - 1	1 - 14	1 - 27	1 - 40
2 - 2	2 - 15	2 - 28	2 - 41
3 - 3	3 - 16	3 - 29	3 - 42
4 - 4	4 - 17	4 - 30	4 - 43
5 - 5	5 - 18	5 - 31	5 - 44
6 - 6	6 - 19	6 - 32	6 - 45
7 - 7	7 - 20	7 - 33	7 - 46
8 - 8	8 - 21	8 - 34	8 - 47
9 - 9	9 - 22	9 - 35	9 - 48
10 - 10	10 - 23	10 - 36	10 - 49
J - 11	J - 24	J - 37	J - 50
Q - 12	Q - 25	Q - 38	Q - 51
K - 13	K - 26	K - 39	K - 52

Tabla 5.2.1 Equivalencia <sup>a</sup> Córta-Números.

26

Otros dispositivos usados comunmente para generar números aleatorios por métodos manuales son: los dados, las monedas y combinaciones de estas, o sea conjuntos de dados y de monedas. Existen también dados especiales con 10 caras para generar directamente números decimales.

Los métodos manuales de generación de números aleatorios, tienen la ventaja de ser fácilmente comprendidos en forma intuitiva y generan números aleatorios y secuencias de estos de buena <sup>calidad</sup> ~~cantidad~~ \* Sin embargo, son sumamente lentos y laboriosos y no pueden repetirse secuencias de números en caso de que se necesiten.

\* Los métodos mecánicos no permiten obtener dos veces la misma secuencia de números aleatorios

→ 21

5.2.2 Tablas de números aleatorios. 9

Existe un gran número de publicaciones de tablas de números aleatorios, entre <sup>a</sup> los más famosos <sup>a</sup> se cuenta la citada en la referencia <sup>5</sup> 1.

Casi todos los libros de probabilidad cuentan con estas tablas.

\* En general, siempre que se utilizan computadoras digitales para la realización de simulaciones, no es conveniente utilizar tablas de números aleatorios

\* Las tablas de números aleatorios  
 gran  
 menor

se requiere para almacenarlos

ya que necesitan una gran capacidad de memoria. Los métodos de generación que se presentan más adelante son casi tan rápidos como las tablas y prácticamente no utilizan memoria.

Para ciertas aplicaciones se incluye en la tabla 5.2.2 una serie de números aleatorios. Esta tabla consiste en 250 números, uniformemente distribuidos y con 3 cifras significativas.

\* El utilizar tablas de números aleatorios permite repetir una secuencia aleatoria tantas veces como sea necesario.

\* Estos métodos son, en esencia, similares a los métodos manuales. Por lo tanto, tienen como estos la desventaja de que no se pueden reproducir secuencias cuando es necesario.

\* El uso de tablas permite repetir secuencias

### 5.2.3 Métodos de computación analógica

\* No se pueden reproducir secuencias

00001

TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS

0.354	0.761	0.008	0.892	0.317	0.420	0.751	0.332	0.926	0.490
0.417	0.926	0.534	0.012	0.809	0.389	0.063	0.263	0.120	0.498
0.742	0.820	0.166	0.177	0.069	0.297	0.354	0.488	0.380	0.603
0.277	0.911	0.177	0.783	0.274	0.817	0.571	0.290	0.850	0.083
0.330	0.616	0.652	0.765	0.555	0.065	0.342	0.422	0.747	0.314
0.241	0.566	0.294	0.645	0.395	0.379	0.911	0.406	0.420	0.973
0.125	0.870	0.966	0.457	0.113	0.639	0.472	0.477	0.463	0.899
0.426	0.232	0.202	0.678	0.230	0.696	0.232	0.257	0.386	0.373
0.683	0.507	0.652	0.998	0.034	0.757	0.520	0.504	0.791	0.234
0.331	0.932	0.418	0.744	0.145	0.234	0.694	0.515	0.467	0.555
0.176	0.602	0.836	0.175	0.461	0.258	0.308	0.235	0.019	0.991
0.827	0.290	0.933	0.875	0.583	0.987	0.551	0.761	0.470	0.377
0.144	0.729	0.930	0.955	0.924	0.995	0.524	0.051	0.027	0.006
0.854	0.081	0.056	0.134	0.525	0.009	0.646	0.710	0.210	0.568
0.813	0.641	0.015	0.952	0.104	0.983	0.744	0.199	0.042	0.156
0.897	0.951	0.546	0.454	0.691	0.098	0.848	0.590	0.662	0.814
0.425	0.822	0.966	0.002	0.998	0.114	0.789	0.871	0.050	0.308
0.942	0.636	0.850	0.508	0.035	0.698	0.981	0.612	0.346	0.259
0.700	0.796	0.935	0.628	0.849	0.811	0.280	0.955	0.927	0.649
0.235	0.352	0.057	0.492	0.895	0.763	0.838	0.492	0.544	0.264
0.878	0.746	0.708	0.210	0.590	0.771	0.955	0.254	0.172	0.465
0.113	0.328	0.102	0.337	0.970	0.595	0.328	0.230	0.060	0.742
0.319	0.399	0.292	0.245	0.562	0.065	0.502	0.889	0.744	0.995
0.089	0.390	0.358	0.744	0.426	0.966	0.612	0.438	0.147	0.561
0.750	0.863	0.301	0.686	0.605	0.691	0.405	0.149	0.816	0.378

Tabla B.2.2 Tabla de Numeros Aleatorios

\* Uno de los métodos utilizados para generar números con una computadora analógica, consiste en integrar un ruido (como la estática del radio) durante un cierto período de tiempo y considerar el valor de la integral como número aleatorio.

Las tablas mencionadas en la referencia <sup>5</sup> fueron generadas utilizando métodos de computación analógica.

\* Estos métodos son los más comúnmente utilizados en la simulación. En particular se verán aquellos métodos de computación digital en <sup>o</sup> los que las secuencias de números se generan mediante relaciones de recurrencia.

\* Una relación de recurrencia es aquella que permite obtener cualquier número de una sucesión a partir del número anterior.

000010  
\* Integrar ruido <sup>2x</sup>  
durante un cierto  
período. 35

#### 5.2.4 Métodos de computación digital. <sup>37</sup>

\* Los más utilizados <sup>38</sup>  
en problemas de  
simulación

\* Relación de Recurrencia <sup>39</sup>

Sea la sucesión

Para la sucesión anterior las relaciones de recurrencia son de la forma

Estos números también pueden ser generados de manera similar a la utilizada para generar números aleatorios en la computadora analógica y tienen, cuando se generan de esta manera, las mismas ventajas y desventajas.

Como se dijo, los métodos más comunes para generar números aleatorios en una computadora digital son métodos recurrentes, entre estos, los más conocidos y \*exitosos son los métodos congruenciales, que son los que se estudian a continuación.

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

40 (5.2.1)

$$x_i = F(x_{i-1})$$

41 (5.2.2)

\*Métodos Congruenciales.

42 34



METODO CONGRUENCIAL LINEAL PAPA

LA GENERACION DE NUMEROS

ALEATORIOS

43

\* Primeramente se eligen cuatro números o parámetros de la función de recurrencia congruencial:

\* *Elija 4 parámetros. 3A*

- $x_0$  Valor inicial  $x_0 \geq 0$
- $a$  el multiplicador  $a \geq 0$
- $c$  el incremento  $c \geq 0$
- $m$  el módulo  $m > x_0$   
 $m > a$   
 $m > 0$

\* En función de estos parámetros la ecuación de recurrencia (5.2.2) puede escribirse:

\* *Ecuación de recurrencia 45*  
$$x_{n+1} = (ax_n + c) \bmod m \quad (5.2.2)$$

esta ecuación representa el algoritmo para generación congruencial lineal de números aleatorios.

En lenguaje ordinario la ecuación 5.2.3 significa que el  $n$ -ésimo número de la sucesión  $(x_{n+1})$  es igual al residuo que queda al dividir  $(ax_n+c)$  entre  $m$ .

\*Es necesario mencionar que en la ecuación (5.2.3) tanto el multiplicador  $(a)$ , el incremento  $(c)$ , el valor inicial  $(x_0)$ , el módulo  $(m)$  y todos los valores de la sucesión  $(x_i)$  son números enteros.

En problemas de simulación, los números aleatorios más utilizados son los uniformemente distribuidos entre 0 y 1. \*El algoritmo descrito por la ecuación (5.2.3) produce números  $x_n$  enteros entre 0 y un número entero  $m$  que en general es el máximo que se puede expresar con el número de cifras significativas que se estén utilizando

\*Todos los números en la ecuación (5.2.3) son enteros

\* (5.2.3) produce números aleatorios entre 0 y  $m$ .

000020

para los cálculos, así por ejemplo si se emplea el sistema decimal con tres cifras significativas, el máximo número entero que puede expresarse con ellos es 999. \*Si se establece la igualdad

\*Para obtener n.a. entre 0 y 1

use:

$$r_n = \frac{x_n}{m}$$

(5.2.4)

4/8

\*Los valores  $r_n$  estarán uniformemente distribuidos entre 0 y 1 que, como se dijo, es la distribución más frecuentemente usada en problemas de simulación.

Para aclarar más el funcionamiento del algoritmo de la ecuación 5.2.3 considérese el siguiente ejemplo

\*Si de manera arbitraria se elige

genere los números aleatorios  $x_0, x_1, \dots, x_n$  empleando la relación 5.2.3

\*El primer número de la secuencia ( $x_0$ ) es por lo tanto 3. \*Para obtener  $x_1$  se utiliza la ecuación (5.2.3)

0000  
\*Valores  $r_n$  está uniformemente distribuidos *entre 0 y 1*

Ejemplo 5.2.1

\*Genere n.a. si:

$$x_0 = 3$$

$$a = 7$$

$$c = 5$$

$$m = 10$$

Solución:

\*Empleando 5.2.3

$$x_1 = (a x_0 + c) \text{ mod } m$$

$$x_1 = (7 \cdot 3 + 5) \text{ mod } 10$$

$$x_1 = (21 + 5) \text{ mod } 10$$

$$x_1 = (26) \text{ mod } 10$$

$$x_1 = 6$$

De manera semejante se obtiene:

$$x_2 = (a x_0 + c) \text{ mod } m$$

$$x_2 = (7 \cdot 6 + 5) \text{ mod } 10$$

$$x_2 = (42 + 5) \text{ mod } 10$$

$$x_2 = (47) \text{ mod } 10$$

$$x_2 = 7$$

Procediendo de forma similar en los sucesivos pasos se obtienen todos los elementos de la sucesión, estos se muestran en la tabla 5.2.3

0000  
~~65~~

54

~~65~~

55

65  
10

000023

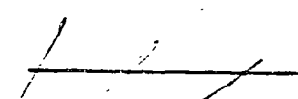
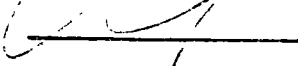
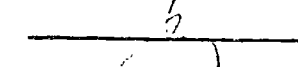
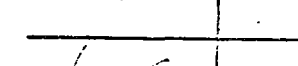
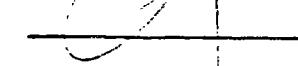

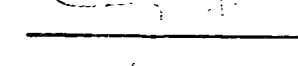
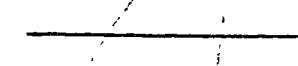
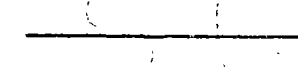
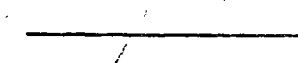
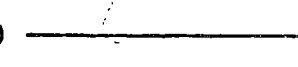
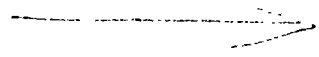
$x_0$		3	} un ciclo
$x_1$		6	
$x_2$		7	
$x_3$		4	
$x_4$		3	} un ciclo
$x_5$		6	
$x_6$		7	
$x_7$		4	} un ciclo
$x_8$		3	
$x_9$		6	
$x_{10}$		7	

Tabla 5.2.3

Ejemplo. de sucesión de números aleatorios.



En la tabla 5.2.3 se observa que los números se repiten cíclicamente, en este caso el período de repetición es 4 y que los números que se repiten son 3, 6, 7, 4.

\* Se puede demostrar que es una característica de los métodos congruenciales lineales que siempre producen secuencias cíclicas.

\* Cuanto mayor sea la longitud del período, mayor será la utilidad del método ya que se tendrá una mayor cantidad de números aleatorios antes de que ocurran las repeticiones. \* La longitud del período depende de los valores iniciales de los parámetros " $x_0$ ", "a", "c", y "m". A continuación se dan una serie de principios útiles en la elección los parámetros para lograr las máximas longitudes del período.

\* Para elegir el módulo (m) es conveniente utilizar la expresión.

$$m = p^e$$

57

\* Los métodos congruenciales lineales producen secuencias cíclicas

58

\* Son preferibles períodos largos

\* La longitud del período depende de  $x_0, a, c$  y  $m$

\* Para elección de "m"

(5. ...)

ionde:

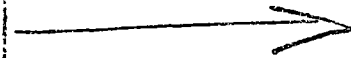
$p$ : es el número de símbolos diferentes empleado en el sistema de numeración que emplea la computadora en la que se está programando el método. Así por ejemplo en las computadoras binarias  $p$  es igual a 2, en las computadoras decimales  $p$  vale 10 y si se empleara un sistema hexadecimal  $p$  sería igual a 16.

$e$ : es el número de dígitos por palabra en la computadora. Tamaños usuales de  $e$  son 8, 10, 12 y 16 dígitos por palabra. Existen computadoras con longitud variable de palabra, en estos casos el valor de  $e$  queda a juicio del programador.

\* Usualmente se elige  $C = 0$ , es decir, se hace

que el incremento sea nulo; con esto la ecuación 5.2.3

queda



6000

600

605

\* Se suele emplear  $C = 0$  61



$$x_{n+1} = (a x_n) \text{ mod } m$$

5.2.6

Se ha observado que al hacer  $c = 0$  no se deteriora apreciablemente el método congruencial lineal de generación de secuencias de números aleatorios. Las secuencias siguen siendo de buena calidad y la velocidad de computación se acelera notablemente al reducirse el número de operaciones de cada iteración.

\* Puede demostrarse (ref. <sup>3</sup> y <sup>4</sup>) que en el caso de que se estén utilizando computadoras binarias, los mejores resultados se obtienen cuando se elige el multiplicador "a" de acuerdo con la fórmula de la ecuación (5.2.7)

$$a = 8t + 3$$

(5.2.7)

\* donde  $t$  es cualquier número entero positivo.

\*  $t$  numero entero y positivo

\* con computadores binarias seleccione "a" como sigue:

69

Sin embargo es conveniente que "a" sea de un or  
den de magnitud comparable con  $m_0$ . \* En particular

→ En caso de que se utilicen computadoras decima-  
les es conveniente que el multiplicador "a" se elija de  
acuerdo con la ecuación 5.2.8

$$a = 200 t + k$$

(5.2.8)

66 73

donde :

t es cualquier número entero positivo y k es  
cualquiera de los siguientes números 3, 11, 13, 19,  
21, 27, 29, 37, 53, 59, 61, 67, 69, 77, 83, 91.

Se refiere al lector interesado a las referen-  
cias <sup>3</sup> 7 y <sup>4</sup> 3 para mayor ahondamiento sobre estos temas.

\* Si la computadora es de <sup>42</sup>  
cimal elija "a" como  
sigue :

00000

\* Para la elección del valor inicial ( $x_0$ ) puede tomarse cualquier número entero impar. En el caso de las computadoras decimales este valor inicial debe ser, además de impar, no divisible entre 5.

\*  $x_0$  debe ser número impar

\* Si se siguen cuidadosamente los recomendaciones ~~métodos~~ anteriores para la elección de los parámetros del método congruencial lineal de generación de números aleatorios, este método produce secuencias de números con las siguientes características:

\* Características de los n.a.  
generados por congruencia lineal.  
69

a) Uniformemente distribuidas

b) Estadísticamente independientes

c) Reproducibles

d) Generadas con gran velocidad

e) Poco requerimiento de memoria.

Generadas con

110

71

5.2.5 Programa de generación de  
secuencias de números  
aleatorios

El método de generación de secuencias de números aleatorios descrito en la sección anterior se utilizó para elaborar un programa de computadora cuyo listado aparece en el apéndice A 8. Un diagrama de bloque de este programa se muestra en la figura 5.2.1

*emplear*  
 Para ~~usar~~ el programa del apéndice A8 ~~que co-~~  
~~de bloque~~ ~~especifica en la fig. 5.2.1~~  
~~responde a la fig. 5.2.1~~, solo es necesario propor-  
 cionar los valores de N, A y  $X_0$  según el formato co-  
 rrespondiente y tener presente el número de cifras  
 significativas que puede soportar la computadora que  
 se este utilizando, ~~para varias el módulo m.~~ Los re-  
 sultados obtenidos al emplear dicho programa se mues-  
 tran ~~a continuación~~ *en la tabla 5.2.4*

*cuyo diagrama*

fijar los valores de  
 $X_0, A, M.$   
 Hacer:  
 $X(1) = X_0;$   
 $N =$  cantidad de V.a. que  
 se desea generar

000030

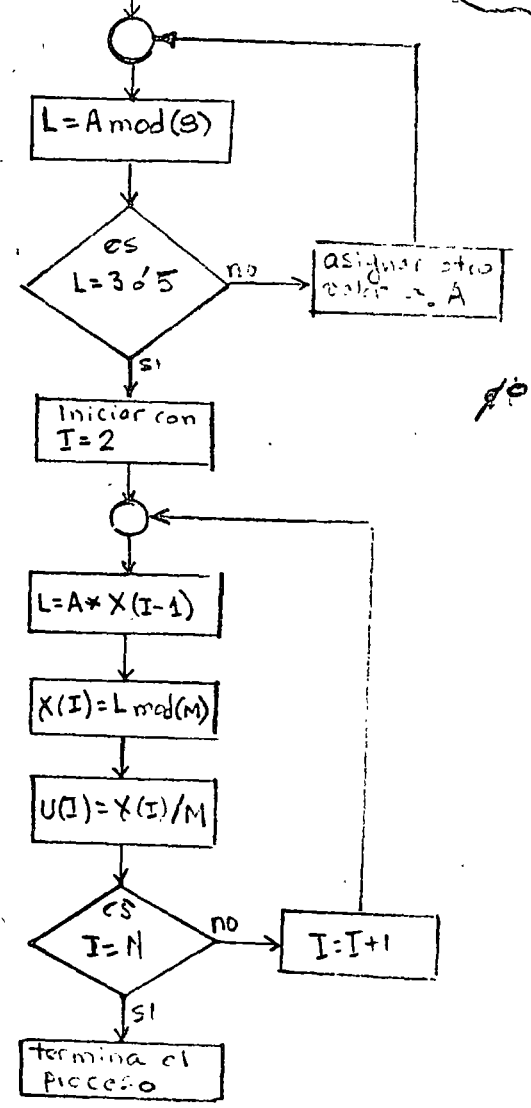


Fig. 5.2.1 Diagrama de bloque de un programa para generar secuencias de números aleatorios

Fig. 5.2.1

GENERACIÓN DE NÚMEROS ALEATORIOS POR EL MÉTODO

CONGRUENCIAL LINEAL, USANDO COMO PARÁMETROS

$X_0 = 13$

$A = 251$

000031

TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

X	R
32581	0.497147
51367	0.783798
48061	0.733353
4687	0.071518
62325	0.951004
46007	0.702011
13421	0.204788
26335	0.401840
56485	0.861893
21959	0.335068
6685	0.102005
39535	0.603256
27349	0.417313
48855	0.745468
7373	0.112503
15615	0.238266

74

Tabla 5.2.4  
Resultados del Programa

### 5.3 Generación de funciones de densidad de probabilidad.

76

En la sección anterior se vió la manera de generar secuencias de números aleatorios. Cada uno de estos números representa un valor de una variable aleatoria uniformemente distribuida entre 0 y 1. Como en los problemas de simulación frecuentemente se presenta la necesidad de trabajar con variables aleatorias de función de densidad de probabilidad diferente de la uniforme; se verá en esta sección la manera de obtener dichas variables. <sup>\*\*</sup> Primeramente se <sup>recuerdan</sup> algunos conceptos y definiciones importantes, a continuación se establece un método general para obtener variables aleatorias a partir de su función acumulativa de distribución y por último se <sup>estudian</sup> algunos métodos especiales para la generación de variables aleatorias con función de densidad de probabilidad frecuentemente utilizada como la normal y la exponencial.

*\*\* Los conceptos que se emplean en esta sección se estudian con mayor detalle en el apen-*

000000

5.3.1 Definiciones.

Considérese que existe un espacio de eventos o posibles valores de la variable aleatoria. <sup>\*\*\*</sup> Por ejemplo en el caso en el que la variable aleatoria puede tomar valores entre 0 y 1, el espacio de eventos en el conjunto de números reales tales que

$$0 \leq x \leq 1$$

(5.3.1)

\* En el caso en el que la variable aleatoria es el resultado obtenido al tirar un dado, el espacio de eventos es el conjunto de números enteros:

\* En los casos en que los eventos no sean numéricos siempre es posible efectuar un mapeo, o correspondencia uno a uno entre los eventos y un cierto conjunto de números reales que representarán la variable aleatoria.

\*\*\* Véase p. 2 de B, sección B.1.6

\* Espacio de eventos para una v.a. con valores de 0 a 1

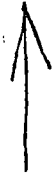
\* Espacio de eventos al tirar un dado: 1, 2, 3, 4, 5 y 6

\* Mapeo entre eventos y los números reales que representan a la v.a.



\*Por ejemplo si los eventos son la falla en un elemento de circuito o el funcionamiento correcto del mismo se puede establecer la relación dada en la tabla 5.3.1.

\*Eventos: Falla o funcionamiento de un circuito



Caso	Valor de la variable aleatoria
El elemento funciona .....	+ 1
El elemento no funciona .....	- 1

Tabla 5.3.1 Mapeo entre eventos y números

Volviendo al ejemplo del dado, una vez que se ha establecido una variable aleatoria es necesario asignar un valor de probabilidad a cada valor de la variable aleatoria o sea a cada evento

\*\*La probabilidad o medida de probabilidad  $p(x)$  tiene las propiedades que se estudian en la sección B.1.4

---

\*\*Ver apéndice B, en particular secciones B.1.2 y B.1.6

C.

Una vez conocidos los conceptos de medida de probabilidad  $p(x)$  y variable aleatoria  $X$  se puede proceder a definir la función acumulada de distribución de probabilidad ó función de distribución acumulada (f.d.a.)

\* Recuérdese que una función  $F(t)$  \*\*es una función acumulada de densidad de probabilidad si:

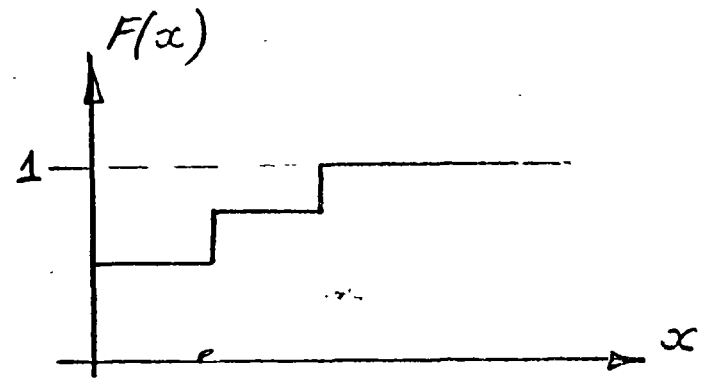
*\*F(t) función acumulada de densidad de probabilidad.*  
$$p(x_i \leq t) = F(t) \quad (B.2.3)$$

Expresada en palabras la ecuación 5.3.3 quiere decir el valor de la función acumulada de densidad de probabilidad  $F$  en un cierto punto  $t$  es igual a la probabilidad de que la variable aleatoria  $X$  tome un valor menor que  $t$ .

---

\*\*Ver apéndice B, secciones B.2.1 y B.2.2

Las figuras 5.3.1 y 5.3.2 muestran ejemplos de funciones acumuladas de densidad de probabilidad para el caso de variables discretas y continuas respectivamente.



84

Fig. 5.3.1 Ejemplo de función acumulada de densidad de probabilidad para el caso discreto.

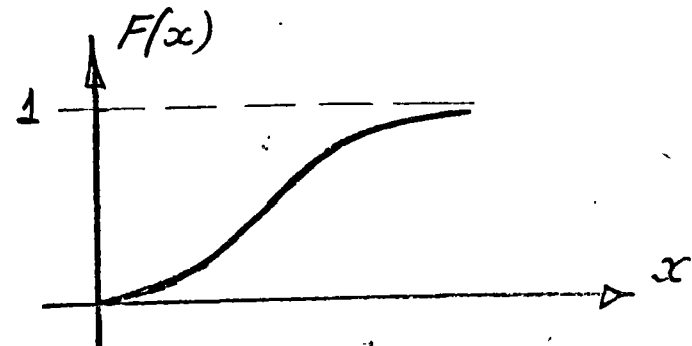


Fig. 5.3.2 Ejemplo de función acumulada de densidad de probabilidad para el caso continuo.

001007

\*La función de densidad de probabilidad f.d.p  $f(x)$  se puede definir para distribuciones contínuas como la derivada de la función acumulativa de densidad de probabilidad  $F(x)$ :\*\*

o alternativamente:

en donde  $\sigma$  es una variable muda que representa a la variable aleatoria en el proceso de integración.

\*En la sección 5.2 se vieron métodos para generar variables aleatorias uniformemente distribuidas entre 0 y 1. En lo que resta de este capítulo a dichas variables aleatorias se les representará por  $R$  y sus valores con  $r$

\*Función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \frac{d}{dx} F(x) \quad (5.3.2)$$

$$F(t) = \int_{-\infty}^t F(\sigma) d\sigma \quad (B.2.8)$$

51  
86

### 5.3.2 Métodos generales de transformación.

\*v.a. uniformemente distribuidas  $\rightarrow R$  de valor  $r$

87  
5c  
R  
88

\*\*Para definiciones alternativas vea ecuaciones (B.2.1) y (B.2.6)

La figura 5.3.3 muestra la función de densidad de probabilidad de una variable uniformemente distribuida  $R$ .

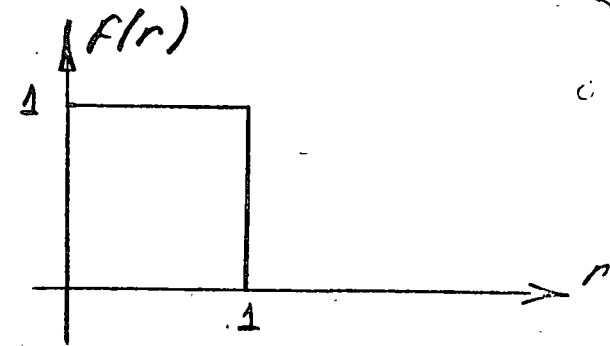


Fig. 5.3.3 Función de distribución de probabilidad uniformemente distribuida.

La función acumulativa de densidad de probabilidad correspondiente se muestra en la figura 5.3.4

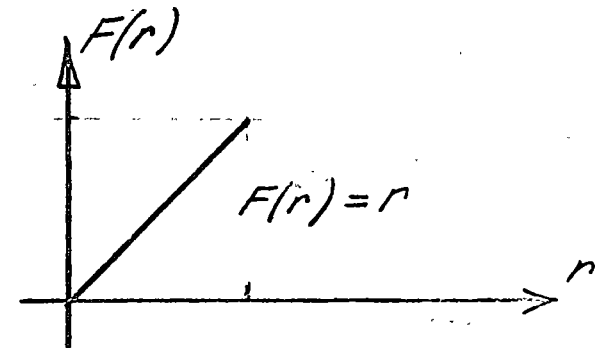


Fig. 5.3.4 Función acumulativa de densidad de probabilidad para variables uniformemente distribuidas.

000039

A continuación se verá un método para encontrar valores  $x$ , de variables aleatorias  $X$ , con cualquier función acumulativa de densidad probabilidad  $F(x)$ , a partir de variables aleatorias  $R$  con valores uniformemente distribuidos  $r$ .

Este problema se presenta frecuentemente cuando se desea simular la operación de un sistema. Así por ejemplo se sabe que el tiempo de atención  $t$  a clientes en una estación de servicio tiene una determinada función acumulativa de densidad de probabilidad  $F(t)$ . y para simular la operación del sistema es necesario encontrar diversos valores  $t$  de la variable aleatoria  $T$ , como se ilustra en el ejemplo 5.4.1

\*En la figura 5.3.4 se aprecia que para variables aleatorias uniformemente distribuidas:

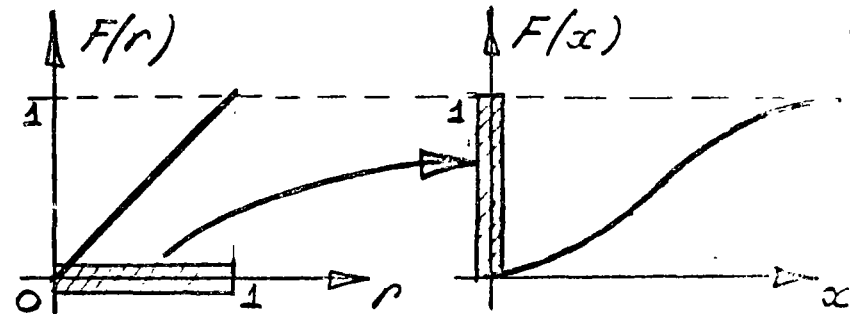
\*El método general de transformación de funciones de densidad de probabilidad se basa en el hecho de que tanto  $r$  como  $F(x)$  (para cualquier variable aleatoria  $x$ ) varían entre 0 y 1 por lo que se puede establecer una igualdad entre ambas cantidades.

De la ecuación (5.3.4) pueden obtenerse los valores de  $x$  correspondientes a  $r$ .

Utilizando la ecuación (B.2.8) puede expresarse (5.3.4) como

\*Para v.a. con distribución uniforme

$$F(r) = r \quad (5.3.3)$$



$$r = F(x) \quad (5.3.4)$$

$$r = F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du \quad (5.3.5)$$

Las ecuaciones (5.3.4) ó (5.3.5) proporcionan un método para obtener valores <sup>de</sup> variables aleatorias X con cualquier función acumulativa de densidad de probabilidad a partir de variables aleatorias uniformemente distribuidas r; siempre y cuando se conozca la función acumulativa de densidad de probabilidad de X.

Como la ecuación (5.3.4) puede ser difícil de resolver analíticamente se presenta un método gráfico de solución en la figura 5.3.5. En esta figura muestra además la curva de la función de densidad de probabilidad f(x), que es simplemente la derivada de la función acumulada de densidad de probabilidad F(x).

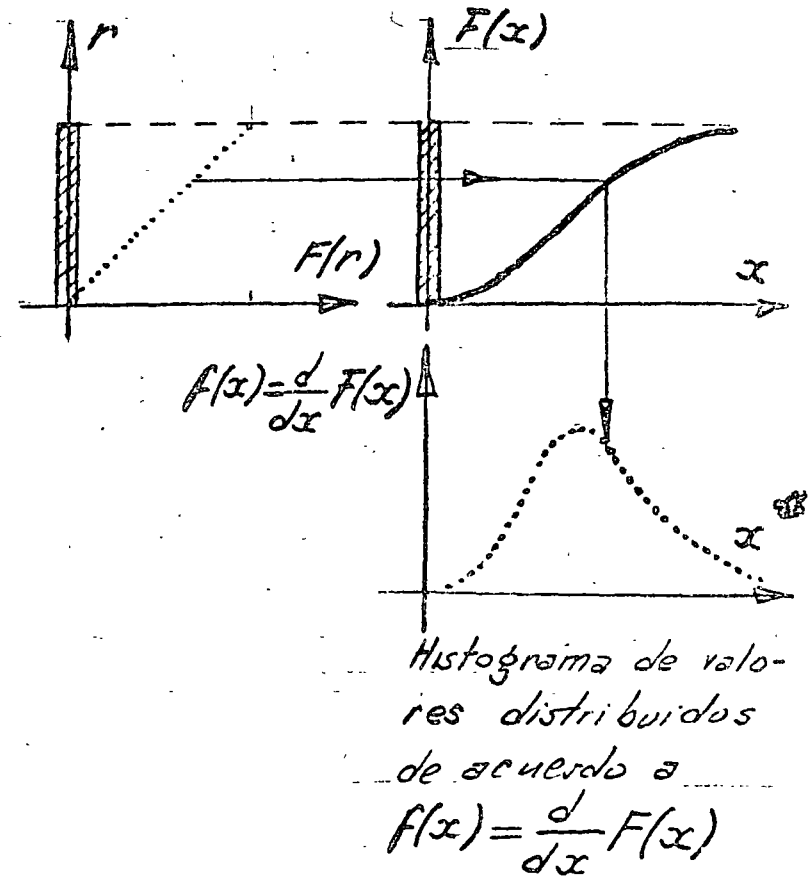


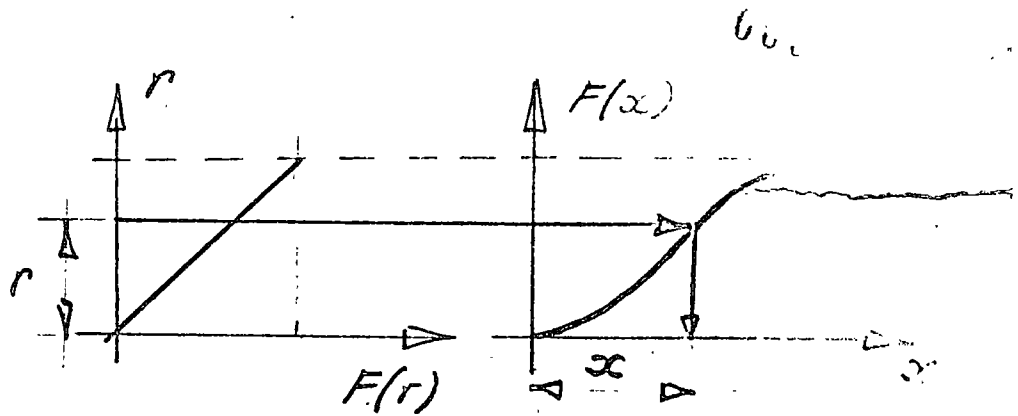
Fig. 5.3.5 Representación gráfica del método de transformación.



\*Este método gráfico de solución consiste en proyectar, mediante la curva acumulada de densidad de probabilidad, valores generados (por los procedimientos descritos en 5.2) de la variable  $r$  sobre el eje de los  $x$ .

El método gráfico de transformación se implementó en un programa de computadora (apéndice A9) cuyo diagrama de bloques aparece en la figura 5.3.6.

Al programa se le suministró como ejemplo la función acumulativa de distribución de probabilidad de una distribución gaussiana normalizada y se obtuvieron los resultados que aparecen en la tabla 5.3.2



000043

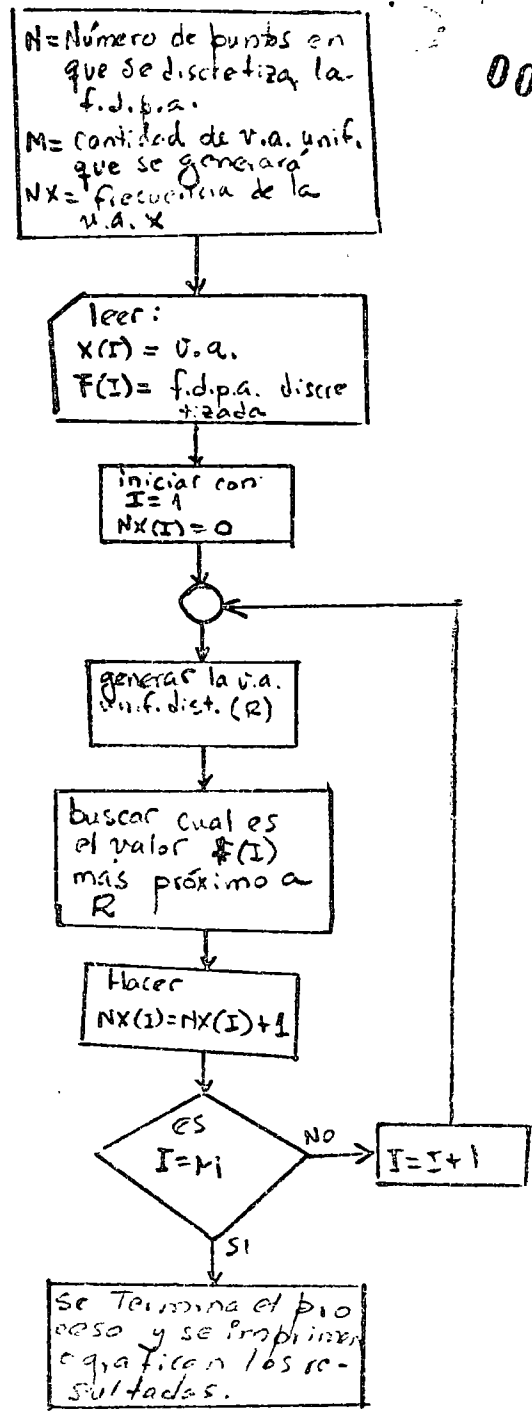


Fig. 5.3.6 Diagrama de bloques para el método general de la transformación gráfica

000044

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON

VARIABLE ALEATORIA(X)	FRECUENCIA		
		2.00000000E+00	37
-3.80000000E+00	0	4.00000000E+00	33
-3.60000000E+00	0	6.00000000E+00	29
-3.40000000E+00	0	8.00000000E+00	24
-3.20000000E+00	0	1.00000000E+00	25
-3.00000000E+00	1	1.20000000E+00	23
-2.80000000E+00	1	1.40000000E+00	10
-2.60000000E+00	1	1.60000000E+00	16
-2.40000000E+00	1	1.80000000E+00	12
-2.20000000E+00	2	2.00000000E+00	5
-2.00000000E+00	8	2.20000000E+00	7
-1.80000000E+00	14	2.40000000E+00	0
-1.60000000E+00	12	2.60000000E+00	0
-1.40000000E+00	23	2.80000000E+00	0
-1.20000000E+00	20	3.00000000E+00	0
-1.00000000E+00	16	3.20000000E+00	0
-8.00000000E-01	37	3.40000000E+00	0
-6.00000000E-01	31	3.60000000E+00	0
-4.00000000E-01	32	3.80000000E+00	0
-2.00000000E-01	40		
0.	40		

Tabla 5.3.2 Resultados del programa A9

000045

96

\* El método gráfico del programa tiene la ventaja adicional de poder utilizar funciones  $f(x)$  empírica, es decir, funciones de las cuales solo se conoce su valor en algunos puntos por haberse medido directamente en el sistema en estudio, mediante su frecuencia relativa de ocurrencia

\* El método gráfico permite emplear f.d.p empíricas.

\*\* (vea fig. 5.3.10)

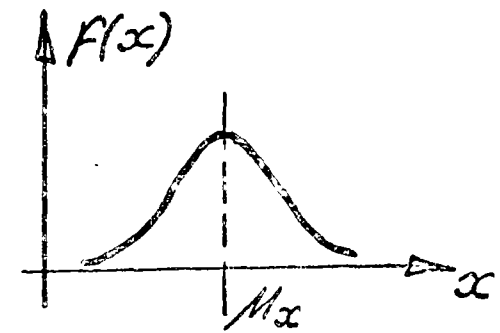
Para usar el programa descrito en la fig. 5.3.6 solo es necesario proporcionar la función, acumulada de densidad de probabilidad discretizada con sus correspondientes abscisas.

97

5.3.3 Funciones Gaussianas.

98

La forma de distribución de probabilidad más abundante en la naturaleza es la distribución Gaussiana o campana de Gauss (fig. 5.3.7)



99

Fig. 5.3.7 Distribución Gaussiana.

\*\*Vea ecuaciones B.1.1 y B.2.1

La razón por la cual la función redacción de densidad de probabilidad gaussiana (también llamada normal en ciertas circunstancias) es tan frecuente en la naturaleza y por lo tanto en problemas de simulación es la siguiente: Por el teorema central de límite (ref 1), la suma de N valores de variables aleatorias (con cualquier función

de distribución de probabilidad) tiene distribución gaussiana, cuando N tiende a infinito.

Antes de proceder a la descripción matemática de la distribución Gaussiana es necesario <sup>recomendar</sup> establecer los conceptos de media y variancia.

\* La ecuación <sup>B.2.13</sup> ~~5.3.9~~ define la media  $\mu_x$  de una variable aleatoria X

Intuitivamente puede considerarse la media como la posición del <sup>eje</sup> centro de equilibrio del área bajo  $f(x)$ , (f.d.p)

\* La suma de N v.a. con cualquier f.d.p. tiene una distribución de Gauss si  $N \rightarrow \infty$

\* Media  $\mu_x$  de una v.a. X

$$\mu_x = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x) dx \quad (B.2.13)$$

412  
000046  
100

100

\* La variancia  $\sigma_x^2$  es una medida de la dispersión del área bajo  $f(x)$  alrededor de  $\mu_x$  y está definida formalmente en la ecuación ~~5.3.10~~ (B. 2.14):

\* Variancia  $\sigma_x^2$  de la v.a.  $0000_{41}$   
X

$$\sigma_x^2 = E(x - \mu_x)^2 \quad (B. 2.14)$$

$$\sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 f(x) dx \quad (5.3.6) \quad 102$$

\* A la raíz cuadrada de la variancia se le conoce como desviación estándar (ecuación 5.3.7)

\* Desviación estándar

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2} \quad (5.3.7) \quad 103$$

Una vez conocido el concepto de media y el de variancia se puede proceder a definir la función Gaussiana de densidad de probabilidad que es una función de estos dos parámetros y se encuentra expresada en la ecuación (B. 2.28)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \frac{(x - \mu_x)^2}{\sigma_x^2}\right\} \quad (B. 2.28) \quad 104$$

En el caso particular en el que  $\mu_x = 0$  y  $\sigma_x = 1$  la distribución gaussiana se llama también normal y está descrita en la ecuación (5.3.8)

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}z^2\right\} \quad (5.3.8) \quad 105$$

Como se dijo anteriormente el teorema central de límite establece que la suma de varias variables aleatorias tiende a tener una distribución gaussiana. \*Sea R una variable aleatoria con f.d.p uniforme y X una variable aleatoria relacionada con la anterior mediante la expresión:\*\*

\* $R_i$  v.a. con f.d.p

uniforme

$$X = \sum_{i=1}^K R_i$$

106

es decir la variable aleatoria X es igual a la suma de variables aleatorias  $R_i$ . \*Aplicando el teorema central de límite a la suma de K variables aleatorias uniformemente distribuidas entre 0 y 1 se obtiene (ref 4) la siguiente relación entre los valores x de la v.a. X y los valores  $r_i$  de las v.a.  $R_i$ .

\*Relación entre valores x de X y  $r_i$  de  $R_i$

$$x = \sigma_x \left( \frac{12}{K} \right)^{1/2} \left( \sum_{i=1}^K r_i - \frac{K}{2} \right) + \mu_x \quad (5.3.9) \quad 107$$

donde:

x es el valor de una v.a. X con distribución gaussiana

\*\* Ver sección B.1.6

$\sigma_x$  es la desviación standard que se desea tenga la v.a. X  
 $\mu_x$  es la medida que se desea que tenga X.  
 $K$  es el número de v.a.  $R_i$  que se suman  
 $r_i$  es el valor de una variable aleatoria  $R_i$  uniformemente distribuida.

\*Al elegir el valor de K se debe tomar en cuenta que al aumentar K se incrementa la precisión con la que x tiende a la distribución normal pero se incrementa también el tiempo de computación para el cálculo de x. Un valor usualmente utilizado de K es 12.

\*Elijase el número de sumandos (K) como una solución de compromiso entre precisión y velocidad

\*La ecuación 5.3.9 provee un medio alternativo (además del método general de transformación de la sección 5.3.2) para generar variables aleatorias con función de densidad de probabilidad gaussiana.

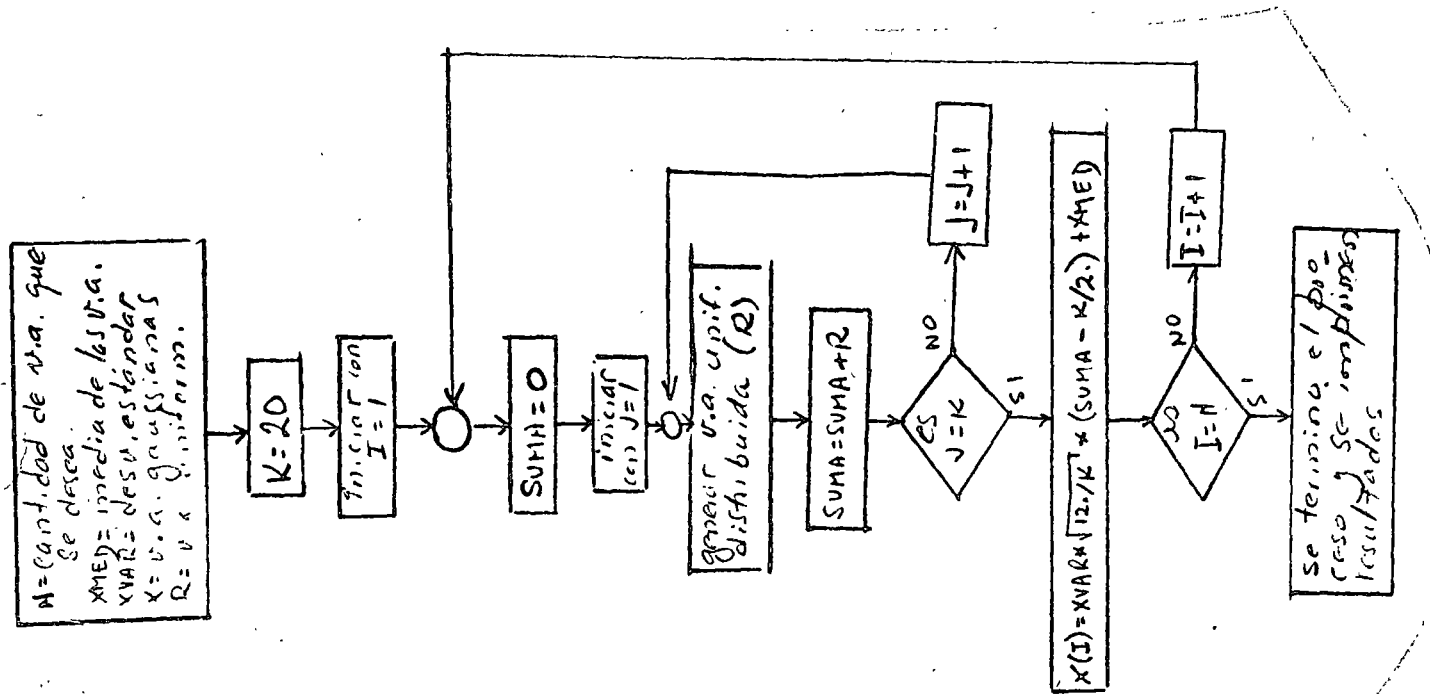
$$*x = \sigma_x \left(\frac{12}{K}\right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^K r_i - \frac{K}{2}\right) + \mu_x$$

genera v.a. de distribución gaussiana.

Este método de generación se programó para su aplicación en una computadora digital. El listado del programa aparece en el apéndice A10 y un diagrama de



bloque del mismo en la fig. 5.3.8



110

HOJA

Fig. 5.3.8 Diagrama de bloque para la obtención de variables Gaussianas.

Para el uso del programa solo es necesario proporcionar la cantidad de v.a. deseada (N), su media (XMED), desviación estándar (XVAR) y la semilla (V)

OTRA HOJA

48  
49

TABLA DE V.A. GAUSSIANAS CON  
MEDIA= 0.  
DESVIACION ESTANDAR= 1.00000E+00

000051

114

-3.37620033E-01
-7.61727419E-01
-1.47423331E+00
9.39735475E-01
6.08083401E-01
-7.40083492E-01
9.05259361E-01
-1.90023117E-01
-3.33704179E-01
9.98362092E-01
-2.98202100E-01
-1.79444164E+00
-1.46794127E+00
9.77216960E-01
-2.73921364E-01
-1.49158783E+00
-1.93079801E+00
1.71760558E-02
8.65991167E-01
-1.47475105E+00
-2.63006436E-01

La semilla V s el valor inicial  $X_0$  del generador de variables aleatorias uniformemente distribuidas que utiliza como subrutina el programa A 10.

Este programa auxiliar puede ser el generador del apéndice A 8.

Los resultados del programa A 10 aparecen en la tabla 5.3.3.

Tabla 5.3.3. Resultados del programa A10

Las ecuaciones (5.3.10) y (5.3.11) :

$$X_1 = (-2 \log_e r_1)^{1/2} \cos 2\pi r_2 \quad (5.3.10)$$

$$X_2 = (-2 \log_e r_1)^{1/2} \sin 2\pi r_2 \quad (5.3.11)$$

donde:

$r_1, r_2$  son variables aleatorias uniformemente distribuidas

$x_1, x_2$  son variables aleatorias con distribución Gaussiana normal.

proveen otro método alternativo para generar variables aleatorias ( $x_1, x_2$ ) con una función de densidad de probabilidad normal. Cuando la computadora de que se dispone tiene algoritmos eficientes para la evaluación de las funciones log, sen, cos el método de las ecuaciones 5.3.10 y 5.3.11 es sumamente rápido y eficiente.

Este algoritmo también se programó (apéndice A 11 ) y el diagrama correspondiente se encuentra en la fig. 5.3.9. Los resultados de aplicar este programa aparecen en la tabla 5.3.4

50

TEA

052

112

113

114

000053

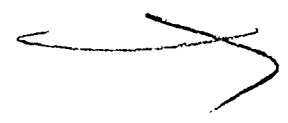
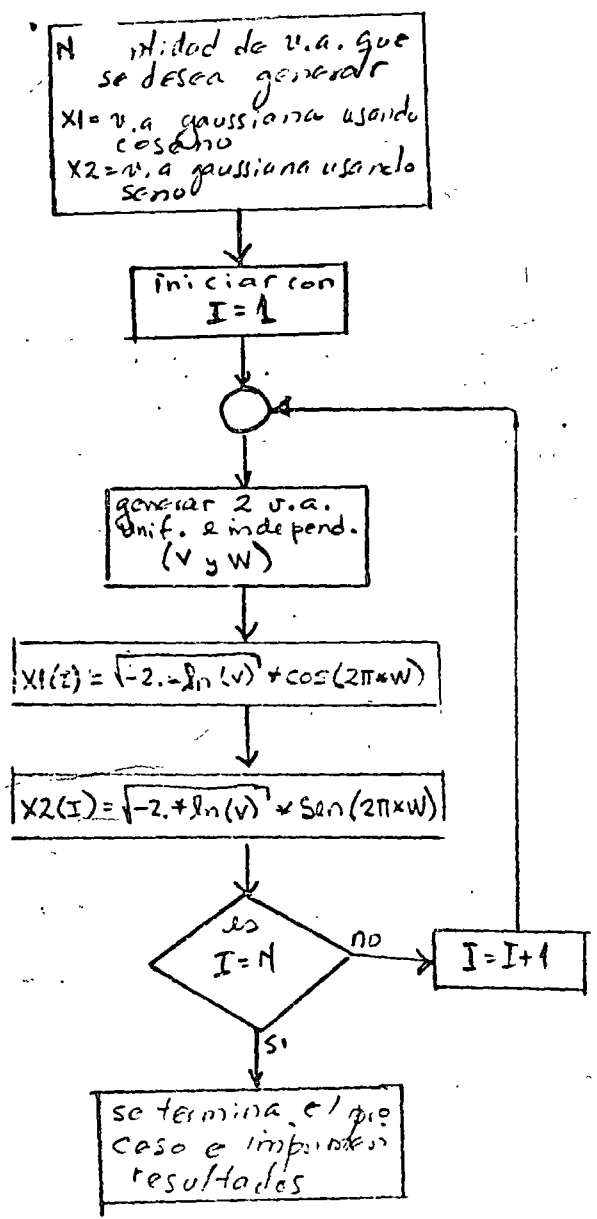


Fig. 5.39 Algoritmo para la generación de v.a. gaussianas por el método de Box-Cox

TABLA DE V.A. GAUSSIANAS GENERADAS POR EL METODO POLAR

52  
000054

X1 (USANDO COSENO)

X2 (USANDO SENOS)

3.96491880E-01	-2.80382365E-01
-2.36134780E-02	-1.75703973E+00
4.02427375E-01	-8.72292458E-02
1.86969163E-01	5.69764744E-02
9.87021896E-01	-1.90288618E-01
1.39960879E-01	1.20919806E-01
-4.22973226E-01	2.59285727E-02
1.52950927E+00	3.72777853E-01
-6.00923363E-02	-5.35781180E-01
-1.86221988E-02	8.23131415E-01
-6.92983242E-01	1.53917926E+00
-2.93306123E-01	1.60081915E+00
-6.55419272E-01	-8.80235572E-01
2.12915344E+00	-6.73302142E-01
1.02014606E+00	3.73158016E-01
3.12874634E-01	1.11108406E+00
8.80172399E-02	1.31814998E+00
1.02489845E+00	1.33549912E+00
1.63578434E-01	3.03052843E-01
5.14986850E-01	6.26174240E-01
1.26881937E+00	1.57643494E+00

Table 5.3.4

Results of Program

115 000055  
116

### 5.3.4 Funciones exponenciales.

En la naturaleza se presentan frecuentemente fenómenos que al cuantificarse toman valores  $x$  que corresponden a los de una variable aleatoria  $X$ , que tiene una función de densidad de probabilidad  $F(x)$  exponencial.

\*Esta distribución se encuentra casi siempre que existen eventos que se producen independientemente por ejemplo los nacimientos. Si se traza una gráfica que muestre la frecuencia con la que se presentan los partos en un hospital contra los intervalos de tiempo en la que estos nacimientos ocurren, se obtiene una curva como la de la fig. 5.3.10

En esta gráfica se observa que la frecuencia con la que ocurren los nacimientos espaciados entre 0 y 10 horas es mayor que con la que ocurren los nacimientos espaciados entre sí de 20 a 30 horas por ejemplo. En

\*Se presenta usualmente en los tiempos entre eventos independientes, por ejemplo nacimientos en un hospital.

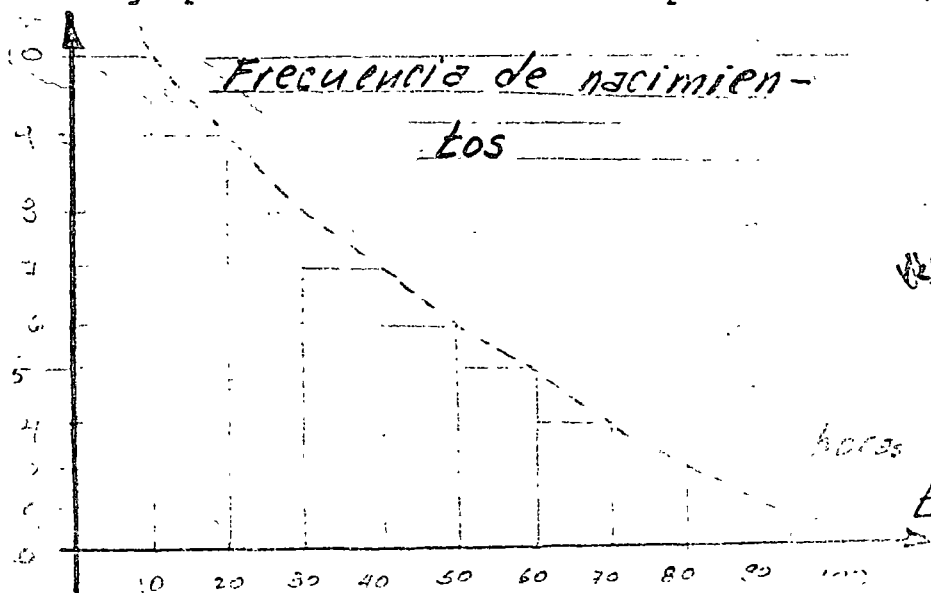


Fig. 5.3.10 Distribución de nacimientos.

neral la frecuencia de los nacimientos  $\lambda$  minuye de manera exponencial (línea punteada) al aumentar el intervalo en que se producen.

\* La función de distribución exponencial se presenta también en un sinnúmero de casos entre los que se pueden citar: defunciones, accidentes, recepción de pedidos en una fábrica, llegada de aviones a un aeropuerto, llegada de clientes a una gasolinera, etc.

La función de distribución de probabilidad exponencial tiene la forma

$$f(t) = \alpha \exp [-\alpha t]$$

(5.3.12) →

donde  $\alpha$  es una constante que define la función.

\* A diferencia de la función Gaussiana que se define con dos parámetros ( $\mu_x, \sigma_x$ ) la función <sup>exponencial</sup> se define con un solo parámetro ( $\alpha$ ).

\* Puede demostrarse fácilmente (ref <sup>4</sup> 2) que para una función de distribución exponencial la media viene

57  
000056

\* Otros ejemplos de o.a. con distribución exponencial:  
defunciones, accidentes, recepción de pedidos... 118

\* f.d.p. de la función exponencial 119

\* f.d.p. exponencial solo tiene como parámetro  $\alpha$  120

\* media  $\mu_t$  de la f.d.p. exponencial 121

dada por

$$\mu_t = \frac{1}{\alpha} \quad (5.3.13) \rightarrow$$

con lo cual la expresión (5.3.10) puede expresarse como

$$f(t) = \frac{1}{\mu_t} \exp \left[ -\frac{1}{\mu_t} t \right] \quad (5.3.14) \rightarrow$$

\* Puede, así mismo, demostrarse (ref  $\frac{1}{2}$ ) que la variancia de esta distribución es

\* variancia  $\sigma_t^2$  de la f.d.p. exponencial

$$\sigma_t^2 = (\mu_t)^2 \quad (5.3.15) \rightarrow$$

\* y la función acumulada de distribución de probabilidad es

\* Función acumulada de distribución de probabilidad:

$$F(t) = 1 - \exp \left[ -\frac{1}{\mu_t} t \right] \quad (5.3.16)$$

122

124



000058

130

125

La fig. 5.3.11 muestra una función acumulativa  $F(t)$  y la función complementaria  $1 - F(t)$

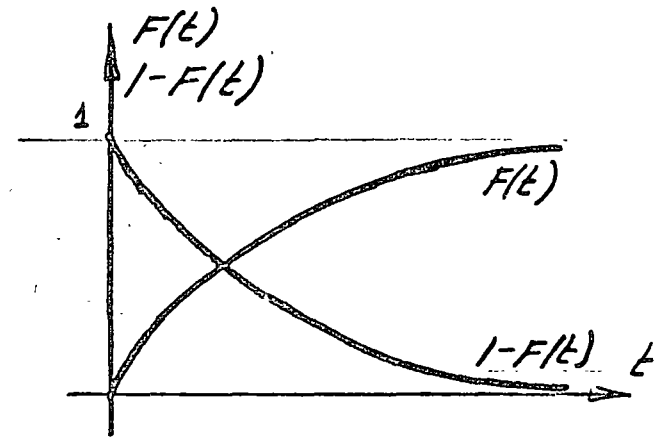


Fig. 5.3.11 Función  $F(t)$  y complemento  $1 - F(t)$

\*Dada la simetría que se observa en la fig. 5.3.11 entre  $F(t)$  y  $1 - F(t)$  puede aplicarse el método general de transformación en forma simplificada, (ecs. 5.3.4)

como la relación matemática más sencilla para despejar  $t$  es la correspondiente a: conviene emplear esta última para igualarla al valor  $r$  de la v.a.  $R$ , es decir:

\*Por la simetría entre  $F(t)$  y  $1 - F(t)$  aplíquese cualquiera a:

$$r = F(x) \quad (5.3.4)$$

$$1 - F(t) = \exp \left( - \frac{1}{\mu t} t \right)$$

$$r = 1 - F(t) = \exp \left( - \frac{1}{\mu t} t \right) \quad (5.3.17)$$

126

58  
000059

Resolviendo (5.3.17) para despejar t en  
función de r se tiene

$$t = -\mu_t \log_e r \quad (5.3.18)$$

133  
127

Esta ecuación permite generar valores  
t de una v.a. T con f.d.p. exponencial, a par-  
tir de los valores r de una v.a. R con f.d.p.  
uniforme. Esta ecuación sirve de base al pro-  
grama A12 para generación de valores de v.a. con  
f.d.p. exponencial con ayuda de la computadora  
digital. El diagrama de bloque de este programa  
aparece en la fig. 5.3.12 y los resultados en la  
tabla 5.3.5, para una media  $\mu_t = 2$ .

128 128  
129 135

00-000

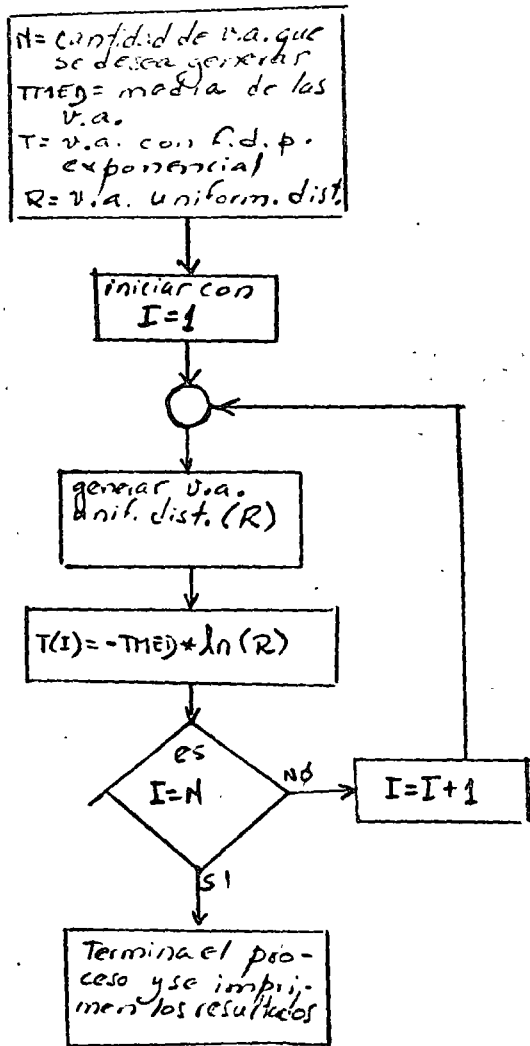


Diagrama de bloque para la generación de una v.a. con f.d.p. exp.

Fig. 5.3.12 Diagrama de bloque para la generación de v.a. con f.d.p. exponencial

50  
51  
000001

4.09618746E+00  
2.67646863E+00  
3.52867371E+00  
4.11561594E+00  
3.87982626E+00  
3.93948294E+00  
2.76078661E-01  
4.20815313E+00  
4.63682184E+00  
1.47563109E+00  
1.77074952E+00  
1.38129353E-01  
4.61659283E+00  
1.81852675E+00  
9.28588654E-01  
1.37579539E+00  
1.04866204E+00  
3.22397946E+00  
5.18171831E-01  
5.02136215E+00  
6.84649330E-01  
2.8952444E-02

Tabla 5.3.5

Resultados del programa A. C.

Aunque existen otras funciones de distribución de probabilidad de uso frecuente no se verán métodos especiales para su obtención ya que el método general de transformación permite hacerlo y el lector interesado en estos métodos particulares puede encontrarlos en las referencias 3 y 4.

130

#### 5.4 Método de Montecarlo.

131

\* Este nombre se ha dado últimamente en forma genérica a las técnicas de simulación que utilizan variables aleatorias. Estas técnicas se utilizan en disciplinas muy diversas entre las que se pueden contar: sistemas de espera, sistemas de inventarios, sistemas de producción, sistemas económicos, etc.

*\* Son técnicas de simulación que emplean v.a.*

Como ilustración de este método se presenta un ejemplo en el campo de la teoría de espera.

5.4.1 Ejemplo de teoría de espera. <sup>134</sup>  
132a

132b

133

Se desea construir una gasolinera en una nueva carretera tal como muestra la fig. 5.4.1

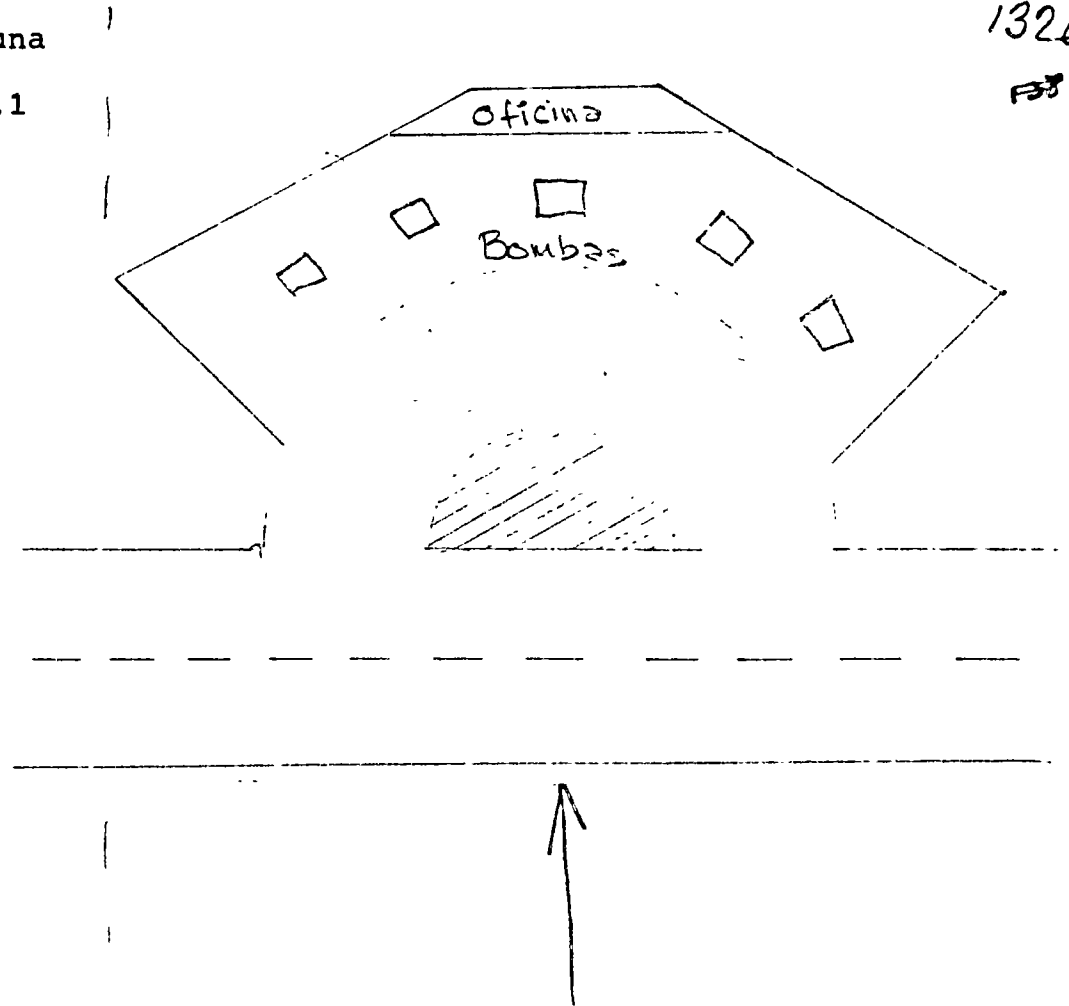


Fig. 5.4.1 Localización de una gasolinera.

Por experiencias similares en gasolineras situa-  
 das en carreteras con aproximadamente la misma densi-  
 dad de tráfico y a distancias similares de las ciuda-  
 des más próximos,\* se sabe que los automóviles llegan a  
 cargar gasolina de manera aleatoria con una función de  
 densidad de probabilidad de forma exponencial y con un  
 tiempo medio entre llegadas de 3 minutos. De manera  
 formal.

\* El tiempo de llegada  $t_a$  entre  
 automóviles es un v.a. con  
 f.d.p. exponencial y  
 $\mu_t = 3$  minutos

135

$$f(t_a) = 0.33 \exp[-0.33t_a] \quad (5.4.1)$$

donde :

$t_a$  es el tiempo entre las llegadas.

\* Se sabe también que el tiempo de servicio en ca-  
 da bomba tiene una función de densidad de probabilidad  
 de forma gaussiana con media ( $\mu_{ts}$ ) de 5 minutos y des-  
 viación estándar ( $\sigma_{ts}$ ) de 2 minutos.

\* El tiempo de servicio  $t_s$   
 es una v.a. con f.d.p.  
 gaussiana con  $\mu_{ts} = 5$  minutos  
 y  $\sigma_{ts} = 2$  minutos

134

000065

Por tiempo de servicio se entiende el tiempo que tarda el operario en atender un automóvil; desde el momento en que le toma la orden hasta el momento en el que el vehículo parte.

\* La gasolinera estará construida de tal forma que un automovilista pueda, al llegar, observar el número de vehículos en cola en cada bomba.

135  
\* El automovilista sabe cuanta gente hay esperando

Se supone que los automovilistas son seres racionales (no siempre lo son) y que, al llegar, se formarán en la cola con menor número de automóviles.

136  
\* Los automovilistas se forman en las colas más cortas

Se supone también que una vez formado en la cola correspondiente a una bomba, permanece en ella hasta ser atendido.

137  
\* No cambian de cola



000066

\* Los automovilistas <sup>son</sup> (además de racionales) seres muy impacientes, por lo que no se formarán en ninguna cola cuando estas tengan más de tres vehículos sin contar al que está siendo atendido. En estos casos los automovilistas seguirán de largo hasta la siguiente gasolinera en la carretera.

\* Si todas las colas tienen más de 3 clientes, el nuevo automovilista sigue de frente.

\* El dueño de la gasolinera desea atender por lo menos al 95% de los clientes que se detienen a tomar gasolina. Para lograr este fin desea saber cual es el número mínimo de bombas que debe instalar.

+ Se desea atender <sup>13</sup> por lo menos al 95% de los clientes

Solución: 1

La determinación del número mínimo de bombas es un problema difícil de resolver por métodos analíticos: por lo cual es aconsejable resolverlo utilizando una simulación de Monte carlo.

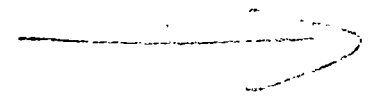
Las principales cantidades de interés que se necesitan para resolver este problema son:

000067

141

Variables Exógenas

$AT_k$  Tiempo de llegada del K ésimo vehículo. Este tiempo se genera utilizando las técnicas vistas en la sección anterior.



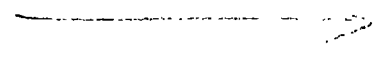
$ST_i$  Tiempo de servicio para atender al vehículo en turno en la bomba i. Este tiempo se genera utilizando las técnicas vistas en la sección anterior.

$T$  Tiempo real (hora del día).

Variables de Estado.

$NA_i$  Número de automóviles en la bomba i-ésima en el tiempo T. Existe una variable NA para cada bomba.

142



Parámetros.

$\mu$  AT

Tiempo medio del intervalo entre llegadas.

$M$  ST

Tiempo medio de servicio.

$\sigma^2$  ST

Variancia del tiempo de servicio.

N

Número de bombas.

Variables Endógenas.

NS

Número de autos servidos

NR

Número de autos rechazados..

000069

Los pasos necesarios para la simulación de este problema se desarrollaron en forma de programa para computadora digital (apéndice A 13 ).

El diagrama de bloque correspondiente aparece en la fig. 5.4.2 y el significado de las variables usadas en dicho diagrama es:

- ETTES: Tiempo de espera esperado
- ETTO: Tiempo ocioso esperado
- LIM: Máximo número de coches por bomba, en este caso es 4.
- N: Número de bombas
- NA: Cantidad de vehículos
- NCØLA(I): Número de vehículos en la bomba I
- NR: Contador de vehículos rechazados
- NUM: Contador de vehículos que llegan
- P: Porcentaje de vehículos rechazados
- T: Tiempo total de llegadas
- TA(I): Tiempo entre llegadas para el I ésimo vehículo.

*a*

145

*Si se  
0.2.2*

000076

- TCØLA(I,J): Tiempo que tardará en salir el  
coche J de la bomba I
- TES(I): Tiempo de espera en la bomba I
- TØ(I): Tiempo ocioso de la bomba I
- TTB(I): Tiempo en que se desocupará  
completamente la bomba I
- TTES: Tiempo total de espera
- TTØ: Tiempo total ocioso.

Cuando se use la letra I en una variable dimensionada, quiere decir que dicha operación se realiza para todo el arreglo.

El programa A13, cuyo diagrama de bloque aparece en la Fig. 5.4.2 se empleó para simular la operación de la gasolinera, con 1, 2 y 3 bombas. Del análisis de los resultados que aparecen en la tabla 5.4.1 se observa que con 3 bombas se puede atender más del 95% de los clientes como desea el dueño de la gasolinera.

14

19

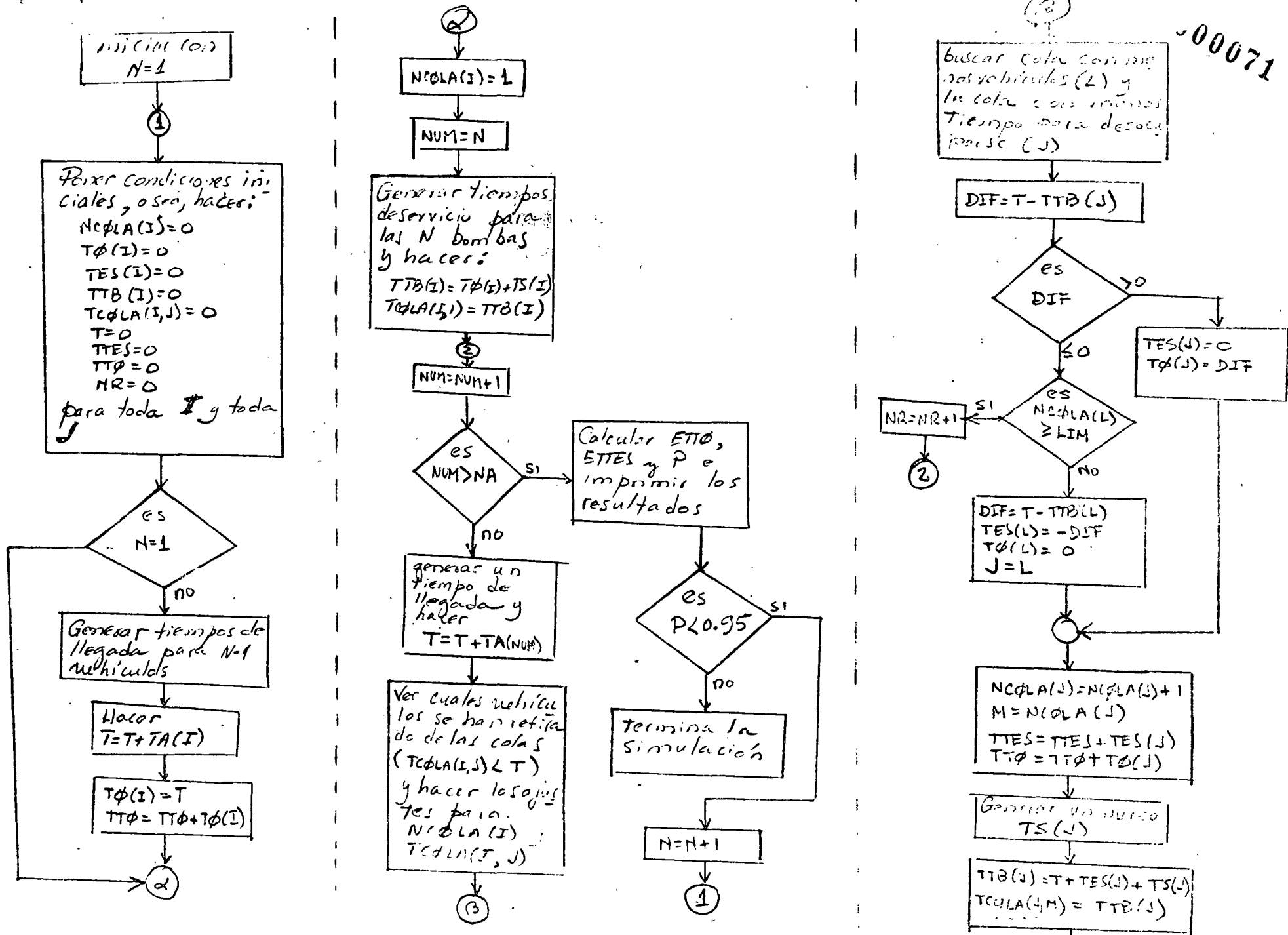


Fig. 5.4.2 Diagrama de flujo para la simulación del servicio de vehículos en una gasolinera, programa A13

000072

LOS VALORES OBTENIDOS SON

NUMERO DE BOMBAS= 1

TOTAL DE VEHICULOS= 90

TIEMPO TOTAL DE LLEGADAS= 1.52891918E+02

VEHICULOS RECHAZADOS= 55

PORCENTAJE DE VEHICULOS ATENDIDOS= 3.8889E-01

TIEMPO OCIOSO ESPERADO= 1.51602E-02

TIEMPO DE ESPERA ESPERADO= 4.53043E+00

LOS VALORES OBTENIDOS SON

NUMERO DE BOMBAS= 2

TOTAL DE VEHICULOS= 90

TIEMPO TOTAL DE LLEGADAS= 1.91604037E+02

VEHICULOS RECHAZADOS= 10

PORCENTAJE DE VEHICULOS ATENDIDOS= 8.8889E-01

TIEMPO OCIOSO ESPERADO= 6.16666E-02

TIEMPO DE ESPERA ESPERADO= 6.90198E+00

Tabla 5.4.1

Resultados del Experimento

A14

000073

LOS VALORES OBTENIDOS SON

NUMERO DE BOMBAS= 3

TOTAL DE VEHICULOS= 90

TIEMPO TOTAL DE LLEGADAS=  $1.45268346E+02$

VEHICULOS RECHAZADOS= 1

PORCENTAJE DE VEHICULOS ATENDIDOS=  $9.8889E-01$

TIEMPO OCIOSO ESPERADO=  $5.05192E-01$

TIEMPO DE ESPERA ESPERADO=  $4.94212E+00$

Tabla 5.4.1

Resultado del  
problema A1C1



00007

5.4.2 Ejemplo de sistema dinámico.

Foto

150

Las técnicas de simulación en computadora también se utilizan ampliamente para resolver otros problemas dinámicos. Como los que se presentan frecuentemente en sistemas económicos tanto a nivel nacional como a nivel industrial.

En esta sección se presenta un ejemplo de un sistema educativo dinámico.

\*En este tipo de sistemas como en otros similares se pueden distinguir dos tipos de variables:

\*En las variables de nivel no interviene la dimensión tiempo. Como ejemplo de estas cantidades se puede citar; alumnos en un determinado año escolar A, el capital K de una empresa etc.

\*Tipos de variables

- a) de nivel (v.n.)
- b) de cambio de nivel o flujo (v.f.)

\*En las variables de nivel (v.n.) no interviene el tiempo: capital, alumnos, edificios, etc.

75

000075  
153

\*En las variables de flujo interviene el tiempo y éstas representan siempre un cambio de nivel. \*La inversión  $I_T$  en el año T es una variable de flujo que afecta el capital  $K_T$  de la empresa, que es una variable de nivel.

\*Las relaciones donde intervienen las variables de nivel, son simples relaciones de "contabilidad". Entre las siguientes variables:

puede establecerse la siguiente relación:

Para comprender y establecer esta relación no se necesita haber entendido el funcionamiento de la empresa. Esta relación es consecuencia directa de las definiciones de los términos que intervienen en ella. \*La parte difícil del modelado y simulación de estos sistemas y donde interviene el conocimiento del analista del sistema es en el

\*En las variables de flujo (v.f.) interviene el tiempo y afectan a las v.n.

\*La inversión  $I_T$  es una v.f. que afecta al capital  $K_T$ , una v.n.

\*Las relaciones donde intervienen v.n. son simples:

$K_T$  = capital (v.n.)

$D_T$  = depreciación (v.f.)

$I_T$  = inversión (v.f.)

$$K_{T+1} = K_T + I_T - D_T$$

\*La explicación del comportamiento del ... de las v.n. es difícil

154

155

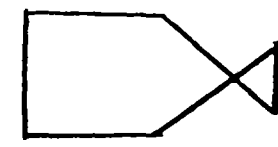
establecimiento de las ecuaciones que explican la variación en el tiempo de las variables de nivel. En el ejemplo anterior, existen tratados completos de economía para explicar el mecanismo de variación de la variable de nivel  $I_T$ . Los símbolos que se utilizarán en los diagramas de modelado y simulación son los introducidos por Forrester (ref 2). La tabla 5.4.2 da una breve descripción de algunos de estos símbolos.



0000

Representa una variable exógena al sistema, en general es un medio de representar todo aquello que está fuera de las fronteras del sistema.

000077  
151



Representa la tasa de crecimiento, disminución o flujo de una cierta variable



Representa el flujo controlado de una variable



Representa flujo de información



Representa el nivel de una variable



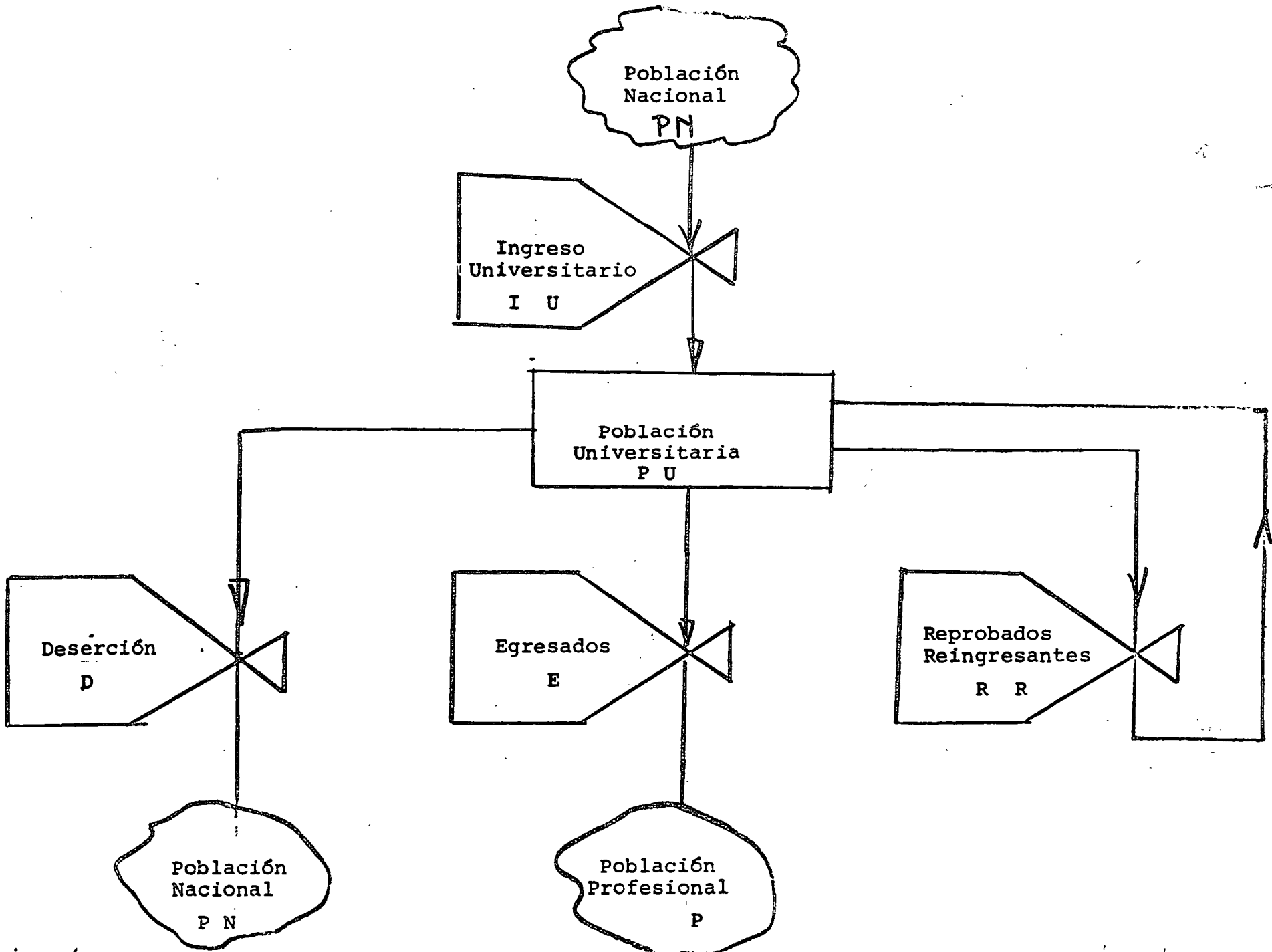
Variable exógena

Tabla 5.4.2 Descripción de símbolos.

El ejemplo que se trata está ilustrado en la Fig. 5.4.3. Esta figura es prácticamente autoexplicativa y representa el mecanismo mediante el cual los aspirantes ingresan a la universidad para formar parte de la población universitaria.

158

0000



7  
000079

Algunos de estos estudiantes reprueban y regresan a la universidad, otros se retiran para volver a la población general y otros se reciben para formar parte de la población de profesionistas.

El diagrama de la fig. 5.4.3 dista de ser completo. Da solamente una idea de la relación entre ciertas variables de nivel: población nacional, universitaria y profesional y ciertas variables de flujo como son ingreso, deserción y repetición. La labor difícil del analista empieza cuando trata de explicar las variables de flujo en función otras variables.

Por ejemplo puede haberse establecido la siguiente hipótesis:

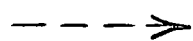

El número de egresados (por año), una variable de flujo, depende de la población universitaria, de la población profesional, de la demanda de profesionistas y de su nivel de sueldos.

000080  
152

Es decir:

$E = f(PU, PP, DP, NSP)$   
E = egresados  
PU = Población universitaria  
PP = Población profesional  
DP = Demanda de profesionistas  
NSP = Nivel de sueldo de profesionistas

Esta relación se simboliza como muestra la fig. 5.4.3. \*Obsérvese el empleo <sup>en</sup> de esta figura de la representación de flujo de información y variables exógenas (demanda y nivel de sueldo de profesionistas).

\*Flujo de información   
Variables exógenas 

fig

161

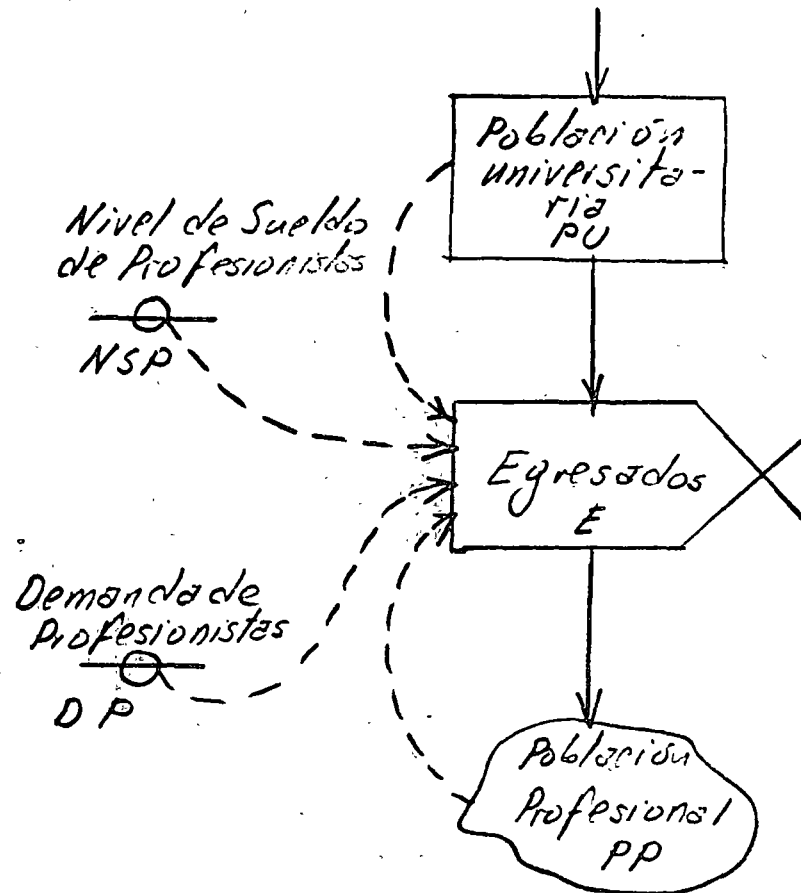


Fig. 5.4.4 Explicación de la  
 variación de una variable  
 de flujo

Sistemas tan simples como este pueden ser interconectados entre si de diversas maneras para formar sistemas más complejos. Existe un lenguaje especial de simulación (DYNAMO desarrollado en el MIT, Massachusetts Institute of Technology) que permite resolver es

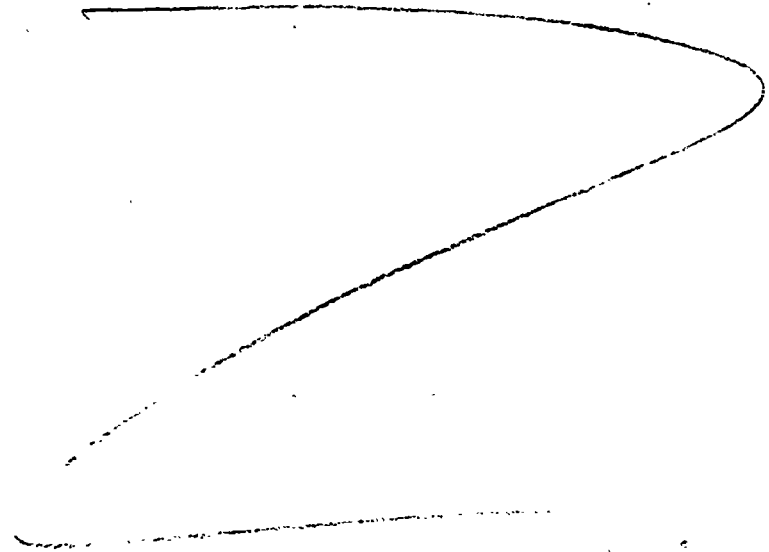


tos problemas de manera sencilla ya que resulta fácil transcribir las representaciones como las mostradas en la fig. 5.4. ~~4~~ a dicho lenguaje.

## 5.5 Lenguajes de simulación.

1-2

Como se mencionó al final de la sección anterior existen lenguajes especiales que permiten resolver ciertos problemas de simulación. A continuación se dará una brevísima descripción de cada uno de ellos. Al fi-



000088

nal se presenta un cuadro comparativo de estos lenguajes y las referencias necesarias para su utilización.

163

### 5.5.1 Descripciones.



ALGOL, FORTRAN, COBOL, PLI.

El programar problemas de simulación en lenguajes de propósito general como estos, es una labor que recae por completo en el programador. Estos lenguajes no fueron especialmente diseñados para simulación; sin embargo su flexibilidad permite que se realice en ellos cualquier clase de programas, permiten adaptarse a situaciones poco frecuentes y desarrollar los formatos de salida en la forma que se desee.

La flexibilidad necesaria para efectuar cambios en programas de simulación realizados en estos lenguajes depende de la habilidad del programador.

000000

Casi todas las computadoras poseen manuales e instructivos que indican la manera de utilizar estos lenguajes en ellas. Se recomienda que el lector consulte el manual correspondiente a la computadora que vaya a utilizar.

64  
157

GASP  
General  
Activity  
Simulation  
Program

Este lenguaje especial de simulación fue desarrollado por Philip J. Kiviat ("GASP" A general activity Simulation program the RAND Corporation P-2864 Feb. 1964) en FORTRAN, por lo que \*puede ser fácilmente implementado en casi cualquier computadora. En particular puede ser implementado en computadoras pequeñas.

\*Puede implementarse en cualquier computadora

156

003085

GASP consiste en una serie de subrutinas controladas por un programa principal llamado GASP EXECUTIVE.

GASP puede adaptarse para resolver un gran espectro de problemas de simulación; por estar desarrollado en FORTRAN y estructurado en forma de subrutinas, el programador puede desarrollar, en el mismo lenguaje, las subrutinas necesarias para adaptar GASP a su problema particular.

GASP posee un repertorio lo suficientemente grande de subrutinas de salida para lograr reportes que se adapten convenientemente a las diversas situaciones.

GPSS II

*Efron y G.*

*Gordon*  
Este lenguaje fue desarrollado por R. EFRON y G. GORDON ("A general purpose digital simulation and examples of its applications Vol 3 No. 1 IBM Systems Journal 1964), especialmente diseñado para ser utilizado

*GPSS II  
General  
Purpose  
System  
Simulator*

*166*

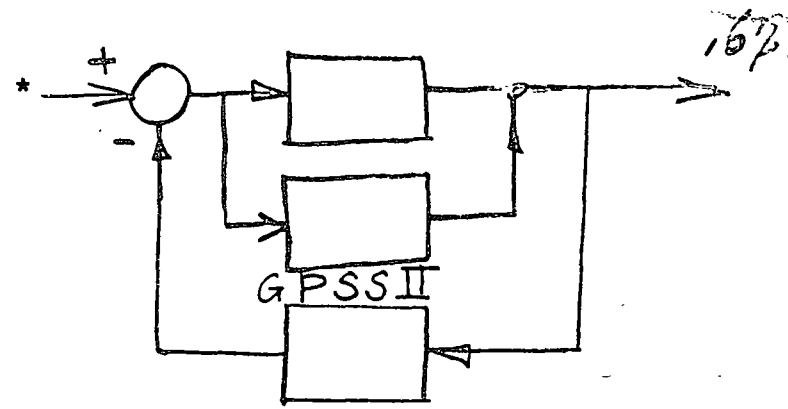
000086

en computadoras IBM, aunque también puede encontrarse en computadoras de otros fabricantes.

\*GPSS II es un lenguaje de simulación concebido para resolver problemas formulados en forma de diagramas de bloque. Los bloques que se utilizan para representar el sistema deben elegirse de entre un conjunto de bloques permitidos por el lenguaje.

GPSS II posee un gran acervo de formas de salida que pueden adaptarse a las necesidades de las situaciones a modelar.

Este lenguaje fue desarrollado por B. Dimsdale y H.M. Markowitz ("A description of the SIMSCRIPT language" IBM Systems Journal III No. 1, 1964) y está desarrollado para utilizarse en computadoras IBM.



S I M S C R I P

168

SIMSCRIPT es un lenguaje especialmente diseñado para auxiliar al programador en el proceso de modelado del sistema. Este proceso es iterativo, se inicia estableciendo un modelo preliminar y se analizan los resultados, de acuerdo con estos resultados se modifican las características del modelo para mejorar los resultados y así sucesivamente.

El lenguaje SIMSCRIPT tiene una gran capacidad para realizar cambios en la estructura del modelo que se está simulando

Este lenguaje fue desarrollado por Phyllis Fox y Alexander L. Pugh (Dynamo User's manual, Cambridge Mass the MIT Press, 1973) en el Massachusetts Institute of Technology (MIT).

SIMSCRIPT: para modelar sistemas  
iterativamente

000087

175  
169

D Y N A M O

176  
170

000088

D Y N A M O es un lenguaje especialmente enfocado a la solución de problemas de la forma del presentado en la sección 5.4.2 fig. 5.4.3, es decir, de problemas que pueden ser descritos mediante ecuaciones diferenciales. Además es capaz de manejar fácilmente problemas que presentan situaciones retroalimentación.

La aplicación actual del DYNAMO ha sido principalmente a problemas de macro y microeconomía (ref <sup>2</sup>/<sub>5</sub>).

Sin embargo se espera que este lenguaje se empiece a utilizar ampliamente para resolver problemas en áreas del conocimiento como: educación, biología, ecología, bioingeniería, etc.

Este lenguaje cuenta con un grupo de subrutinas de salida que permiten presentar los resultados de una manera particularmente clara y comprensible.

000089

5.5.2 Cuadro comparativo.

177

Con objeto de poder evaluar de manera comparativa los diferentes lenguajes de simulación vistos en la sección 5.5.1 se presentan estos en forma de cuadro comparativo en la figura 5.5.1

#78  
178

En la figura 5.5.1 los renglones representan a los diferentes lenguajes y las columnas diversas características. Por ejemplo en la columna correspondiente a propósito y en el renglón correspondiente a GASP se lee General: esto quiere decir que GASP es un programa de propósito general.

Las características en las columnas representan:

a) Disponibilidad

Se refiere a la facilidad que se tiene para disponer del programa.



000090

CARACTERÍSTICAS LINGUAJE	DISPONIBILIDAD	PROPOSITO	FLEXIBILIDAD A LOS CAMBIOS	CALIDAD DE REPORTES DE SALIDA
FORTRAN ALGOL ETC.	Excelente (casi todos comp)	General	Variable	Variables
GASP	Excelente (casi todos comp)	General	Regular	Buenos
GPSS II	I.B.M.	Diagramas de bloque	Regular	Buenos
SIMSCRIPT	IBM	General	Buena	Buenos
DYNAMO	Principalmente I.B.M.	Sistemas dinámicos	Regular	Excelente

Fig. 5.5. Cuadro comparativo.

b) Propósitos.

Se refiere al campo de aplicación en el cual es particularmente útil el programa.

c) Flexibilidad para cambios

Se refiere a la capacidad que tiene el programa para ser modificado.

d) Reportes de salida

Se refiere al surtido de formas de salida y la utilidad y claridad de éstos.

5.6 Problemas.

000032

1.- Utilizando el programa del apéndice A8 genere 1 000 números y haga el histograma de frecuencias relativas de los mismos. Para realizar el histograma divida el intervalo 0, 1 en 25 partes.

2.- Utilizando el método general de transformación apéndice A9 y los 1 000 valores generados en el problema anterior obtenga el histograma correspondiente a las funciones acumulativas de densidad de probabilidad mostradas en la fig. 5.6.1. (Divida el intervalo de la variable independiente en 20 clases iguales).

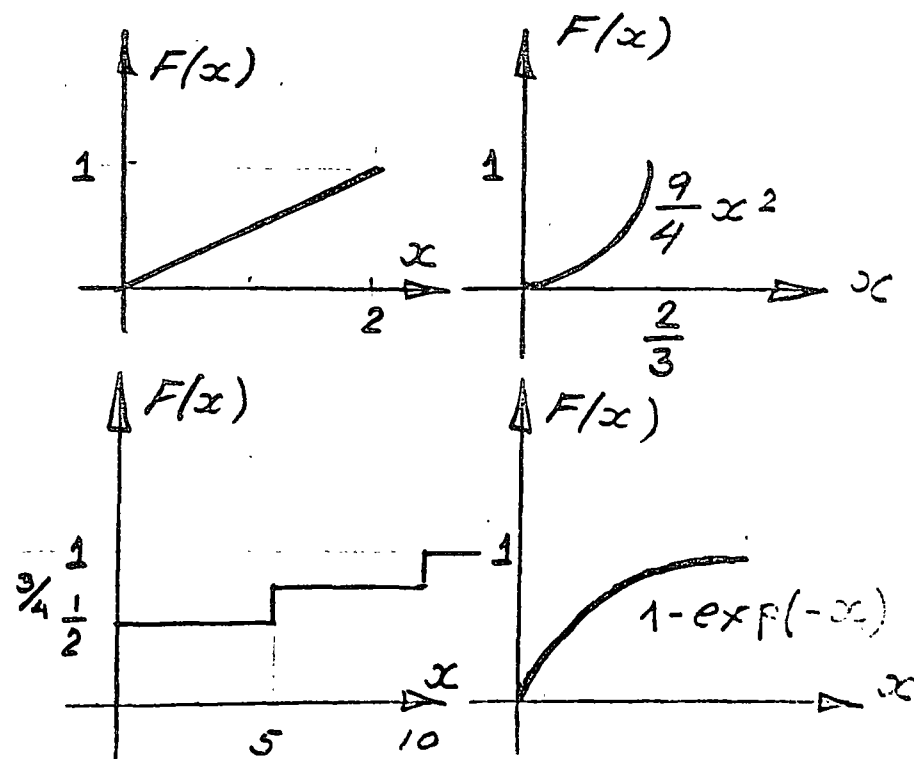


Fig. 5.6.1. Funciones acumulativas de densidad de probabilidad del problema 2

000053

- 3.- Compare los histogramas obtenidos en el problema 2 con las funciones de densidad de probabilidad correspondientes.
  
- 4.- Demuestre que las variables  $x_1$  y  $x_2$  en el algoritmo del programa del apéndice A11 realmente tienen distribución gaussiana.
  
- 5.- El ayuntamiento de una ciudad está interesado en saber cuántos accidentes ocurren (por mes) con un intervalo de menos de  $1/2$  hora entre ellos ya que solamente cuenta con 2 ambulancias y cuando ocurren simultáneamente, con menos de  $1/2$  hora de separación dos accidentes saturan los servicios de ambulancia. Se sabe que los accidentes ocurren con intervalos distribuidos exponencialmente y con media <sup>de</sup> 2.0 hrs.

000034

Efectue una simulación de Montecarlo para estimar cuántos accidentes ocurren por mes con menos de 1/2 hora de intervalo.

6.- Si en el problema anterior el costo por ambulancia es de \$100,000.00 al mes y se estima que el llegar tarde a auxiliar un accidente cuesta \$2,000.00 por accidente ¿recomendaría usted la adquisición de más ambulancias?

7.- Si en el problema 5 pudiese utilizarse uno de los lenguajes de la sección 5.5 ¿cuál escogería y por qué?

8.- Si usted tiene un programa de simulación escrito en lenguaje DYNAMO y su compañía no le renueva el contrato a IBM en qué lenguaje reescribiría el programa.

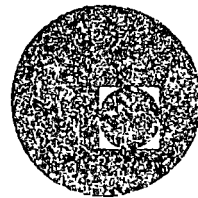
000055

5.7 Bibliografía.

- 1 Drake A.W. Fundamentals of applied probability theory.  
Mc Graw Hill, Nueva York, N.Y. 1967.
- 2 Forrester J.W. "World Dynamics"  
Wright-Allen Press, Inc.  
Cambridge, Mass. 1971.
- 3 Knuth D.F. The Art of Computer Programing.  
Addison Wesley. Reading, Mass. 1971.
- 4 Naylor, T.H., Balintfy, J.L., Burdick, D.S. Chuk,  
Técnicas de simulación en computadoras,  
Limusa, México. D.F. 1973
- 5 RAND Corporation. A Million  
Random Digits with 100 000  
Normal Deviates, The Free Press Glencoe, Ill. 1955.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



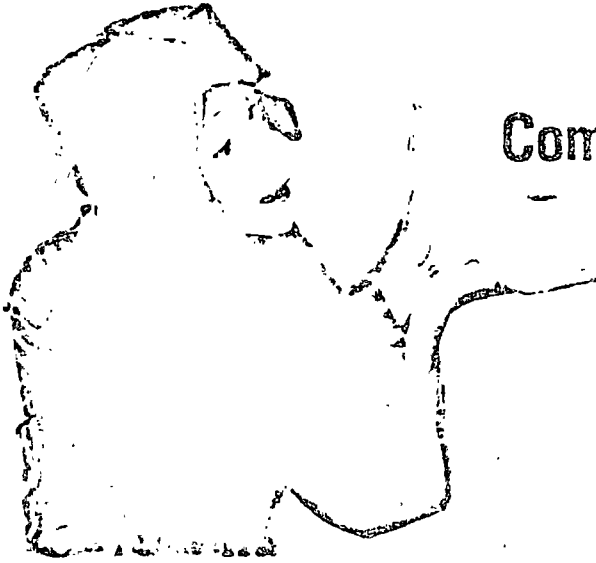
JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

TEMA : III S I M U L A C I O N

( Continuación)

PROF. DR. VICTOR GEREZ GREISER.

Abril, 1978.



# Computer Simulation: a Tutorial

Gerald Adkins and Udo W. Pooch  
Texas A&M University

## Introduction

Simulation has been described by Shannon<sup>1</sup> as ~~the~~ the process of designing a computerized model of a system (or process) and conducting experiments with this model for the purpose either of understanding the behavior of the system or of evaluating various strategies for the operation of the system. It follows from this definition that we must concern ourselves with a precise formulation of the system to be studied, translation of this formulation into a computer program, and interpretation and use of the simulation results.

One of the primary reasons for simulation is that many systems of interest defy standard mathematical or operations research techniques for their solution. This may arise from inherent stochastic processes in the system, complex interactions of variables lacking precise mathematical formulation, or the sheer mathematical intractability of the resulting system of equations and constraints. Nonetheless, it might be desirable to simulate a system even if system complexity is not a motivating factor. Naylor<sup>2</sup> proposed the following reasons why simulation might be useful for a particular application:

- (1) Simulation makes it possible to study and experiment with the complex internal interactions of a given system, whether it be a firm, an industry, an economy, or some subsystem of one of the above.
- (2) Through simulation, one can study the effects of certain informational, organizational, and environmental changes on the operation of a system by making alterations in the model of the system and by observing the effects of these alterations on the system behavior.
- (3) A detailed observation of the system being simulated may lead to a better understanding of the system and to suggestions for improvements which otherwise would be unobtainable.

- (4) Simulation can be used as a pedagogical device for teaching both students and practitioners basic skills in theoretical analysis, statistical analysis, and decision-making.
- (5) The experience of designing a computer simulation model may be more valuable than the actual simulation itself. The knowledge obtained in designing a simulation study frequently suggests changes in the system being simulated. The effects of these changes can then be tested via simulation before implementing them on the actual system.
- (6) Simulation of complex systems can yield valuable insight into which variables are more important than others in the system and how these variables interact.
- (7) Simulation can be used to experiment with new situations about which little or no information is available, so as to prepare for what may happen.
- (8) Simulation can serve as a "preservice test" to try out new policies and decision rules for operating a system, before running the risk of experimenting on the real system.
- (9) For certain types of stochastic problems the sequence of events may be of particular importance. Information about expected values and moments may not be sufficient to describe the process. In these cases, simulation methods may be the only satisfactory way of providing the required information.
- (10) Monte Carlo simulations can be performed to verify analytical solutions.
- (11) Simulation enables one to study dynamic systems in either real time, compressed time, or expanded time.
- (12) When new elements are introduced into a system, simulation can be used to anticipate bottlenecks and other problems that may arise in the behavior of the system.



Several obvious advantages of simulation modeling can be seen from the above list. Here are a few:

- (1) It permits controlled experimentation.
- (2) It permits time compression.
- (3) It permits sensitivity analysis by manipulation of input variables.
- (4) It causes no disturbance of the real system.
- (5) It constitutes an effective training tool.

However, there are several disadvantages that must also be considered:

- (1) A simulation model may become expensive in terms of manpower and computer time.
- (2) Extensive development time may be encountered.
- (3) Hidden critical assumptions may be present causing the model to diverge from reality.
- (4) Model parameters may be difficult to initialize. These may require extensive time in collection, analysis, and interpretation of data.

Phillips et al.<sup>3</sup> have pointed out that simulation is one of the easiest tools of management science to use, but probably one of the hardest to apply properly and perhaps the most difficult from which to draw accurate conclusions. They further state that the skills required to develop and operate an effective simulation model are substantial. The variability or dispersion of simulation results is a sig-

nificant problem in itself and may require long and complex simulation analysis in order to draw meaningful conclusions from the simulation.

Simulation has evolved as a natural extension of operations research (since World War II) and the maturation of the high-speed digital computer (since the mid 1950's).<sup>44</sup> In his recent survey on simulation, Shannon remarks that simulation received its original impetus from applications in the nuclear and aerospace programs. The literature abounds with recent texts on simulation containing a wide variety of applications and sample simulations.<sup>45</sup> Shannon also remarks on the broad field of present applications through books published on the use of simulation in business,<sup>7,16,17</sup> economics,<sup>2,18</sup> marketing,<sup>19</sup> education,<sup>20</sup> politics,<sup>21</sup> social science,<sup>22,23</sup> behavioral science,<sup>7,24</sup> international relations,<sup>23,24</sup> transportation,<sup>25</sup> law enforcement, urban studies, and global systems, to name only a few.

An indication of the variety of current simulation activities and interests can be obtained by reviewing the Record of Proceedings of the Eight and Ninth Annual Simulation Symposium.<sup>26,27</sup> The subject titles listed in the table of contents from these proceedings are given in Tables 1 and 2.

**Table 1. Table of Contents,  
Eighth Annual Simulation Symposium Proceedings<sup>26</sup>**

---

Optimization of Walt Disney World's Monorail System through Computer Simulation

Recent Advances in In-flight Simulation Technology

Computer Simulation of the Seasonal Flux of Organic Material from the St. Louis Bay Riverine and Estuarine Systems to the Mississippi Sound and North Central Gulf of Mexico

The Underlying Structure of Simulation Problems and Simulation Software

Fundamental Characteristics of Corporate Simulation Models

Total Avionic Real-Time System Simulation

Smart Thermostats for Minimizing Energy Consumption

Management Policy Decision Analysis with System Dynamics

Reducing the Run Ratio of a Multiprocessor Software System Simulator

Third-Order Simulation of Coherent Traffic Flow

GPSS and Simscript—the Dominant Simulation Languages

The Dynamics of Top Management

Computer Simulation of a Small Railroad System for Optimal Passenger Relation with Minimal Capital Investment

Applied Optical Illusions

The Use of a Discrete Digital Simulation for Assessing Administrative Performance

Mexico City's Subway Simulation Model

Validation of a Police Patrol Simulation Model

Rail Barge Newsprint Distribution System

LPSS—a Simulation System for Management

Capacity Evaluation in a Steelwork by Simulation

Long-Range Financial Planning in a Dynamic Economic Environment

---

**Table 2. Table of Contents,  
Ninth Annual Simulation Symposium Proceedings<sup>27</sup>**

---

Application of Computer Graphics in Simulation of Sawmilling Operations

Interactive Simulation of Building Evacuation with Elevators

The Information Processing System Simulation—IPSS

Simulation with GASP IV: A Combined Discrete-Continuous Simulation

Development and Use of Simulation Models in the Study of Abnormal Behavior

Computer Simulation of Psychological Test Profile Interpretation

Application of Modeling to the Analysis of Air Traffic Control Performance at Major Airports

The Avsail Simulator Complex

Simulation Studies on the Effect of Overhead in Computing Systems

Simulation Research in Shuttle Transportation Systems

Some Findings on Corporate Simulation Models

An Engineering Scheduling Model

A Full Tree Field Chipping and Tracking System Simulator Using GPSS

A GPSS Subroutine for the Simulation of Overhead Crane Movements

Simulation of Data Link Message Transfer Between Aircraft

Functionally-Oriented System Simulation for Computer-Aided Design of Software/Hardware Systems

Simulating an Aerospace Multiprocessor

Omega Navigation System Simulation

Design Automation for Entire Digital Systems

A Generalized Iterative Optimization Procedure

Computer Simulation of Hydrodynamic Shearing of DNA

A Survey of Environmental Protection Agency Air Pollution Software

Digital Simulation Model of a Retail Terminal System

---



## Systems

The term "system" is used in a broad range of contexts with various meanings. In simulation the term is normally used to designate a collection of objects with a well defined set of interactions between the objects (see, for example, Gordon<sup>3</sup>). The solar system may be considered as a system in this context, with the planets and sun forming the object collection and the gravitational forces defining the set of interactions.

Systems are normally described as being continuous or discrete and deterministic or stochastic. These terms are not necessarily directed at the real system but at the model of the real system.

**Continuous and discrete systems.** Continuous and discrete describe the nature or behavior of the dependent variables in the model. Normally, time is the major independent variable and other variables are functions of time and therefore dependent. A system whose dependent variables can only vary over a finite set (or possibly countably infinite) would be called discrete. An example of such a system would be the Dallas-Fort Worth International Airport where the variable of interest is the number of aircraft established in holding patterns awaiting clearance for landing. A system whose dependent variables can assume any value over a specified interval would be considered a continuous system. Consider the previous example, where the variable of interest is the fuel remaining to flame-out (fuel starvation) of one of the aircraft in the holding pattern. The fuel remaining varies continuously as a function of time until the aircraft lands, thus the system would be considered continuous.

Systems may contain both discrete and continuous variables and still be modeled effectively with these characteristics. A combination of the two previous illustrations would be an example of this type. It should be further noted that continuous variables may contain discrete jumps in time. For example, if inflight refueling were accomplished with our aircraft holding over Dallas-Fort Worth International, fuel remaining to flame-out could be modeled with a discrete jump in time.

**Stochastic and deterministic systems.** A deterministic system is one in which the output of the system is completely determined by the input and initial values of system parameters or state of the system. Conceptually the behavior of the system resembles a simple function as depicted in Figure 1. The all-too-familiar income tax return, which contains the essence of our tax system, is deterministic. For example, given all pertinent tax information on an individual for the year, there is a single debt or credit computable from this information.

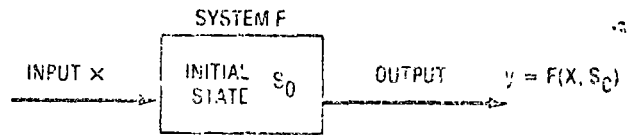


Figure 1. Deterministic system

A stochastic system, however, contains a certain amount of randomness, and it may not even be possible to assign a positive probability to a specific output, given the input and initial state of the system. In this type of system (see Figure 2), the function  $F$  becomes a conditional distribution, and the output is discussed in terms of a possible range of values or confidence intervals.

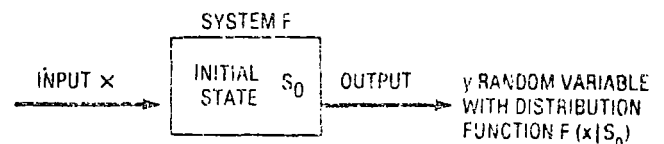


Figure 2. Stochastic system

The simple customer/server system (single-server queue) provides an example of a stochastic system. A customer is immediately serviced; upon arrival if the server is busy, the customer joins a line or queue and waits his turn. If the service time for each customer is a random variable, then the number of customers waiting in line and the cumulative waiting time constitute a random variable for any specified point in time.

## Simulation methodology

The usual sequence of steps occurring prior to an attempt to solve a particular problem by any technique is to identify the problem, perform a system analysis, and restate the problem within the context of the system definition. Pritsker<sup>4</sup> states that once this has been accomplished there are four basic tasks which should be performed in a simulation project:

- (1) Determine that the problem requires simulation. The crucial factors are the cost, the feasibility of conducting real world experiments, and the possibility of mathematical analysis.
- (2) Build a model to solve the problem.
- (3) Write a computer program that converts the model into an operating simulation program.
- (4) Use the computer simulation program as an experimental device to resolve the problem.

Although these steps are basic to any simulation project, model verification is critical in order for the results to have credibility. A validated model is one that has proven to be a reasonable facsimile of the real system it was intended to represent. For models that permit it, comparison of model results with historical data from the real system is an effective method of validation. If the model is predictive in nature, however, the validity of this method is questionable. In situations where the model is theoretical or historical data is not available, the historical comparison is, of course, impossible. Problems concerning equilibrium realization of the model and the real system often present obstacles in validation. If the output of the model is in the form of a time series, the problem of performing adequate regression or spectral analysis can present additional difficulties. Methods for model validation are found in such references as Shannon,<sup>1</sup> Naylor,<sup>2</sup> and Fishman and Kiviat.<sup>28</sup>

Model building is usually incorporated in simulation texts and addressed directly by way of establishing terminology, definitions, and illustrative examples. The simulation texts by Martin<sup>6</sup> and Naylor<sup>12</sup> place their major emphasis on model building, and the text by Fishman<sup>11</sup> is concerned predominantly with probability and statistical considerations involved in simulation modeling.

The computer programming involved in simulation modeling is probably the best understood phase of the methodology. The selection of an optimal language for a given application, however, is not as straightforward as the actual programming of the model might be. Sammet<sup>29</sup> reports on over 200 higher-level languages, of which more than 20 are designed especially for the purpose of simulation. Considerations involved in language selection should include the characteristics of the problem, training of the programmer(s), and resources and time available for completion of the programming effort. A review of the principal simulation languages may be found in Buxton<sup>30</sup> and Kay.<sup>31,32</sup>

Using the computer simulation program as an experimental device to resolve the problem may or may not be particularly difficult. The design of experiments to be accomplished may be critical in achieving an objective or remaining within time and cost constraints. Investigating the effects of varying system parameters can lead to prohibitive costs and unnecessary waste without an adequate experimental design. Hunter and Naylor<sup>33</sup> describe experimental designs which have been successful in simulation experiments. Other surveys of the state of the art are available.<sup>34,35</sup>

## Simulation languages

The selection of a simulation language to use in a specific application traditionally has been one of the most straightforward tasks for the programmer to accomplish. The programmer is either constrained by time, in which case he programs in a language familiar to him, or he must select among the languages supported by the system available for his use (Simsript, GPSS, Fortran, etc.). For a single programming effort, an expedient of this type is certainly acceptable; however, a more sophisticated selection process should be used by programmers or groups repeatedly involved in simulation activities.

One of the primary goals of simulation languages is to relieve the programmer from repetitive, burdensome programming tasks such as data initialization, report generation, time advancing, file manipulation, random number and random deviate generation, to name only a few. Simulation languages attempt to provide the user with certain standard capabilities even though they may differ widely in

construction, logic, ease of use, accessibility, and flexibility. These capabilities<sup>3</sup> are as follows:

- (1) structured data input;
- (2) a predetermined time-flow mechanism;
- (3) echo checks and/or error checks for program inputs and logic structure;
- (4) random number generation routine(s);
- (5) a variety (capability) of random deviate generators;
- (6) a clock routine which automatically stores, sequences, and chronologically selects simulated events through time and maintains model equilibrium;
- (7) automatic statistical collection (generation) functions;
- (8) standard simulation output of relevant data and simulation statistics;
- (9) ease of usage; and
- (10) proper documentation and instructions for any user.

These standard capabilities can be used as an immediate basis for comparison of any two simulation languages relative to the degree to which they have achieved these capabilities and the methods used. Other considerations for comparison are vendor support, efficiency of coding and execution, and the applications for which they were designed. Excellent sources for review and comparison of many of the simulation languages are available.<sup>31,32,37</sup> The text by Emshoff and Sisson<sup>4</sup> is an excellent survey of supported simulation language translators. Discussions and comparison of the more common simulation languages may also be found in Phillips et al.<sup>3</sup> and Fishman.<sup>11</sup> User's views of discrete simulation languages were surveyed by Kay<sup>31,32</sup> and Kleine<sup>36</sup> with respect to capability, ease of use, and preference for different simulation languages.

A language classification scheme<sup>39</sup> is yet another useful guide for language selection. The version and dialects for the languages were omitted for simplicity and appropriate references for each may be found in Emshoff<sup>4</sup> (Chapters 4, 29, and 37) and Shannon<sup>40</sup> (Chapters 3, 41, 42, and 43). The scheme suggested by Shannon<sup>1</sup> is shown in Figure 3.



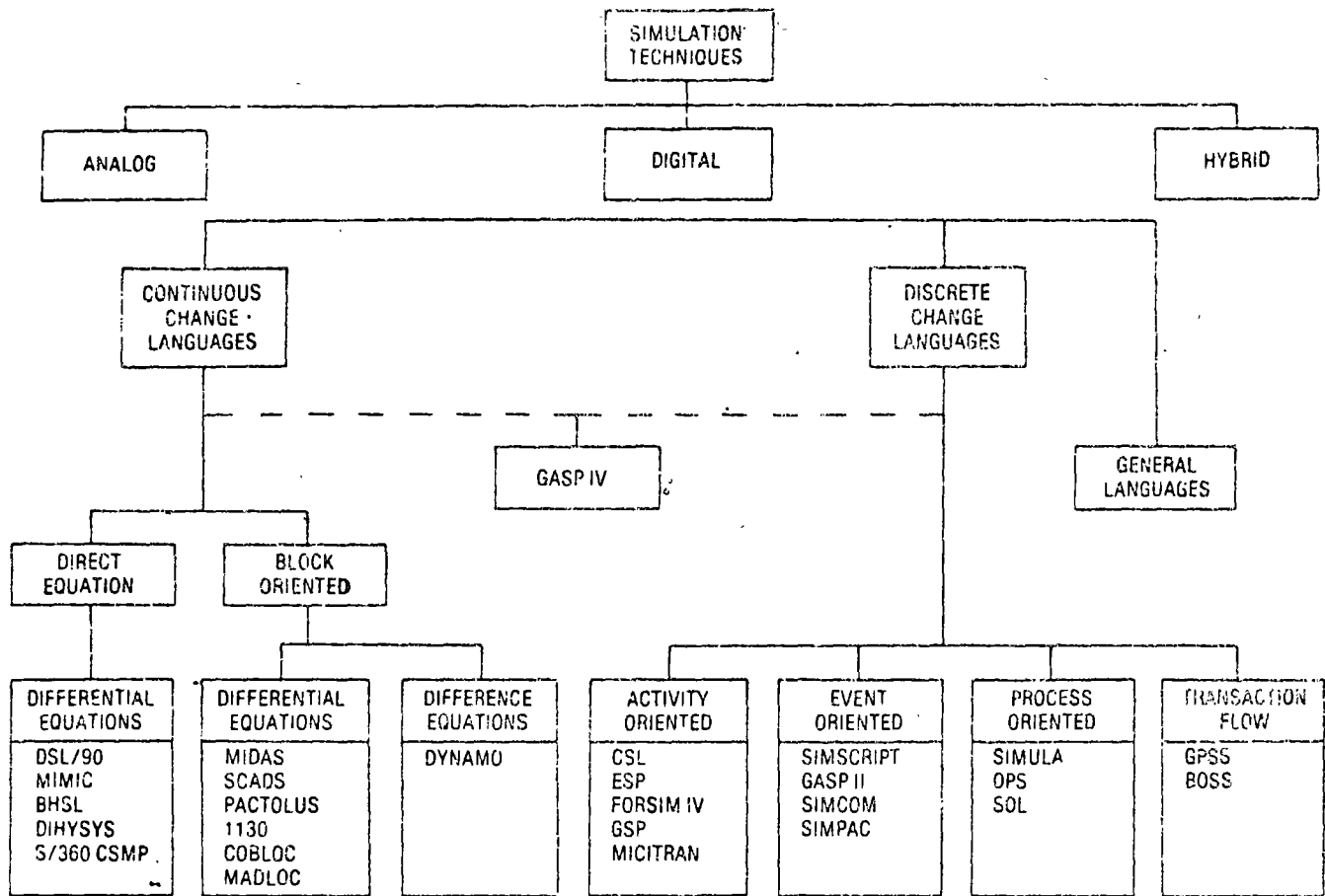


Figure 3. A language classification scheme

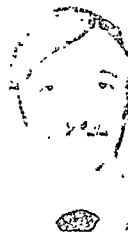
## Summary

The purpose of this survey has been to familiarize the reader with the more basic aspects of simulation and to provide a vehicle for further investigation of the literature. Questions such as what is simulation, why this methodology can be useful, where it has been applied, advantages and disadvantages, the methodology of simulation, and the usefulness and selection considerations for a simulation language were addressed. Statistical and probabilistic discussions were purposefully omitted for both simplicity and availability of excellent sources such as the texts by Phillips,<sup>3</sup> Fishman,<sup>11</sup> and Mihram.<sup>4</sup>

## References

1. R. F. Shannon, "Simulation: A Survey with Research Suggestions," *AIIE Transactions*, Vol. 7, No. 3, September 1975.
2. T. H. Naylor, *Computer Simulation Experiments with Models of Economic Systems*, John Wiley and Sons, New York, 1971.
3. D. T. Phillips, A. Ravindran, and J. J. Solberg, *Operations Research Principles and Practice*, John Wiley and Sons, Inc., 1976.
4. J. R. Emshoff and R. L. Sisson, *Design and Use of Computer Simulation Models*, The MacMillan Company, New York, Vol. 1, 1970.
5. D. N. Chorafas, *Systems and Simulation*, Academic Press New York, 1965.
6. F. F. Martin, *Computer Modeling and Simulation*, John Wiley and Sons, New York, 1968.
7. R. C. Meir, W. T. Newell, and H. L. Pazer, *Simulation in Business and Economics*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
8. A. A. B. Pritsker and P. J. Kiviat, *Simulation with GASP II*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
9. G. Gordon, *System Simulation*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1969.
10. A. A. B. Pritsker, *The GASP IV Simulation Language*, John Wiley and Sons, New York, 1974.
11. G. S. Fishman, *Concepts and Methods in Discrete Event Digital Simulation*, John Wiley and Sons, Inc., 1973.
12. T. H. Naylor, J. L. Balintfy, D. S. Burdick and K. Chu, *Computer Simulation Techniques*, John Wiley and Sons, Inc., 1966.
13. J. Reitman, *Computer Simulation Applications*, John Wiley and Sons, Inc., 1971.
14. A. M. Colella, M. J. O'Sullivan, and D. J. Carlino, *Systems Simulation*, D. C. Heath and Company, 1974.
15. F. P. Wyman, *Simulation Modeling: A Guide to Using SIMSCRIPT*, John Wiley and Sons, 1970.
16. G. W. Gershefski, *Corporate Models, the State of the Art*, University of Washington Press, Seattle, Washington, 1970.
17. T. H. Naylor and J. M. Vernon, *Microeconomics and Decision Models of the Firm*, Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1970.
18. A. H. Pacher, *Models of Economic Systems*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1972.
19. A. E. Amstutz, *Computer Simulation of Competitive Market Response*, MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1967.

20. R. H. Armstrong and J. L. Taylor (Eds.), *Instructional Simulation Systems in Higher Education*, Cambridge Monographs on Teaching Methods, No. 2, 1970.
21. C. H. Cherryhomes and M. J. Shapiro, *Representations and Roll-calls: A Computer Simulation of Voting in the Eighty-eighth Congress*, Bobbs-Merrill, New York, 1969.
22. J. M. Dutton and W. H. Starbuck, *Computer Simulation of Human Behavior*, John Wiley and Sons, New York, 1971.
23. H. Guetzlow (Ed.), *Simulation in Social Science*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1962.
24. C. F. German, *Crisis in Foreign Policy, A Simulation Analysis*, Bobbs-Merrill, New York, 1969.
25. D. T. Kresge and P. O. Roberts, *Techniques of Transportation Planning: Systems Analysis and Simulation Models*, Brookings Institution, Washington, D.C., 1971.
26. W. K. Stow, C. A. Migliering, W. F. Coxon III (Eds.), *Eighth Annual Simulation Symposium*, Annual Simulation Symposium, Tampa, Florida, 1975.
27. L. E. Gess, V. M. Heier, and G. L. Berostis (Eds.), *Ninth Annual Simulation Symposium*, Annual Simulation Symposium, Tampa, Florida, 1976.
28. G. S. Fishman and P. J. Kiviat, "Digital Computer Simulation: Statistical Considerations," Memorandum RM-5387-PR, The Rand Corporation, Santa Monica, California, December 1967.
29. J. E. Sammet, "Programming Languages: History and Future," *CACM*, Vol. 7, No. 16, July 1972.
30. J. N. Buxton (Ed.), *Simulation Programming Languages*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1968.
31. I. M. Kay, "Digital Discrete Simulation Languages: A Discussion and an Inventory," *Fifth Annual Simulation Symposium*, Annual Simulation Symposium, Tampa, Florida, 1972.
32. I. M. Kay, "An Over-the-shoulder Look at Discrete Simulation Languages," *AFIPS Conference Proceedings*, SJCC, Vol. 40, 1972.
33. J. S. Hunter and T. H. Naylor, "Experimental Designs for Computer Simulation Experiments," *Management Science*, Vol. 16, No. 7, March, 1970.
34. D. S. Burdick and T. H. Naylor, "Design of Computer Simulation Experiments for Industrial Systems," *CACM*, Vol. 9, No. 5, May 1966.
35. J. P. Klanten and T. H. Naylor, "The Use of Multiple Ranking Procedures to Analyze Simulation of Business and Economic Systems," *Proceedings of the American Statistical Association*, August 1971.
36. T. H. Naylor, D. S. Burdick, and W. E. Sasser, "Computer Simulation Experiments with Economic Systems: The Problem of Experimental Design," *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 62, December 1967.
37. K. D. Tocher, "Review of Simulation Languages," *Operational Research Quarterly*, Vol. 16, No. 2, 1964.
38. H. Kleine, "A Second Survey of Users' Views of Discrete Simulation Languages," *Simulation*, August 1971.
39. R. E. Shannon and M. W. Wyatt, "Discrete-Simulation Language-users' Survey Revisited," *Simulation*, May 1973.
40. R. E. Shannon, *System Simulation: The Art and Science*, Prentice-Hall, Inc., 1975.
41. P. J. Kiviat, "Development of Discrete Digital Simulation Languages," *Simulation*, Vol. 8, No. 2, February 1967.
42. R. N. Linebarger and R. D. Brennan, "A Survey of Digital Simulation Digital Analog Simulator Programs," *Simulation*, Vol. 3, No. 6, December 1964.
43. D. Techroew and J. F. Lubin, "Computer Simulation—Discussion of the Technique and Comparison of Languages," *CACM*, Vol. 9, No. 10, October 1966.
44. G. A. Milgram, *Simulation: Statistical Foundations and Methodology*, Academic Press, Inc., New York, 1972.



Gerald W. Adkins is working toward a PhD in computing science at Texas A&M University. His areas of specialization are simulation and analytical modeling of computer systems and CPME. Adkins received a BS in mathematics from the University of Kentucky in 1967 and an MS in computing science from the Florida Institute of Technology in 1974. He is a member of ACM and IEEE.

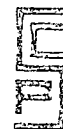


Udo W. Pooch is an associate professor of computing science at Texas A&M University. A consultant and prolific author, he has published extensively in journals dealing with such topics as time-sharing systems, operating systems, computer graphics, minicomputers, psychometrics, and simulation.

Pooch earned a BS degree in physics from UCLA and a PhD in theoretical physics from the University of Notre Dame. He is a member of numerous professional societies, including ACM, IEEE, ASA, ORSA, SIAM, SCS and APS.

He was awarded the 1974 Texas A&M University Distinguished Teaching Award, as well as the 1974 College of Engineering Teaching Award. He has been an ACM National Lecturer since 1974.

*The finest computer books and journals from*



**COMPUTER  
SCIENCE  
PRESS**

**JOURNAL OF DESIGN AUTOMATION  
& FAULT TOLERANT COMPUTING**

*Melvin A. Breuer, Editor-in-Chief*

This new quarterly provides comprehensive coverage of the subject areas of digital system design automation, diagnosis, testing, and fault-tolerant computing. *Complimentary copies of the first issues (October, 1976) available upon request. Subscription \$30.00 (Individuals), \$50.00 (Institutions) (Airmail \$15.00).*

To be indexed in:

*Engineering Index, Current Contents, Engineering Technology and Applied Sciences, and Computer and Control Abstracts.*

Subscribe or submit papers to:

**COMPUTER SCIENCE PRESS, INC.**

Dept. CM, 4566 Poe Avenue  
Woodland Hills, California 91364 USA

*California residents add 6% sales tax.  
Postage and handling is \$1.00 per book.*



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

TEMA : 3.4 LENGUAJE DE SIMULACION DYNAMO.

SYSTEMS ANALYSIS AS A TOOL FOR  
URBAN PLANNING.

JAY FORRESTER.

PROF. ING. VICTOR LOPEZ DE BUEN.

Abril, 1978.

New ways are becoming available for analyzing our social systems. These permit the design of revised policies to improve the behavior of the systems within which we live. Many of the ideas discussed here are treated more fully in my book *Urban Dynamics*, which shows the city as an interacting system of industry, housing, and people. The book presents a theory, in the form of a computer model, that interrelates the components of a city. It shows how the interacting processes produce urban growth and cause growth to give way to stagnation. Various changes in policies are examined with the laboratory model to show their effects on an urban area. A number of presently popular proposals are tested - a job training program, job creation by busing to suburban industries or by the government as employer of last resort, financial subsidies to the city, and low-cost housing programs. All are shown to lie between neutral and detrimental in their effect on a depressed urban area. The evolution of an urban area from growth to stagnation creates a condition of excess housing. Housing is excess compared with both population and the availability of income-earning opportunities. To reestablish a healthy economic balance and a continuous process of internal renewal, it appears to be necessary to reduce the inherent excess housing of depressed areas and to encourage the conversion of part of the land to industrial use. By so doing, a large enough wage and salary stream can be brought in from the outside economy to make the area self-sustaining.

As you can see, these results are controversial. If they are right, most of the traditional steps taken to alleviate the conditions of our cities may actually be making matters worse.

*Urban Dynamics* is based on methods for studying complex systems that form a bridge between engineering and the social sciences. Although I shall present here some results from the book, my principal emphasis will be on the importance of the methods to all social systems.

Over a decade ago at MIT we began to examine the dynamic characteristics of managerial systems. The field known as "industrial dynamics" resulted. Industrial dynamics belongs to the same general subject area as feedback systems, servomechanisms theory, and cybernetics. It is the study of how the feedback-loop structure of a system produces the dynamic behavior of that system. In managerial terms, industrial dynamics makes it possible to structure the components and policies of a system to show how the resulting dynamic behavior is produced. In terms of social systems, it deals with the forces that arise within a system to cause changes through time.

A design study of a social system seeks changes in structure and policies that will improve the behavior of the system. Some people recoil at the thought of designing social systems. They feel that designing a society is immoral. But we have no choice about living in a system that has been designed. The laws, tax policies, and traditions of a society constitute the design of a social system. Our available choice is only between different designs. If we lament the functioning of our cities, or the persistence of inflation, or the changes in our environment, we mean that we prefer a social system of a different design.

The design process first observes the behavior modes of a system to identify the symptoms of trouble. Second, the system is searched for the feedback structures that might produce the observed behavior. Third, the level and rate variables making up that structure are identified and explicitly described in the equations of a computer simulation model. Fourth, the computer model is used to simulate in the laboratory the dynamic behavior implicit in the identified structure. Fifth, the structure is modified until its components and the resulting behavior agree with the observed conditions in the actual system. Sixth, modified policies can then be introduced into the simulation model in search of usable and acceptable policies that will yield improved behavior.

This design process brings the essential substance of a social system into the laboratory where the system can be studied. Laboratory representation of a social system can be far more effective than most people would expect. Anything that can be stated or described about a social system can be represented in such a laboratory model. The major difficulty is the rarity of skilled professional talent. There are very few men with a knowledge of the proper guiding principles and with experience in perceiving the pertinent feedback structure of complex, poorly defined systems. Whatever one may say about the shortcomings of the process, there is no comparable effective substitute.

Surprising discoveries come from this combination of theory and laboratory experimentation. We observe that relatively simple structures produce much of the complex behavior of real-life systems. We find that people's skills in perception are very different from those commonly supposed. It is often asserted in the social sciences that people are unreliable in analyzing their own actions, yet time and again we find that the policies and practices that people know they are following are the ones that interact to produce the most troublesome consequences. Conversely, it can be clearly demonstrated that the vaunted powers of judgment and intuition usually deceive the person who tries to guess the time-varying consequences that follow even from a completely known system structure. We find that the most conspicuous modes of behavior in managerial, urban, and economic systems are produced by nonlinearities within those systems. The linearized models that have been used in much of engineering and in the social sciences cannot even approximate the important modes of behavior in our social systems. The most visible and troublesome modes are manifestations of nonlinear interactions. We find it relatively straightforward to include the so-called intangible factors relating to psychological variables, attitudes, and human reactions. Again, if the influences can be discussed and described, they can be inserted in the policy structure of a model. Any person who discusses why people act the way they do, explains a past decision, or anticipates a future action is relating the surrounding circumstances to the corresponding human response. Any such discussion is a description of decision-making policy. Any such policy statement can be put into a system model.

A body of dynamic theory and principles of structure is emerging that allows us to organize and understand complex systems.<sup>2</sup> For example, the feedback loop becomes the basic building block of systems. Within the feedback loop there are





selected level variables. The twenty-two valve symbols represent the rates of flow that cause the nine system levels to change. Engineers often refer to these level variables as the state variables of a system. The distinction between level and rate variables is also familiar to anyone who examines financial statements. Balance sheet variables are always separated from variables on the profit-and-loss statement. These two types of accounting variables are conceptually quite different. The balance sheet variables are system levels. They are created by accumulating financial flows. The profit-and-loss variables are system rates. This sharp distinction between level variables and rates of flow is found in all systems.

In the simplified urban system of Figure 1, nine levels are grouped into three subsystems. Across the top the industrial sector contains commercial buildings in three categories distinguished primarily by age. Across the center are residential buildings in three categories, also distinguished by age and condition. Across the bottom are three economic categories of population. Because of their complexity, the information linkages connecting the system levels to the system rates are not shown on this figure. In this figure one can begin to detect the reasons for urban decline. The age of a building tends to determine the character of its occupants. A new commercial building is occupied by a healthy, successful commercial organization that uses relatively more managers and skilled workers than unskilled workers. As the building ages, it tends to house a progressively less successful enterprise with lower employment skills. In addition to the changing employment mix as the industrial building ages, there is a tendency for total employment per unit of floor space to decline. On the other hand, as residential buildings age, there is a tendency for occupancy to increase as well as to shift to a lower economic category of population. One then perceives a condition in which the aging of buildings in an urban area simultaneously reduces the opportunities for employment and increases the population. The average income of the community and standard of living decline.

Figure 2 shows the same nine system levels and one of the twenty-two flow rates. The dotted lines are the information linkages from the system levels to control the one flow rate--here the arrival of underemployed population into the urban area. The various levels of the system combine to create a composite "attractiveness" that determines the inflow rate to the area. If the area is more attractive than those from which people might come, a net inward population flow occurs. If the area is less attractive, an outward flow dominates. Five components of attractiveness are shown in Figure 2. In the upper right corner UJM is the underemployed/job multiplier, which relates the population to the available jobs and represents the income-earning attractiveness of the area. The circle UAMM generates the attractiveness created by upward economic mobility. In other words, an area with high upward economic mobility is more attractive than one offering no hope of advancement. The circle UHM relates the underemployed population to the available housing. The area becomes more attractive as housing becomes more available. UHPM represents the attractiveness of a low-cost-housing program if one exists. And in the lower right corner

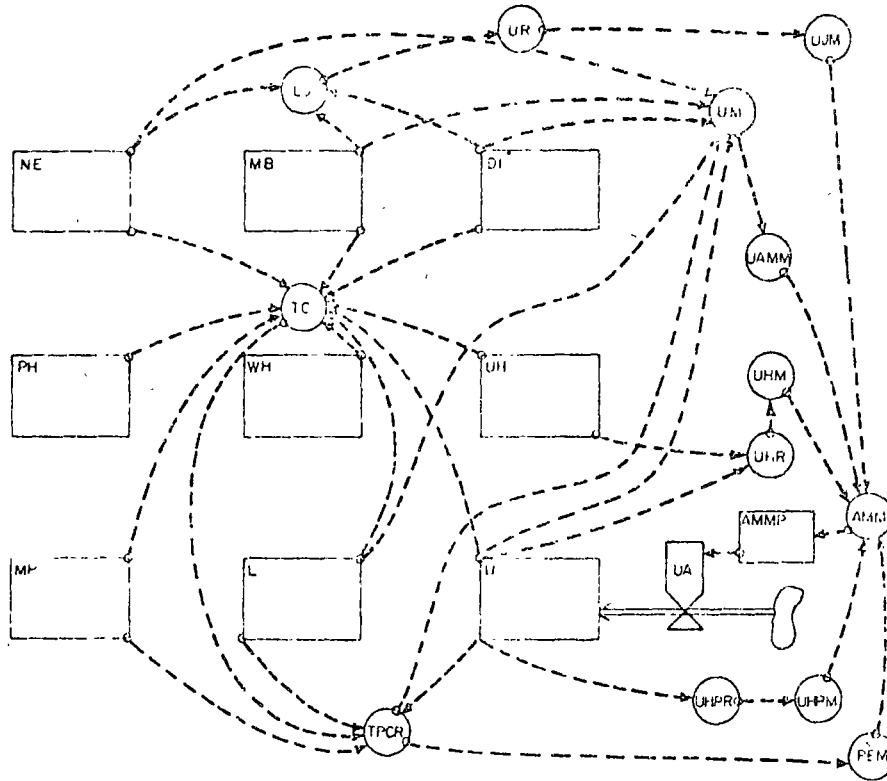


Figure 2 Information links to the underemployed-arrival rate

PEM is the influence on attractiveness of the public expenditure per capita. Rising per capita expenditure means better public services, better schools, and higher welfare budgets.

The concept of attractiveness is fundamental to the population flows. All the characteristics that make an area attractive—these five and many more—combine to influence migration. An attractive area draws people. But almost every component of attractiveness is driven down by an increase in population. If there is an excess of housing, the area is attractive, but a rising population crowds the housing. If there is an excess of jobs, the area is attractive, but the incoming flow of people fills those jobs. In other words, migration continues until the attractiveness of the area falls and becomes equal to that of all other places from which people might come.

An important idea follows from examining these components of attractiveness. In a condition of population equilibrium, all areas must be equally attractive to any given population class; otherwise, net migration would occur. If one component of attractiveness is increased in an area, other components must necessarily fall to establish a new equilibrium. Compensating changes in the components of attractiveness explain many past failures in our cities: frequently

we have attempted to improve one aspect of the city only to discover that other aspects have become worse.

In making a laboratory model of a social system one should not attempt straightaway to solve a problem. Instead one should generate a model that will create the trouble symptoms. Only if one fully understands the processes whereby difficulties are created can he hope to correct the causes. This means that we want a model of an urban area that can start with empty land, grow a city, and show the processes whereby economic health falters into stagnation and decay.

As another guide to modeling, one should not start by building a model of a particular situation, but instead should model the general class of systems under study. This may seem surprising, but the general model is simpler and is initially more informative than a model of a special case. Here we wish to model the general process of urban growth and stagnation. It should be a model that, with proper changes in parameters, is good for New York, Calcutta, a gold-rush camp, or West Berlin. These all seem to have very different characteristics, but they have certain elements in common that describe their urban processes. There are fewer concepts that are common to all than are to be found in any one. The general model can strip away the multitude of detail that confuses any one special situation. The general model identifies the central processes and is a statement of the theory for the entire class of systems.

Figure 3 shows the behavior of the laboratory model of an urban area. It presents the nine system levels over 250 years. The first 100 years are a period of

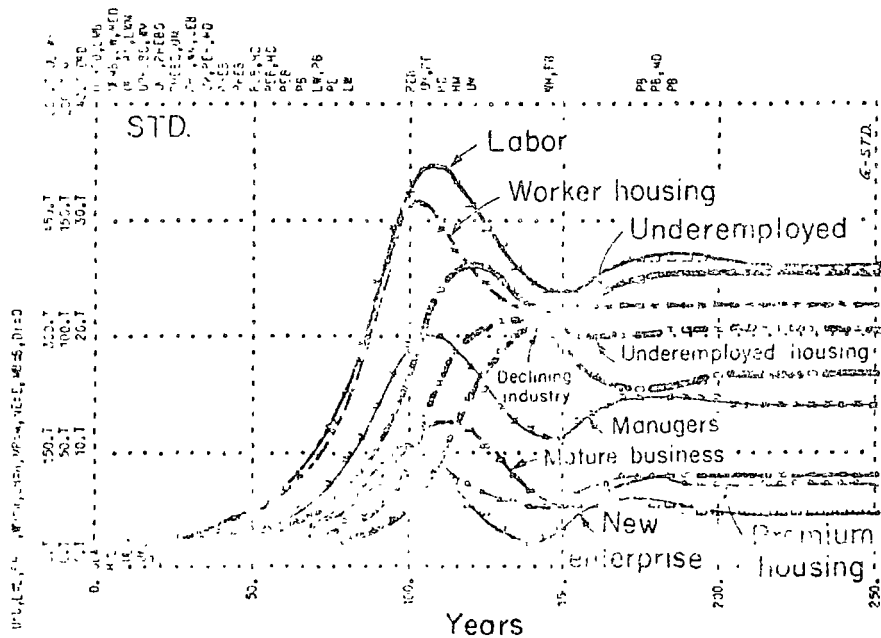


Figure 3 Growth and stagnation

exponential growth, but then the land area becomes filled, growth ceases, and the aging process begins. At year 100, near the end of the growth phase, the labor population is almost double the underemployed population. This is a healthy mix that is well matched to the job distribution in the area and gives a high upward economic mobility to the underemployed population. But by year 150 the labor population has fallen and the underemployed population has risen until the two groups are almost equal; business activity has declined, and the area has taken on the characteristics of a depressed city.

Figure 4 shows other variables during the same 250 years. Notice especially the underemployed/job ratio and the underemployed/housing ratio. During most of the first 100 years of growth these two ratios were almost constant. The underemployed/housing ratio was high (above the center of the figure), meaning that the population is large compared to the housing. In other words, during the first 100 years there was a housing shortage for the underemployed population. On the other hand, the underemployed/job ratio was low, meaning that the population was below the job opportunities; jobs were readily available, economic opportunity was good, and upward economic mobility was high. During this early period of growth and high economic activity, the underemployed population was being effectively adjusted in relation to other activity by balancing good economic opportunity against a housing shortage.

But between 90 and 140 years, notice the sharp reversal of the curves for the underemployed/job ratio and the underemployed/housing ratio. Within this 50-

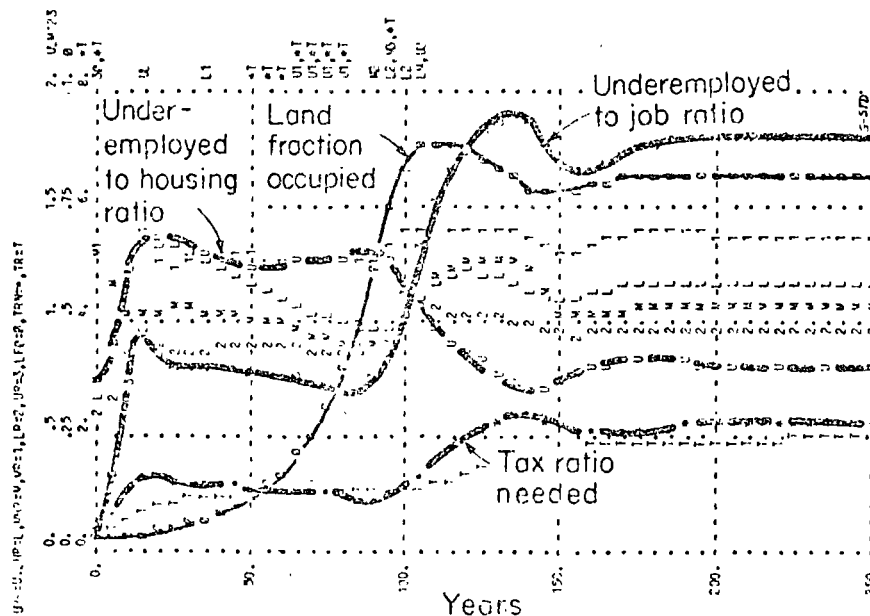


Figure 4 Compensating changes in housing and employment

year span, the underemployed increased while available jobs decreased; the result is a precipitous rise in unemployment. But in this same period, the housing that is aging and becoming available to the underemployed is rising even more rapidly than the underemployed population. Jobs have become scarce while housing has become surplus. The model is behaving the way our cities do.

Many people seem not to realize that the depressed areas of our cities are areas of excess housing. The economy of the area is not able to maintain all the available housing. Because of low incomes, people crowd into some dwelling units while other buildings are abandoned, stand idle, and decay.

Recall the earlier comments about compensating movements in the components of attractiveness. Here, as housing becomes more available, jobs become more scarce. The stagnating urban area has become a social trap. Excess housing beckons people and causes inward migration until the rising population drives the standard of living down far enough to stop the population inflow.

Figure 5 shows 50 years, beginning with the conditions found at the end of Figure 3. At time 0, a low-cost-housing program is introduced, which each year builds low-cost housing for 2.5 percent of the underemployed population. Observe what happens. Underemployed housing, which is being actively constructed, rises 45 percent but premium housing falls 35 percent, and worker housing falls 30 percent. New enterprise declines 50 percent and mature business declines 45 percent, all in the 50-year period. Economic conditions become sufficiently worse so that even the underemployed population, although it rises initially, eventually falls to slightly less than its beginning value. These changes are a result of the low-cost-housing program.

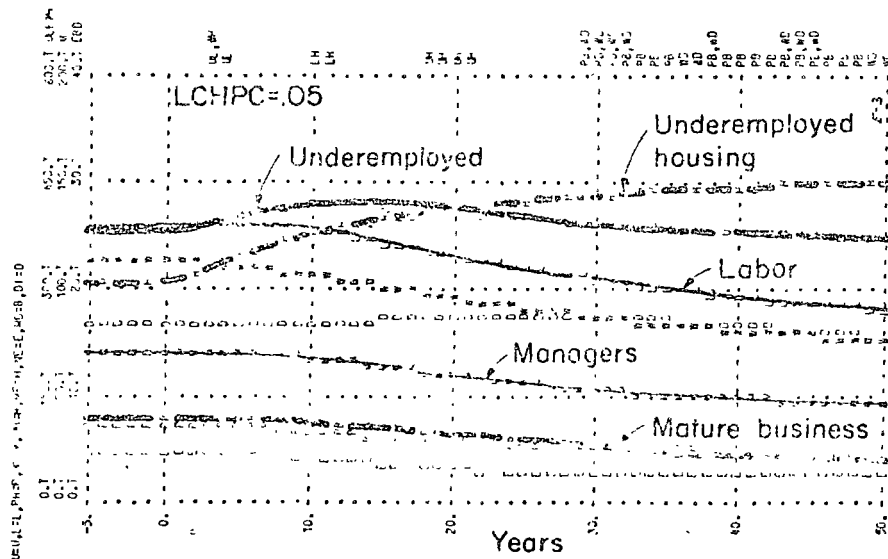


Figure 5 Decline of urban area caused by low-cost-housing construction each year for 2.5 percent of the underemployed

In Figure 6 the corresponding underemployed/job ratio has risen 30 percent, indicating substantially higher unemployment, while the underemployed/housing ratio has fallen 30 percent, indicating a still higher excess of housing. Again, the two components of attractiveness compensate for one another with better housing and a falling standard of living. In the long run, the low-cost-housing program has not served the interests of the low-income residents. Instead, it has intensified the social trapping characteristic of the area. Over the period, the tax levies rise 35 percent. The area has become worse from almost all viewpoints.

Job training programs, job creation programs, and financial subsidies were examined in this same manner. All lie between ineffective and harmful. The low-cost-housing program was the most powerful in depressing the conditions of a stagnant urban area.

The depressed areas of our cities seem to be characterized by excess housing compared to jobs and by an excessive concentration of low-income population. These conditions, created by aging industrial and dwelling buildings, interact to drive out the upper-income population and business activity and to reduce the tax base. Once the decline starts, it tends to accelerate. Unless one can devise urban management policies that produce continuous renewal, difficulties are inherent.

Figure 7 shows an urban condition that begins with stagnation and then changes toward revival. Here 5 percent of the slum housing is removed each year and the incentives for new-enterprise construction are increased somewhat. The result is a cascading of mutual interactions that raise the economic activity of the area, increase upward economic mobility for the underemployed population, and shift the population internally from the underemployed to the labor class. This is

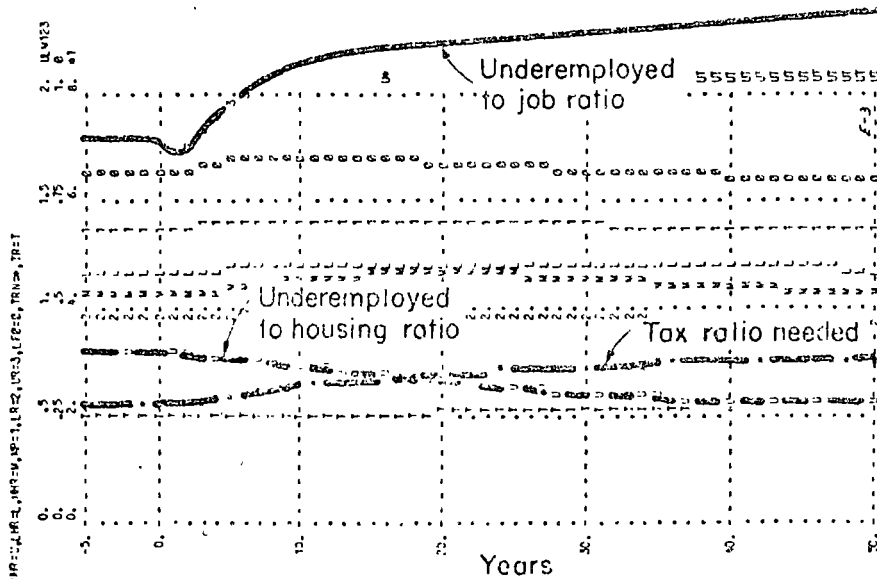


Figure 6 Rising unemployment and falling occupancy of housing.

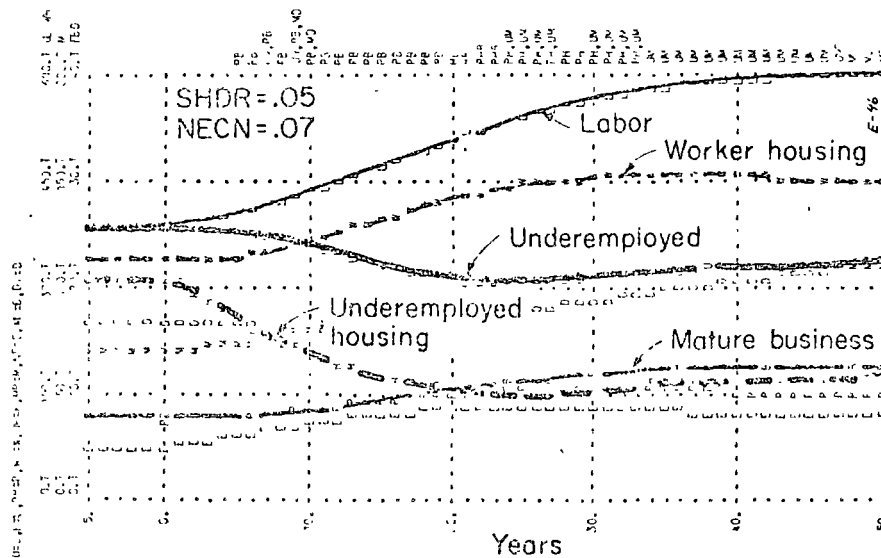


Figure 7 Revival caused by removing 5 percent of underemployed housing each year and encouraging business construction to generate jobs

done without driving the existing low-income population out of the area. Underemployed housing is reduced. Initially, this reduction comes largely from the empty housing. The resulting housing shortage restrains the population inflow that would otherwise defeat the revival of the area.

Figure 8 shows the same 50-year span as the preceding figure. Here again, employment and housing move in opposite directions. The underemployed/job ratio falls, which means more jobs and lower unemployment. On the other hand, the underemployed/housing ratio rises, which means a tighter housing situation. If the economic circumstances are to be improved, we must accept some compensating change in other components of attractiveness. Here it is the increased tightness of housing that allows job opportunities to increase faster than population until a good economic balance is reached. I stress economic revival as the first stage of rebuilding a depressed area because it appears that an economic base must precede social and cultural development.

It is simply not possible to increase all of the attractiveness components of an area simultaneously. Attractiveness is here defined in a very broad sense. For example, legal restrictions like an immigration barrier into a country can produce enough "attractiveness" for inward migration so that other components might be maintained at a high level. But wherever one component of attractiveness is high others will be found to be low.

Engineers, especially, should consider the compensating changes that will occur in the attractiveness components of an area because engineers tend to deal with economic considerations and technology. Economic and technical factors



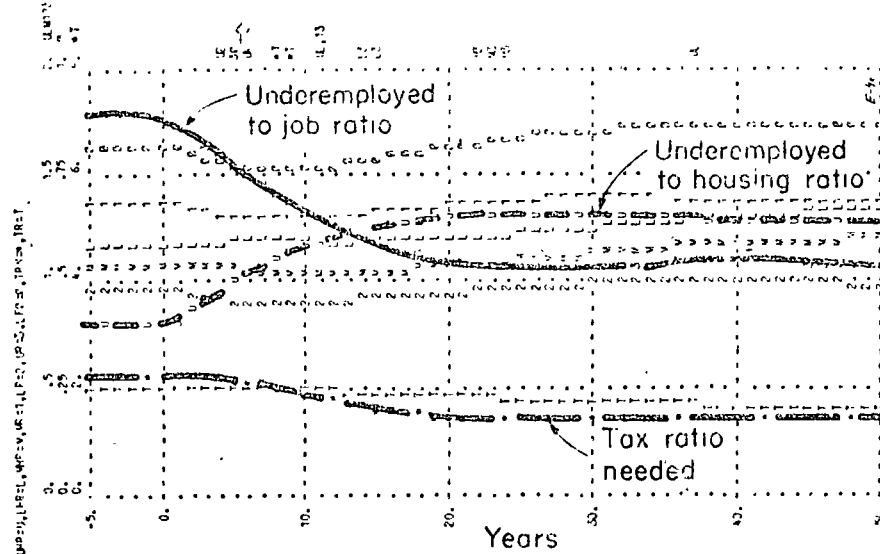


Figure 8 Falling unemployment and rise in housing occupancy

are more concrete than the intangible “quality-of-life” variables. The economic and technical aspects of a city are the ones we most easily see how to improve. Our technological society tends, therefore, to observe, react to, and improve the economic and technical aspects of a city. Such improvements increase the technical and economic components of urban attractiveness. But as a result, population density rises until the urban area once again reaches an attractiveness equilibrium with its environment. The burden of forced reduction in other components of attractiveness falls on the quality of life variables—crowding, pollution, and psychological stress. These less tangible variables have been weak, hard to measure, and have been defenseless against the persuasiveness and the certainty of improvement shown by the technical and economic considerations. But we are entering a time when a reversal will occur between the formerly weak and strong variables. For a substantial fraction of our population, the standard of living is already high enough so that more gain in the economic and technical areas will come at too high a price in the quality-of-life components of our environment. The engineer, if he continues to serve society, must balance a greater number of social needs against one another. At one time his task was simply to balance the financial cost against the economic performance of his technology. Now the product and also the medium of payment are both expanding. Social value and quality of life become part of the product. Psychological stress, ugliness, and crowding become part of the cost. Engineers who fail to recognize this broadened role will be vilified and castigated by a society that perceives them as narrow and insensitive to the demands of the times.

When a system misbehaves, we should ask ourselves what policies within that system cause the undesirable characteristics. If we examine the laws under which a city operates, we see a structure of regulations that could hardly be better designed to create stagnation and decline. The aging and decay of buildings are central to the urban decline process, yet we see throughout our tax laws and regulations numerous incentives to keep old buildings in place. As the value of a building decreases, so do the assessed taxes. The reduced expense makes it possible to retain the old building longer. For income tax purposes under some circumstances the value of a building can be depreciated several times. This produces incentives to keep an old building in place. Here is not the place for detail, but it seems to be clear that a different set of tax laws and city regulations could be devised to produce the individual incentives necessary for continuous renewal. As an example, I recently saw a suggestion that each building have a mandatory trust fund into which the owner must pay a levy each year. At any time, whoever owns the building can draw out the money in the trust fund if he demolishes the building and clears the land. This would create an earlier incentive for replacement. Property tax levies and income tax accounting could both be changed to produce pressures in the same direction.

Our studies of managerial, urban, and other social systems have uncovered many general characteristics of complex systems to which we must be alert if we are to avoid continuing to create detrimental modes of behavior.

First, complex systems are counterintuitive. They behave in ways that are opposite to what most people expect. They are counterintuitive because our experience and intuition have been developed almost entirely from contact with simple systems. But in many ways, simple systems behave exactly the opposite from complex systems. Therefore, our experience misleads us into drawing the wrong conclusions about complex social systems.

Second, complex systems are strongly resistant to most policy changes. A new policy tends to warp the system so that slightly changed levels present new information to the policy points in the system. The new information, as processed through the new policies, tends to give the old results. There are inherent reasons within complex systems why so many of our attempts at correcting a city, a company, or an economy are destined to fail.

But, third, the converse is also true. There are points in systems from which favorable influences will radiate. Often these points are difficult to perceive. Often the action required is the opposite to that which might be expected. But when these points are found, they tend to radiate new information streams in such a way that the new circumstances, when processed through the old attitudes and policies, produce a new result.

Fourth, complex systems tend to counteract most active programs aimed at alleviating symptoms. For example, Chapter 4 in *Urban Dynamics* shows how a job-training program can increase the number of underemployed in a city. When outside action tries to alter the condition of a system, the system relaxes its own internal processes aimed at the same result and throws the burden ever more onto

the outside force that is attempting to produce a correction. The internal need for action is reduced and the external supplier of action must work ever harder.

Fifth, in complex systems the short-term response to a policy change is apt to be in the opposite direction from the long-term effect. This is especially treacherous. A policy change that improves matters in the short run lays a foundation for degradation in the long run. The short tenure of men in political office favors decisions that will produce results quickly. These are often the very actions that eventually drive the system to ever-worsening performance. Short-run versus long-run reversal processes are all around us. If an agricultural country is to industrialize, it must accumulate railroads, factories, and steel mills. This capital accumulation can only be done by foregoing consumption and reducing the standard of living first so that the standard of living may rise at a later time. If a company faces declining earnings because its products are obsolete, it must invest more heavily in product research and incur even deeper short-term losses if it is to recover in the more distant future to a profitable product stream. A student foregoes short-term earning opportunities by attending college to increase his longer-term earning capability. This reversal between the short run and the long run occurs repeatedly.

Sixth, a system contains internal dynamic mechanisms that *produce* the observed undesirable behavior. If we ignore the fundamental causes and simply try to overwhelm the symptoms, we pit two great sets of forces against one another. In general, our social systems have evolved to a very stable configuration. If the system is troublesome, we should expect that the causes of the trouble are deeply embedded. The causes will outlast our persistence in overwhelming the symptoms. Furthermore, the internal pressures usually rise to counteract a corrective force from the outside. We can expend all our energy to no avail in trying to compensate for the troubles unless we discover the basic causes and redesign the system so that it will spontaneously move to a new mode of behavior.

And as the last of these characteristics of complex systems, we must recognize that a certain ensemble of conditions goes with each possible mode of a system. More specifically, each mode of a system is accompanied by a set of pressures characteristic of that mode. We cannot sustain a particular mode unless we are willing to accept the corresponding pressures. For example, contrast the depressed mode of a city in Figures 5 and 6 with the revived mode in Figures 7 and 8. The depressed mode is characterized by the pressures that come from decaying buildings, low incomes, and social disorientation. But the revived mode also contains pressures. The revived mode is sustained by the housing shortage and by the legal and tax pressures that generate a steady demolition and replacement of old buildings. But everyone in the system will want to alleviate the pressures. Active industry will want more employees; residents will want more floor space; and outsiders will want housing so they can move to the attractive job opportunities. Rents will be high. These pressures are easy to relieve by increasing the fraction of the land area permissible for housing, by keeping old

This paper proposes steps for reaching a national consensus on redirecting the forces of urban evolution. As background, it first discusses the nature of the urban system and the processes of city planning.

In *Urban Dynamics I* have shown how business, housing, and people can interact to produce the growth and decline of a city. This is done by interrelating fairly noncontroversial assumptions about the urban components in a computer simulation model. The computer then shows the behavioral consequences of the social system that was described in the model. Such a computer model is based on assumptions like the ones we make in our mental models that we use for intuitive reasoning. In general it appears that such assumptions about the behavior of separate parts of a system are sound but that the human mind is poorly adapted to tracing the consequences of the assumptions. In reasoning, even from correct assumptions, we readily mislead ourselves. However, the strength of the computer is the reverse; although it can not provide the structure of a model, it can reliably and completely show the consequences of any assumed set of relationships. A new power in understanding our cities is achieved by combining the newly emerging concepts of system structure and dynamics, the computer to simulate model behavior, and the knowledge of the urban components possessed by those who have had experience in city living and leadership.

The method in *Urban Dynamics*, though not necessarily the particular model, can be used to examine the effect on a city from any proposed policy change. As seen in actual cities and also in the computer model of an urban area, the results from a policy change are often unexpected. Many past efforts to improve the city have been futile or detrimental. Unless we act to understand our social systems better, we can expect the same futility and failure in the future.

### 18.1 The Nature of Urban Systems

From the study of complex systems we have learned many things:

1. The trouble symptoms of a social system (such as a city, a corporation, or a national economy) are usually produced by the interactions of obvious and well-known parts of the system. Because mental reasoning is unable to deduce dynamic behavior from a knowledge of the separate components, we fail to realize that known policies, actions, and relationships can be the cause of system malfunction.

2. Policy recommendations derived from model simulations are not highly sensitive to the input assumptions if those models properly reflect the structure of our actual systems. The nature of policy recommendations usually do not change when the input assumptions are changed throughout the range of our uncertainty about their true values. But results do depend on proper modeling approaches and do depend on having the proper model structure. (See *Urban Dynamics*, Appendix Section B.3.)

3. Our complex social systems do not behave in accordance with most intuitive reasoning. Very often the "corrections" we undertake to improve a system actually make matters worse. (See *Urban Dynamics*, Chapter 4.)

4. Social systems are self-regulating feedback organizations. As such, they resist efforts from the outside to change their condition. A simple example of this recalcitrant behavior is seen in a room that is too hot because the thermostat is set too high. If someone tries to cool the room by opening a window (that is, he brings in a force for change from the outside), the thermostat turns the heat higher to try to hold the room at the temperature set on the thermostat. (See *Urban Dynamics*, Section 4.2, where job training can increase the number of underemployed; Section 4.3, where a financial subsidy to the city can increase the needed internal tax rate; and Section 5.6, where stricter standards and restrictions on middle-income housing may actually increase the amount of that housing.)

5. A policy change in a social system usually produces a short-run effect that is opposite in direction to the long-run effect. Actions that relieve immediate pressures can reverse their effects at a later time and cause even worse deterioration and stresses. (See *Urban Dynamics*, Section 4.4, where a low-cost-housing program creates a small, brief reduction in unemployment followed by higher unemployment, or Section 4.2, where a job-training program at first reduces the number of underemployed followed by an increase.)

6. Each condition that a city may exhibit has a corresponding set of social or economic pressures. For any urban goal that a city chooses, the citizens must be prepared to live with the corresponding pressures or disadvantages. If the particular pressures are eliminated, the city shifts to a different mode with a different set of pressures. (See *Urban Dynamics*, Section 7.5.)

7: The "attractiveness" of a city is a composite of dozens of factors that give a city its character. The components of attractiveness include housing, job opportunities, tax rates, public services, cultural activities, crowding, prices, pollution, accessibility, safety, location, and weather. (See *Urban Dynamics* p. 117)

- a. Most components of attractiveness are reduced as the total population and the population density increase above some favorable range of human aggregation.
- b. It is not possible to maintain high values for all components of urban attractiveness. Any area with a high composite attractiveness draws people until the composite attractiveness is driven down to equilibrium with other areas.
- c. If any aspect of an urban area is improved, some other aspect must and will, in time, show a corresponding decline (for example, falling job or housing availability; rising land prices, pollution, and commuting time; or crowding).
- d. Urban planning that fails to choose the negative factors that are to be used to limit population and population density will encounter unexpected negative factors being created by the dynamics of the system in response to population movement.

8. Humanitarian impulses and motives lead to actions that often have only fleeting value. Policies based on alleviating social distress often fall into the class of changes where short-term improvement is followed by long-term deterioration,

even for the group that the policy change is intended to help. Many of our cities are now caught in a vicious circle of worsening troubles created by acting with the best of intent and humanitarian objectives but with results that accentuate the social trapping effect of ghetto areas, actually increase (not just move from place to place) the number of the low-income population, and reduce the chance of economic escape from poverty.

### **18.2 How We Have Designed Cities**

Our cities have not been designed by city planners. What planner would claim to have designed Harlem in New York or Roxbury in Boston as those areas exist today? At best, urban planners launch only the initial phase in a cascade of changes through which an urban area relentlessly falls.

In a very real way, our cities are being designed by the dynamics of the urban structure itself. We have set in motion a self-directing system that is leading us into our "urban crisis." The present procedure for designing an urban system is to respond sequentially to the social pressures that develop. As each pressure arises, we attempt a direct assault on either the symptoms of difficulty or what appears to be the immediate cause.

In searching for causes, we look close in time and location to the symptoms of difficulty. The nature of complex systems produces an *apparent* cause near to the symptoms. But this apparent cause is usually a coincident symptom and is not a lever through which the fundamental difficulty can be corrected. By accepting the apparent cause that the system presents, we are misled into action that merely shifts the symptoms of trouble to another point. We fail to reach the true causes that lie deeper and more remote within the system.

As we act to relieve one set of symptoms, we cause another set of symptoms to arise. The system itself determines a sequence of pressures that lead people from one action to the next, each action creating the next trouble point.

This pattern of reaction to one pressure after another is itself a system design procedure, but it is a defensive procedure. It leads to a result we do not like. We are led through a sequence that is generated by the structure and the policies of the system itself. We are not working toward realizable goals that describe the best kind of city that is possible.

Unless the characteristics of complex systems become understood and recognized in city planning and in our national attitude toward the urban situation, those plans will fail. Most city development plans and national actions violate one or more of the requirements imposed by the fundamental dynamic nature of an urban system. By attempting the impossible, by adopting policies that have the reverse of the intended effect, by seeking utopia with means that produce disaster, and by attacking the very pressures that must accompany desired urban behavior, we sustain the national frustration while the urban crisis worsens.

In stressing the reasons for having arrived at our present urban dilemma, I do not imply either incompetence or lack of good intent on the part of the past

urban leaders. Our social systems are so complex and are of such a nature and structure that there has been almost no possibility that effective policies could have been established by judgment, argument, and compromise. Even a person well trained in the dynamics of complex systems does not correctly anticipate the behavior of even a laboratory model system although he may have complete knowledge of the structure and policies of the model. Only by going through extensive computer simulation (that is, examination of the system in the laboratory under a variety of circumstances) does he develop insights about how the components of the system interact.

### **18.3 Defects in Current Urban Proposals**

The following observations about the current urban condition set the stage for discussing future directions:

1. The search for more money dominates almost all discussion of the "urban crisis." But no one stops to explain why we have a system that demands ever more outside support. At one time cities served themselves and the surrounding countryside. There are indications that more money will at best postpone the day when the fundamental causes of urban decline must be faced; at worst, more money can hasten the decline. For example, if traffic delays justify money for central arteries that increase traffic, require more parking garages, bring in more people, force up building heights, produce more traffic, and cause traffic delays, we find "the faster we run, the behinder we get." Any tracing of proposed uses of more money brings us into such circular processes. Money from the outside is probably not a solution except under the impossible conditions of an ever-increasing rate of outside subsidy that can keep ahead of the further demands that the subsidy itself creates. We built our cities in the first place by internal economic processes; why do we believe it is impossible to maintain them? There are indications that cities would revive by themselves and be self-sustaining if we eliminated the positive incentives that cause decline.

2. The desperate effort to raise more money is leading to actions that are self-defeating even from the monetary viewpoint. The graduated state income tax, payroll tax, tax on improvements rather than land, the shift of tax from persons to business, and similar proposals penalize the most mobile parts of the urban community. The result is a selective process that draws to the central city those people and activities which are not self-supporting and repels those people and activities which are most needed to maintain a heterogeneous community, social stability, and economic vitality. This destructive process is widely recognized, but the short-term pressures are thought to be so high that little is done to get off the declining spiral.

3. By reaching beyond the city for suburban and state tax support to compensate for the ill-advised policies that govern our urban areas, we are on the verge of converting whole states to the "urban crisis." The northeast quadrant of the United States is especially vulnerable. This is the old industrial sector. Within the boundary connecting Milwaukee, St. Louis, Washington, D.C., Boston, Buffalo, Detroit and Milwaukee, lie the oldest buildings in the country. Here are

concentrated the declining areas. This entire area is showing symptoms of urban decline. The other three quadrants of the United States are acting as the "suburbs" to this old industrial quadrant. As buildings age and taxes rise, the more mobile and more economically effective segments of business and population are moving to the "suburban" three quadrants of the country. The South and West are showing much more rapid economic growth than the Northeast. The spiral of urban decline then begins to appear as low-income population concentrates in the Northeast quadrant to take the place of those who are moving away. Costs and taxes rise further; the population mix continues to shift in an unfavorable direction and more forcefully drives out those who have mobility.

4. As cities grow and become congested, it appears that total "overhead" costs are growing disproportionately. We should examine optimum size, design, and distribution of activities within a city. It is possible that the trend toward increasing the boundaries of metropolitan government should be reversed.

5. We seem to be in a cycle where communities disintegrate, crime rises, and more police protection is required, but more police remove the need for community self-discipline and indirectly cause more crime. The hypotheses about these social cycles need to be modeled to see which assumptions agree with the observed behavior.

6. The demands for expanded metropolitan government should be questioned. Why do we want larger urban governments? Are the biggest cities free of problems? Is an extended urban boundary a solution to anything? Probably only in the short run. Annexing a suburb that has not yet started its economic decline may give a momentary boost to the tax-base, but the action may hasten the decline of the annexed area and enlarge the area of urban blight. Metropolitan water districts and other self-supporting organizations that sell their services at full cost are probably necessary and not to be confused with the expansion of city government. With larger government goes public futility, frustration, and indifference, all of which become more debilitating with time.

#### **18.4 Urban Goals**

No achievable goals are guiding our urban planning. Without clear goals of what a city is to be thirty to fifty years hence, there is no basis for choosing between present alternatives. We must think that far ahead because the institutions, buildings, services, facilities, and populations now being established will last that long.

Most organizations, be they corporations or cities, avoid explicit goals because goals imply commitments and, even more important, any clear goal favors one group over another. Most city planning groups refuse to take sides; they want to be all things to all people; they subscribe to all conceivable goals. But if separate steps are taken toward goals that are incompatible, the result may be failure in all the goals.

Many of the "master plans" and "goals for the city" amount to more and better of everything for everyone. As such they set impossible goals. A city cannot be better than its environment in every respect. Try to imagine a city that has less



crowding and pollution, more jobs and housing, higher wages, lower rent, and finer amenities than its environment. What happens? People move in until prices rise or the urban system becomes so overloaded that it is no longer superior.

The "attractiveness principle" (see *Urban Dynamics*, p. 117) asserts that if one aspect of a city is improved, another must and will decline. Each improvement will carry with it a negative compensation. I have seen no master plan that specifies the disadvantages that will be made severe enough to control population and population density to compensate for proposed improvements.

The current crop of plans for cities will not alleviate the urban difficulties. They will fail at one of two stages. First, most of them depend on huge infusions of money, money that will probably not be available, so the plans fail by not being implemented. Second, if such a plan is implemented, it will not be dynamically sound. It does not contain the necessary negative counterbalances to the proposed improvements, so the urban system will generate unfavorable factors in unexpected directions. The utopian plans are not viable and contain the mechanisms for their own destruction.

### 18.5 Directions for Thinking

If the troubles in a social system are *created* by its internal structure and policies (for example, laws, tax regulations, and zoning) and if the external forces to correct the symptoms will usually be defeated, it means that the salvation of the city must originate from the inside. If forces for internal revival are to be established we must reverse our thinking in several crucial areas.

*Money.* Emphasis should be shifted away from money as the cure-all. In demanding more money as the solution to urban problems, people overlook the fundamental dynamic process now at work in the city. That process: as the city expenditures rise they reduce the pressures for fundamental solutions and allow the underlying causes to generate further demands to match the growing expenditures. In other words, the basic control process is for demands to rise to meet the available revenues. Is it not curious that all the older cities are in approximately the same degree of difficulty regardless of their physical size or the magnitude of their budgets? None are amply funded. None are conspicuously more desperate than the others. There must be a reason for this uniformity of distress that is independent of the size of the budget. The answer is that the problems and the budget grow hand in hand; neither can outrun the other. If the revenue resources get ahead, they are spent in such a way that they generate matching problems. If the troubles get ahead, the pressures rise to increase revenue, or fundamental steps are taken to alleviate underlying causes, or enough population moves elsewhere to reduce the pressures within the particular system. Perhaps the quickest way to force a recognition and correction of the fundamental causes of urban decay would be to remove all expectation of future financial assistance to the cities by state and federal governments. The trend toward interpreting urban problems as a financial demand on higher levels of govern-

ment must be reversed. Higher levels of government can be most effective by exerting pressures for local action, by altering the tax policies that encourage the perpetuation of old buildings in declining urban areas, and by reversing the policies that favor housing over jobs so that residential construction will no longer rise beyond the economic population-supporting capacity of the area.

*Tax laws.* The property and income tax laws favor old buildings. The aging of buildings is an intimate part of the urban decline process. The shifting of taxes from real estate to incomes means that the old buildings and the land they occupy need not be used effectively; then can be allowed to decay with little tax penalty. Real estate taxation proportional to market value means that taxes decline as the property ages. This reduces the pressure for the replacement of buildings. The income tax laws allow a building to be depreciated several times against current income; this gives an old building value and helps to keep it in place until it contributes to urban decline.

*Population density.* Population densities in both residential and commercial zones are allowed to rise in response to the fallacious argument that rising land prices require more intense use. But land prices reflect the permitted use. Under rigid zoning, with no hope of relaxing the restrictions, land prices could not rise too high for the allowed use. Instead, we allow a land-price-population-density spiral to continue until excessive loads are thrown onto transportation, pollution, psychological trauma, and other factors of the urban environment.

*Zoning.* Zoning has in the past divided land into blocks that are too large and too homogeneous. A large area with housing built all at one time and of a similar quality deteriorates as a whole into a substandard condition. If such an area is large enough, it is avoided by new construction and becomes a slum.

Zoning also allocates too much area for residential use and not enough for industry; this is especially critical when the area begins to age, with the concurrent decline of employment and increase of population. The ratio of residence to industry was satisfactory when the area was first being developed but becomes imbalanced with age. Unless there is rezoning to reduce residence and increase industry, or unless land is held empty initially for later commercial use, the aging area lacks economic vitality to maintain all of its housing stock and the area begins to deteriorate.

The failure to zone so that only forest and agriculture are allowed in rural areas immediately adjacent to urban areas permits urban sprawl to develop and removes the necessity to rebuild and reuse the aging urban areas. Old areas are abandoned rather than revived. This is a direct result of the ease and the lack of legal restrictions in moving onto nearby empty land. The ecological balance between city and agricultural land is destroyed at the same time that the old city is left to deteriorate. A sharp contrast is shown by cities like Copenhagen, Denmark, where open fields lie across a street from multistory apartments. The

reluctance to rezone farmland into city land keeps the expansion pressures within the city itself, forcing the maintenance and renovation of old structures and sustaining their effective use until they are replaced.

*Selected stresses.* As discussed in *Urban Dynamics* (Section 7.5), each mode of behavior of an urban area will exhibit characteristic pressures. We must cherish and preserve the pressures that go with the chosen style of urban environment. To alleviate those pressures means that the area shifts to a different mode with a change in character and style and a different set of pressures.

*Realistic goals.* We must contemplate realistic urban goals that include negative forces powerful enough to limit population and population density. These might be ensembles of policies that can maintain high prices of land and rents, or a housing shortage, or a job shortage (that is the unfortunate control in present ghetto areas), or limited transportation, or limited land area that does not communicate with other areas, or zoning to control density, or a bad array of "quality of life" conditions. The kind of control will determine the character of the city. We should consider the possible kinds of cities having different characters.

### 18.6 Next Steps

The ideas emerging from dynamic studies of urban systems are so contrary to contemporary thought that they will be accepted only after extensive examination. On the other hand, if they are right, we must not continue along past directions. The *Urban Dynamics* book has already led enough people to doubt the wisdom of present urban policies that a far more serious reexamination of the issues becomes an obligation.

It is now time to clarify further the urban process and to move toward a national urban consensus. *Urban Dynamics* may provide the basis. Three steps appear to be necessary—extending and completing the dynamic studies; interpreting the studies into legal and tax changes; and educating an initial group large enough to maintain momentum toward a change in national attitudes.

First, comments and criticism of the urban dynamics work to date must be carefully solicited and evaluated. Valid suggestions must be incorporated and made a part of the program. Doubts that are not relevant or useful must be explained and dispelled. Other aspects of the urban situation must be examined. New models of social behavior may be needed. For example, the forces, pressures, and motivations in the welfare system should be treated in the same way that *Urban Dynamics* treats the housing-job-population structure. In the welfare substructure we may find that the welfare system is *creating* the welfare leases and may discover that the welfare system is an active part of the social trap that keeps people from becoming self-supporting. Various cities, especially those that appear different from one another in character, should be compared with the urban dynamics findings as a further test of the newly developing urban theory. The additional results must be made available in journal articles and books.

Second, the general directions for change must be interpreted into specific proposals for action. These will be recommendations for modifying state constitutions and laws, city ordinances, real estate and income tax regulations, and national laws and administrative procedures. This step will require participation by lawyers, real estate advisers, tax consultants, and others with firsthand knowledge of how the present social-legal structure motivates people to make decisions that are detrimental to the urban system. This phase would develop specific recommendations for the minimum necessary changes in the tax and legal structure of the country.

Third, the tentative proposals would be exposed to selected people. The participants, perhaps some 500, would be chosen to represent the many viewpoints that must be reconciled in altering our urban social structure. This exposure would be intensive, consisting of documents to read in advance, followed by a one-week series of discussions and seminars conducted in small groups. The purpose would be twofold. First, the comments and reactions would be used to further refine the proposals. Second, the participants should become a cadre of informed proponents who could provide leadership for changing the national attitude toward our cities.

In recommending steps toward a sound national urban policy, we must face the question of city goals and master plans. We will need to clarify the nature of such plans and the conditions necessary to make them achievable. We should deal more fully with the concept of "urban attractiveness" and the assertion that each urban improvement carries with it somewhere a compensating disadvantage. We should then identify the sets of attractiveness-unattractiveness ensembles that look reasonable and possible and that could serve as goals between which cities might choose. In doing so we would be discovering the different characters and atmospheres that a city might have and how to maintain the style, traditions, and quality of life that could distinguish one city from another.

## Control of Urban Growth

*Jay W. Forrester*

*Many American communities are coming to employ zoning policies and other legislative acts to contain local population and industrial growth. National attitudes, as reflected in the report of the President's Commission on Population Growth and the American Future, are simultaneously shifting toward recognition of the adverse impacts of population growth on resource availability, pollution, crowding, and our political and social institutions.*

*The following paper by Jay W. Forrester examines the influence of municipal policies and attitudes on urban growth. As Professor Forrester illustrates, technological efforts designed to relieve the symptoms of urban growth have frequently allowed population to expand until social or economic pressures became sufficiently severe to discourage migration to the city. The development of a coherent national urban growth policy in the future will require recognition of the need to control population as a means for preserving desirable urban qualities. However, even for the present, individual communities can exert influence toward limiting urban expansion. This paper outlines several institutional and policy changes that will be necessary accompaniments to successful local and national initiatives.*

*"Control of Urban Growth" was presented as the keynote address to the meeting of the American Public Works Association in Minneapolis, Minnesota, September 25, 1972.*

## 19 Control of Urban Growth

19.1 Technology and Public Works	259
19.2 Fundamental Social Change	259
19.3 Social Stress from Growth	261
19.4 Leadership for Major Redirection	261
19.5 The Attractiveness Principle	263
19.6 Quantity versus Quality	263
19.7 Compromises between Goals	265
19.8 Determining the Future Quality of a City	266
Notes	271

The theme at this meeting of the American Public Works Association is "A Balanced Approach to Community Development." What does it mean? Ten years ago, "community development" would certainly have meant community growth. But today, community development might imply emphasis on the economic health of the community, or concern for a broad array of issues we call the quality of life. The phrase "community development" is one of those ambiguous terms that means what the listener wants it to mean; it reflects our uncertainty about the future of urban living. The theme speaks of "A Balanced Approach," but the program of the meeting is essentially technological. That too reflects our national attitude and our dependence on technology for the solution of any problem that arises. The program shows sessions on equipment, drainage, solid waste, transportation, water supply, buildings and grounds, roads and streets, and administration. But nothing in the program suggests the close coupling that I believe exists between the strictly public works function and the worsening social stresses that are beginning to face our cities.

### **19.1 Technology and Public Works**

Public works administrators are concerned primarily with the technology of urban living. For more than a hundred years the improvement of technology has been the route to improvement in urban living. Public confidence in technology is deeply ingrained. When there is a problem, the country begins by seeking a technical solution. The reasons are twofold. First, technical approaches in the past seem to have succeeded. Second, technical programs are usually easier to visualize, organize, and execute than are changes and improvements in the psychological, social, economic, and ethical aspects of our existence.

But the faith in technology is being clouded by doubt. Technology has been improving while at the same time many aspects of our social conditions have been worsening. Some people are beginning to wonder if there may not be a connection between the two. Is it possible that the time is past when better technology automatically means better living?

The evidence of faltering confidence in technology is everywhere. People are objecting to more highways because of their harmful impact on families, businesses, and communities, without seeing a lasting benefit as growing population and the increasing distances that must be traveled result, in spite of the additional highways, in as much or more total time being spent in travel. Sewer extensions are being questioned because they imply more houses marching across the remaining open areas. Technology has provided higher buildings that result in more concentrated population and increased social disorders. Urban transit systems are being questioned because they may go hand in hand with economic segregation of the population and the decline of the central city. Taxes are rising, but the technology purchased by taxes seems to be losing the battle.

### **19.2 Fundamental Social Change**

Is it possible that our social system has changed since the days when improved technology did lead to improved living? Can a social system undergo

changes in its apparent character so that yesterday's *solutions* to problems become the *causes* of tomorrow's problems? I suggest that indeed such changes in the behavior of our social system are possible, and that they are occurring.

A social system can change its behavior when the restraints under which it operates become different. In the past, the production of material goods was primarily determined by and limited by the availability of capital and labor. To say that production was determined by capital and labor implies that it was not limited by anything else. Our traditions and rules of thumb for social and economic management developed in a period when the inputs to production from nature were, for all practical purposes, unlimited. There was no significant shortage of agricultural land, water, natural resources, energy, or pollution dissipation capacity. But times have changed. In every direction human activity is now being limited by the maximum capacity of the natural environment. When the constraints shift from human effort, in the form of labor and the creation of capital, to a different set of limits, the entire character of the social system can seem to change. Our economic system is undergoing such a transition. Under the new conditions, remedies that worked in the past are apt to be disappointing in the future.

When there are no geographical or environmental limits, economic growth can run ahead of population growth to increase the public well-being. During the growth phase, the many goals of society tend to be independent of one another and can be separately pursued. In the past, if an individual wanted more personal freedom, he could move to the unsettled frontier, while at the same time improving his standard of living by farming rich and virgin agricultural land. But as space fills up, all the social goals begin to interact more strongly with one another. More and more the system begins to offer only trade-offs and compromises. If one wants a higher population, he must accept less personal freedom. If there is to be more industry, there will necessarily be more government regulation and more social groups to intervene in each step and action. If agriculture is to become more capital intensive, there will be more pollution and more long-term damage to the productivity of the land. As population rises against the environmental limits, there will necessarily be higher unemployment and more welfare, with rising governmental costs that divert resources away from additional capital investment.

The change to a new kind of behavior in our socioeconomic system is a consequence of population and economic growth. In the past, when land and natural endowments were unlimited compared to our needs, few restraining pressures were reflected back from nature as a result of exponential growth. But as the natural limits are approached, countervailing forces develop ever more strongly. More and more effort is used in merely overcoming the limitations of the environment rather than, as earlier, in producing collective human benefit. For a while, by expending enough physical effort and capital, the barriers set up by nature can be pushed back somewhat. However, if we follow the route of fighting nature's limits, we will exhaust ourselves. The limits can be pushed some, at ever-increasing cost, but they cannot be eliminated.



### **19.3 Social Stress from Growth**

The detrimental consequences of continued growth are appearing not only as environmental damage. In fact, environmental damage from growth is probably one of the lesser threats to society. The greater threats may be psychological as frustration rises, as the individual perceives himself as powerless to affect his future, and as discord increases. Growth is bringing pressure on every facet of existence.

Imbedded in our folklore is a belief that larger size leads to greater economic efficiency. Up to a point, that probably has been true. But now in cities, even medium-sized ones, the economies of scale no longer favor additional growth. The cost per capita for the operation of a city rises steeply as the total population and the population density increase. At some point, and the largest cities have arrived at that point, the rising costs pull down the vitality of the entire socioeconomic process, making further growth all but impossible.

When growth generates costs faster than benefits, we find ourselves in the position where "the faster we run, the behinder we get." Many people are beginning to recognize the futility of solving growth-created problems by further growth but, strangely enough, there is as yet little attention to the possibility of "catching up by stopping." If we could slow the growth of population and population density in a city while adopting policies to generate continuous renewal and revitalization, it would be much easier to increase the standard of living and the quality of life. But under the existing circumstances, improving the services of a city after a while leads not to improvement in the quality of life but, instead, to larger size with the additional services being swallowed up by more people who demand more of the municipal administration.

The underlying cause of today's social pressures is growth.<sup>1</sup> The changing attitude toward economic growth shows how completely our world is changing. Until ten years ago, everyone promoted growth. Boosterism was the central theme. States had development commissions to promote industry and to attract population. Towns and cities had chambers of commerce to promote growth. But times have changed.

In the present transition period, the prevalent attitude is to accept growth with resignation as a burden to be borne. But that resignation is giving way to opposition. More and more there is active resistance to growth. Oregon, Vermont, Colorado, California, Florida, and Delaware have, in various ways, taken steps to limit the expansion of population and industry.

### **19.4 Leadership for Major Redirection**

Not only is the national attitude faltering toward growth as the solution to social problems, but the country is also unclear on where to expect leadership in setting new social directions. Is the leadership for facing fundamental changes in society to come from the federal government or from local leadership? Can the federal government set new directions, or is it limited to attempting minor improvements on the old patterns?

The ambiguity in federal government leadership is illustrated by the "Report on National Growth 1972" from the president to Congress. The report acknowledges the multiplicity of problems associated with population and economic growth. But it nowhere faces squarely the need for slowing down those growth processes that are creating ever more difficult problems. In noting the difficulties associated with growth, the report uses such phrases as

responding to the challenges of growth ... coping more effectively with growth ... to deal with the problems of growth ... Increasing population in metropolitan areas has intensified problems of air, water, and noise pollution and other forms of environmental degradation. Forests, streams, swamps, shorelines, wetlands, open space, and scenic areas have been consumed by metropolitan development ... The problems associated with growth, by any definition, include many of the most intractable social and governmental concerns of this country.

But federal policy cannot take a stand for which a public constituency has not yet been established. So the report is politically unable to depart from the past national tradition of depending on growth for the solution of all problems. Rather than clearly facing growth as the cause, and raising the issue of slowing growth as the long-term solution, the report pays homage to the national idol of growth in such phrases as

formulating a growth policy ... Population growth recovered rapidly in the 1940's ... Urbanization also benefited the Middle Atlantic States; after 1900, they were able to reverse their steadily diminishing share of the total population ... This growth, in the form of population changes, technological development, economic expansion, and individual initiative, will almost certainly continue during the foreseeable future ... The Federal government can do much to set the tone and provide leadership and new directions for the Nation in preparing for growth ... This is especially true in the economic area. Fiscal and monetary policy, prudently conducted, can do much to keep the Nation's economy growing at its full potential. Similarly, Federal support for research and development can help accelerate the pace of technological advancement, which is so necessary to a growing economy.

So the federal policy at the moment is, in effect, to attempt to relieve the pressures that result from growth while at the same time attempting to accelerate that growth. This is not said as a criticism of the national administration.

Until new trends in thought are well established and widely recognized, there is no constituency to support a national government in a major reversal of past social beliefs. Our national political system does not permit a federal administration to exercise effective leadership in new directions that break sharply with past traditions. Leadership in small things can come from the federal government. Leadership in big things must start with individuals and local governments.

The United States is now in one of those major periods of reorientation that occasionally face a society. Probably not since the founding of the country and the writing of the national Constitution has so much been at stake and so much unfettered and innovative thinking been necessary. The clichés, the folklore, and

the Horatio Alger stories of the past must be shaken off as we face the fact that continuing growth, far from solving problems, is the primary generator of our growing social distress. But there is reason for hope and confidence.

The issues are being faced squarely by many individuals, groups, and even to some extent by cities and states. Many are beginning to see that the rising social and natural pressures will make it impossible to maintain the present quality of life if population and industrialization continue to grow. Instead of running ahead of the growth wave, it is becoming clear to many that ways must be found of facing the issue and learning how to restrain the expansionary forces that are coming to dominate society. The implications are staggering. The ramifications will extend into corporate and governmental organization, into the legal structure, and into values, goals, and ethical beliefs.<sup>2</sup>

### **19.5 The Attractiveness Principle**

Why can public services not get ahead of demands? Why do the best of intentions for improving a city lead, instead, to greater social pressures, more commuting delays, increased drug addiction, higher crime rates, and greater welfare loads? The answer lies in what we have come to call the "attractiveness principle" (see *Urban Dynamics*).

The attractiveness principle states that, to any particular population class, all geographical areas tend to become equally attractive. Or perhaps more realistically stated, all areas tend to become equally unattractive. Why do all areas tend toward equal attractiveness? It is because people move from unattractive areas to areas of greater attractiveness. I use "attractiveness" to encompass every aspect of a city that contributes to its desirability or undesirability. Population movement is an equalizing process. As people move toward a more attractive area, they drive up prices and overload the job opportunities, the environmental capacity, the available housing, and the governmental services. In other words, rising population drives down all the characteristics of an area that made it initially attractive.

To illustrate the attractiveness principle, imagine for a moment the ideal city. Perhaps the ideal city would be one with readily available housing at low cost, a surplus of jobs at high wages, excellent schools, no smoke or pollution, housing located near one's place of work, no crime, beautiful parks, cultural opportunities, and to this list the reader can add his own preferences. Suppose such a city existed. What would happen? It would be perceived as the ideal place to live. People from everywhere would move into the ideal city until the advantages had been so swamped by rising population that the city would offer no net attractiveness compared with other locations.

### **19.6 Quantity versus Quality**

There is a necessary and fundamental compromise that must be accepted between growth and quality. To hope otherwise is to delude oneself. A White House report carried the title "Toward Balanced Growth, Quantity with Quali-

ty." The phrase "Quantity with Quality" is inherently a contradiction. It is a political transitional phrase that lies between the old concept of "growth is good" and the future realities in which growth is seen as the fundamental cause of rising social problems.

The fundamental conflict between quality and quantity arises after quantity has grown beyond a certain point. It appears that the United States is now beyond that point. Further growth in population and industrialization means declining quality. How is the compromise between quality and quantity to be struck? Is it to be done uniformly for everyone, or is there to be a local choice between quality and quantity? Returning to the theme of this meeting, "balanced development" means the choice between quality and quantity.

A society has many goals. These impinge on one another more and more heavily as an economic system approaches the end of growth, enters the transition period, and eventually moves into some form of equilibrium. The multiple goals have the characteristic that no one of them can be maximized without unacceptable losses in one or more other goals. Some of the goals are material, others are social and psychological, but they all impinge on one another. We want freedom, but not at the expense of extreme economic hardship. We want to build more housing, but cannot forever at the expense of agricultural land. We want more capital investment to increase productivity and control pollution, but not to the detriment of governmental services.

Many people seem to assume that control of growth will circumscribe our freedoms but that continued growth will not. Nothing could be further from the truth. The fallacy is illustrated by a paragraph again taken from the President's "Report on National Growth 1972," where we find,

In many nations, the central government has undertaken forceful, comprehensive policies to control the process of growth. Similar policies have not been adopted in the United States for several reasons. Among the most important of these is the distinctive form of government which we value so highly in this country. Ours is a *federal* system, with powers shared between the States and National Government. This system preserves the ability of citizens to have a major voice in determining policies that most directly affect them. This voice is sustained by keeping government close to the people.

But it is becoming more and more apparent that growth in population, industrialization, pollution, unemployment, welfare costs, inflation, and imbalanced trade is undermining local and state freedom. The symptoms resulting from growth are being attacked mostly from the national level, with the result that national policies and the terms of national funding impose nationally determined values on all areas. Federal laws to cope with the results of uncontrolled growth restrict local choice. The higher the social stresses from growth become, the more governmental machinery will be assembled to fight the symptoms. On the other hand, growth can be controlled in many ways, some of which would also destroy freedom, but other ways can be devised to preserve freedom. However, the alternative of continued growth runs only in one direction --to yield less individual and local freedom.

### 19.7 Compromises between Goals

A whole set of pressures is now beginning to inhibit growth. The country faces an oil shortage. Pollution is no longer merely an industrial problem; to reduce pollution created by the individual, his automobile now has less performance, more maintenance, and a higher gasoline consumption. As a result, automotive emissions have been somewhat reduced, but the national oil shortage has worsened and our dependence on other countries has increased. Pollution has also become a major issue in agriculture, as fertilizers and the wastes from animal feed lots pollute rivers and lakes. At the social level, rising crime, drug addiction, mental stress, and community breakdown are all exerting pressure against further growth. Many pressures are developing to stop growth; some we can influence, others we cannot. A most important question is how we would like to have the growth-suppressing pressures distributed.

Pressures to slow the growth process will continue to rise. They will tend to develop from every direction. Some of the pressures can be alleviated. But do we want to alleviate, where we can, the pressures arising from growth? Or, do those pressures serve a valuable purpose?

Unless ever-rising exponential growth can go on forever, and that is generally accepted as impossible, then some set of pressures will eventually stop growth. From whence should the growth-suppressing pressures come? Should the pressures be distributed throughout our society, or should they be concentrated in only a few places within our socioeconomic system? This choice between concentration or distribution of pressures is of the greatest importance. The question arises because we have the power to alleviate pressures in some sectors of the society but not in others. If we alleviate pressures where we can do so, growth will continue until it produces a further rise in the pressures that we cannot control. The way we react to present pressures determines the nature of future pressures.

One set of pressures, such as water shortages and crowded streets, can be alleviated by technological means. We are very good at handling technology, and we can eliminate those pressures if we wish. A second set of pressures, such as job availability, can be alleviated by economic means, and those we know less about but can still influence. A third set of pressures are of a social nature—crime, civil disorder, declining mental health, war, drug addiction, and the collapse of goals and values. These are the ultimate pressures with which we know not how to cope.

If we alleviate the pressures that can now be overcome, those pressures no longer contribute to slowing the growth process. Growth then continues until higher pressures are generated in other sectors. This process has been going on. The first pressures to arise were dealt with technologically by increasing building heights, improving transportation, bringing water from greater distances, developing new sources of energy, and improving medical treatment. As a result of such technological successes, growth continued until a variety of economic malfunctions began to appear—rising unemployment and welfare, worsening balance of trade, and inflation. To a small extent, the economic pressures have

been alleviated and their consequences delayed. Growth has thereby continued until the social deterioration resulting from crowding and complexity has begun to manifest itself in serious ways.

In this sequence of technology--solving one problem only to produce an unsolvable problem later--is buried the reasons for the antitechnology attitude that has begun to develop. In the past, technology appeared to be solving our problems. The technologists became self-confident. The public came to depend on them. The attitude took root that all problems could be solved by an ever-improving technology. Instead, the rising technology, with its consequent growth in population and industrialization, has carried the society to a complexity and a congestion that are producing rising symptoms of distress in the economic and social sectors. The very fact that technology succeeds in meeting its narrow goals produces greater difficulties in other parts of our social system. The antitechnology feeling grows because of the repeated cycle in which pressures develop, technology produces an excellent solution within its narrow self-perceived goals, the social system becomes more compressed and frustrating and the public perceives that the overall quality of life has failed to respond to the technical solution. The failure to satisfy society results because meeting the subgoals of the technologist is less and less likely to enhance the composite value of all the social goals. For each technical goal that is improved, some social or economic goal is forced to decline.

Growth has continued past the point where suboptimizing is satisfactory. Suboptimizing means the meeting of a local goal without attention to consequences in other parts of the system. During the past period of our industrial growth, the various facets of the technical-social-economic system were sufficiently uncoupled that suboptimizing was a satisfactory procedure for decentralization. Suboptimizing allowed different groups to pursue their own ends independently, with confidence that the total good would thereby improve. But as the system becomes more congested, the solution of one problem begins to create another. The blind pursuit of individually laudable goals can create a total system of degraded utility.

### **19.8 Determining the Future Quality of a City**

What does this discussion of technology and social goals mean for the American Public Works Association? It means that in the past those who dealt with the technological aspects of urban life were free to suboptimize. The public well-being was increased by the best possible job of drainage, waste disposal, transportation, water supply, and the construction of streets. But it is no longer true that improving each of these will always improve a city. By solving each of these technical problems the technologist risks becoming a party to increasing the population of a city and the densities of the population. He may start social processes that eventually reduce the quality of life. The public is recognizing that improved technology does not always bring an improved society. As a result, men who have sincerely dedicated their efforts to the public good, but perhaps have

not foreseen the diversity of social consequences, have already begun to feel the backlash of public criticism.

So far I have developed several propositions. First, pressures are rising that will inevitably stop growth. Second, the national commitment to growth is too strong for the federal government to lead the country in a new direction until a broad constituency for changed expectations has been formed. Third, if the stress-creating nature of growth is to be recognized, and if experiments are to be carried out to find a satisfactory way of moving from growth to a society that can accept a future equilibrium, leadership must come from the local and state levels. Fourth, technical accomplishments no longer appear to be capable of solving our mounting social problems; instead, technology, as now being used, may often lead to expansion in urban population and living densities that become the cause of rising social difficulties. Fifth, all cities do at all times tend toward equal attractiveness in which no one city can remain significantly more attractive to immigration than other cities. Given this set of propositions, what freedom of action is left to a city?

A city can choose, to a substantial extent, the mix of pressures under which it wishes to exist. There are many components of urban attractiveness, and if one of these is decreased, others can be improved. One cannot create the ideal city. But one can create certain ideal features if he is willing to compensate for them by intentionally allowing other features to worsen. In the past we have improved the technological aspects of cities and have thereby unintentionally contributed to the rise of many of the economic and social problems that plague cities today. There are many facets to a city. There are many things that the public and an urban administration can do. One thing they cannot do is produce the perfect city. They can, however, exercise a wide choice among imperfect cities.

I suggest that a valid goal for local urban leadership is to focus on improving the quality of life for the residents already in the city, at the same time protecting against the kind of growth that would overwhelm the gains. In short, one might raise the attractiveness of a city for the present residents while, at the same time, decreasing the attractiveness to those who might inundate the system from the outside.

Such statements, I recognize, lead to ethical and legal controversy. I am saying that a city should look after itself first. Its own welfare should come ahead of concern for others who are taking no steps to solve the fundamental problems for themselves. If enough cities establish successful policies for themselves, there will be two results. First, a precedent will have been set for coping with the fundamental underlying source of difficulties. Second, the larger the number of areas that solve their problems for themselves, the sooner and more forcefully will the remaining uncontrolled growth impinge on other parts of the country and the more quickly will the nation realistically face the long-range issues of stress arising from excessive growth.

So what can a city do? It can influence its future by choosing among the components of attractiveness. The attractiveness components of a city fall into

two categories according to whether they operate more forcefully on the quality of life in the city or on inward migration and growth. These two categories are the "diffuse" and the "compartmentalized" characteristics of a city. The objective should be to maximize the diffuse characteristics of the city in order to improve the quality of urban life while controlling the compartmentalized characteristics in order to prevent the expanded population that would defeat the improvement for present residents.

The diffuse characteristics, such as public safety and clean air, are shared equally by all; their effect is not limited to particular individuals; and they apply alike to present residents and those who might move in. The compartmentalized characteristics of a city, like jobs and housing, are identified with particular individuals; they can be possessed by present residents but are not necessarily available to others from the outside.

Every diffuse characteristic of a city that makes it more attractive for the present residents will also make it more attractive for those who might move in, who would increase the population and density. Therefore, every improvement in the diffuse categories of attractiveness must be accompanied by some worsening in the compartmentalized categories of attractiveness to prevent self-defeating growth. The attractiveness characteristics of a city should be categorized in terms of whether they affect all residents or primarily potential newcomers. For example, the vitality of industry, a balanced socioeconomic mix of population, the quality of schools, the freedom from pollution, low crime rates, public parks, and cultural facilities are all desirable to present residents. If there is no counterbalance to restrain an expanding population, such attractive features tend to be self-defeating by causing inward migration. But the compartmentalized characteristics of a city primarily affect growth without necessarily reducing the quality of life for present residents. The number of housing units and the number of jobs tend to be compartments in the sense that they have a one-to-one correspondence with individuals rather than each being shared by all. The absence of an unoccupied house or a job can be a strong deterrent to immigration, without necessarily driving down the internal quality of life.

I see no solution for urban problems until cities begin to exhibit the courage to plan in terms of a maximum population, a maximum number of housing units, a maximum permissible building height, and a maximum number of jobs. A city must also choose the type of city it wants to be. To become and remain a city that is all things to all people is impossible. There can be many uniquely different kinds of cities, each with its special mix of advantages and disadvantages. However, the policies that create one type of city may destroy another type. A choice of city type must be made, and corresponding policies must be chosen to create the combination of advantages *and disadvantages* that are characteristic of that type. One might have an industrial city, a commercial city, a resort city, a retirement city, or a city that attracts and traps without opportunity a disproportionate number of unemployed and welfare residents, as some cities are now doing. But there are severe limits on how many types of cities can be created



simultaneously in one place. When the choices have been made, and when effort is no longer dissipated in growth, there will be an opportunity to come to grips with social and economic decay.

Why do I bring this message to the American Public Works Association? Because the members are at the center of the two most important issues I have raised. First, leaders in public works are the custodians of the technological aspects of the urban environment. Those responsible for the physical aspects of a city can continue to solve the technological subgoals of roads, water, waste, and transportation and thereby sustain the growth process and cause a continual shifting of pressures into the social realm of rising crime, increasing psychological trauma, growing welfare costs, and accelerating community breakdown. Or, they can move to reverse the growth attitudes that in the past we considered good, but are good no more, and help halt further expansion of that part of our technological base on which the urban crisis is growing. A second reason for these issues to be important in public works comes from the unique influence that public works has over what I call the compartmentalized characteristics of a city. Public works actions directly affect the number of streets that are built, the number of houses that are erected, and the number of industrial locations that are established. Such physical actions, backed up by zoning and municipal policy, determine the kind of urban growth and whether or not there is to be growth. Through the judicious use of, and indeed the appropriate limitation of, water supply, drainage, building heights, waste disposal, road building, and transportation systems, a city can influence its future.

The reader may be thinking that planning and controlling the size and composition of a city and the migration to it are undemocratic or immoral. It may even seem that I am suggesting control where there has not been control before. Neither is true. Every city has arrived at its present size, character, and composition because of the actions that have controlled the city's evolution in the past. By adding to the water system, sewers, and streets, a city has, in effect, decided to increase its size. By building a rapid transit system a city is often, in effect, deciding to change the composition of its population by encouraging new construction in outlying areas, allowing inner areas to decay, and attracting low-income and unskilled persons to the inner ring at the same time that job opportunities decline. In other words, a control of growth and migration has been exerted at all times, but it has often been guided by short-term considerations, with unexpected and undesirable long-term results. The issue is not one of control or no control. The issue is the kind of control and toward what end.

The interurban control of population movement is the internal counterpart of international control of population movement. Except for the legal, coercive, psychological, and economic deterrents to human mobility, the standard of living and the quality of life of all countries would fall to the level set by the population group that accepts the lowest standards. No group can be expected to exert the self-discipline now necessary to limit population and the environmental demands of industrialization unless there is a way to keep the future advantages of such

self-discipline from being swallowed up by inward migration. If the control of international movement of population is ethical, then some intercity counterpart must also be ethical. Or, if the justification is only that of practical necessity, then the internal necessity arises in a country that is reaching its growth limit without having established a national means to implement a compromise between quantity and quality. Between nations, countries exert restrictions on population movement that are not allowed internally between urban areas. Even so, the policies of each city have a powerful effect on mobility and on the resulting character of the city. Because controls are implicit in every action taken and every urban policy adopted, a city should understand the future consequences of its present actions. A city affects its local choice between quantity and quality mostly by how it handles the diffuse versus the compartmentalized components of attractiveness.

The difference between diffuse and compartmentalized control of urban population can be illustrated by two extremes of policies that might govern the availability of water. Depending on how it is managed, the availability of water might be either a diffuse or a compartmentalized control on growth. Consider a city with a limited water supply—more and more this will be the actual situation. To illustrate diffuse control, one could distribute water freely and equally to everyone, both present and future residents. New houses could be constructed, new industries could be encouraged, growth could be continued, and the water could be divided among all. If no other growth limits were encountered, growth would continue until the low water pressure, occasional shortages, and the threat of disaster from drought had risen to the point where out-migration equaled immigration. Under this circumstance of unrestricted access to water, net growth would have been stopped, but the equally distributed nature of the water shortage would have reduced the quality of life for all residents. The water shortage would be diffuse; it would be spread to all former residents and newcomers alike. Alternatively, the opposite water policy illustrates compartmentalized control. Building permits and new water connections could be denied so that water demand is constrained to lie well within the water supply. Water would be available to present, but not to new, residents. Under these circumstances, the quality of life for the present residents would be maintained, but growth beyond the limit of satisfactory water supply would be restricted.

I believe that such a choice between present residents and potential immigrants is inherent in a practical solution of our urban problems. Unless control through such self-interest is acceptable, and ways are available, to exercise control, there is no incentive for any city or state to solve its own problems. Its efforts will be swamped from the outside. There must be freedom for local action, and the consequent differences between areas, if social experiments are to lead to better futures and if there is to be diversity in the country rather than one gray homogenized sameness. If there is to be any meaning to the president's hope of preserving "the ability of citizens to have a major voice in determining policies that most directly affect them," local areas must be able to control their destinies in different ways and toward different ends.

If people are to influence the policies most affecting them, it follows that policies will be different in different places, and the resulting trade-offs between growth and the quality of life will be different. If there is to be any substance to local choice, there must be differences between localities.

In the policies for a city that I am proposing, the ethical and legal issues are substantial. A city, in looking after its own well-being, will no doubt be accused of being selfish because it discriminates against nonresidents. But what are the alternatives? Must it discriminate against its own present residents instead? Must it discriminate against its own long-term interests? Must it be forced to take only a short-range view of its future? Must it be a party to delaying the day when the nation faces the fundamental choice between quality and quantity? Our past policies have not been so successful that they should persuade us against new experiments.

If a sufficient number of cities find new ways of controlling their own destinies in spite of national policy and what other cities do, then pressures to work toward the long-term well-being of the country will be quickly generated. If some cities and states take effective steps to establish an equilibrium with their natural surroundings, and to maintain a viable and proper internal balance of population and industry, then the remaining growth in the country will quickly descend on those communities and states that have taken no such action. A national consensus to establish a viable balance with the capacity of the environment will quickly develop out of the contrasts between those who have and those who have not dealt with the basic issues of overcommitment.

In summary, I believe that the country is now heading more deeply into economic and social difficulty. Technological solutions will no longer suffice. There is no national consensus strong enough to support an effective national policy nor to ensure national leadership in solving the problems that are arising from growth and overcommitment of the nation's long-term capability. But, fortunately, the problems are solvable piecemeal at the local level independently of other areas and of the national government. Local action can set a precedent for the country as a whole. Those in public works are in a uniquely influential position for exerting that leadership.

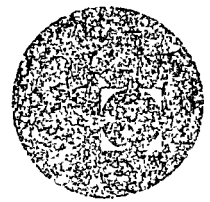
#### Notes

1. See Jay W. Forrester, *World Dynamics* (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1971), and Donella H. Meadows et al., *The Limits to Growth* (New York: Universe Books, 1972).

2. Jay W. Forrester, "Challenges at the Transition between Growth and World Equilibrium," Chapter 13 in *Toward Global Equilibrium: Collected Papers* (Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1973)



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

TEMA: IV. PROBLEMATICA NACIONAL  
TEORIA DEL SUBDESARROLLO.

PROF. ING. MARCO AURELIO TORRES HERRERA.

Abril, 1978.

## CAPITULO II

## E L S U B D E S A R R O L L O .-

## 2.1.- GENERALIDADES .-

Nó tiene sentido estudiar los recursos de un país -ni sus necesidades tampoco- si no se conoce de antemano el marco económico en el que ese país se desarrolla.

Brasil tiene muchos más recursos naturales que Japón (el cual no tiene ninguno, salvo la pesca) pero Brasil es una nación pobre, subdesarrollada, y el Japón, en cambio, marcha a la cabeza de los países de más rápido desarrollo económico.

Así pues, el estudio de los recursos y necesidades de un país, -por sí solo, no arroja ninguna luz sobre la riqueza o la penuria de una nación, ni puede dar pábulo, en consecuencia, a ninguna política económica que la guíe razonablemente en los avatares de su desarrollo.

Es un hecho evidente, que las naciones de la tierra son unas ricas y otras pobres, pero aun cuando pueda parecer extraño, no existe continuidad entre los diversos grados de penuria o abundancia de las naciones : cuando son ricas, lo son con opulencia y cuando son pobres, el hambre y la miseria agobian a una gran parte de su pueblo. No existen términos medios.

Pero falta aún señalar otro rasgo -quizás el fundamental- común a las naciones pobres : su permanencia, su persistencia en el estado de estrechez que las aflige; no sólo son pobres, sino porfiadas en su miseria. México, que nació indigente en su independencia, no ha dejado de padecer escasez global y privaciones y carencias esenciales a través de su historia; y en el último tercio del siglo XX -más de ciento cincuenta años después- se encuentra en las mismas condiciones de necesidad y de miseria, pese a su plata, a sus mares, a su amplio territorio, a sus minerales y petróleo. ¿Cuál es la causa ? .

Al conjunto de países que ostentan la pobreza como su esencial característica, se les ha denominado con muy diversos adjetivos : atrasados, no desarrollados, dependientes o "en vías de desarrollo"; pero,

con mayor o menor eufemismo, todos los calificativos entrañan : exiguo producto por cabeza, incremento demográfico explosivo, desempleo agudo, desnutrición endémica, escasez generalizada de viviendas y analfabetismo considerable de su población.

Todos los países pobres, con sus enormes necesidades comunes, fueron agrupados, por el sociólogo francés Alfred Sauvy, bajo la denominación de "tercer mundo". (\*) Pero bien pronto esa designación resultó insuficiente, pues a partir del año de 1973, el precio del petróleo -por mucho tiempo casi constante- quintuplicó su valor en el lapso de 3 años, provocando cambios tan profundos en las economías de las naciones subdesarrolladas que no contaban con ese recurso, que se ha tenido que echar mano de otro ordinal para agruparlas : así quedó constituido el "cuarto mundo", sinónimo de pobreza y desesperanza.

Pero es indispensable destacar, que ESA DIVISION TAN AGUDA Y TAN TAJANTE ENTRE LAS NACIONES POBRES Y RICAS, NO SE HABIA PRESENTADO NUNCA, ANTES DEL SIGLO XVII. El nivel de vida de los ahora países industrializados, era por aquel entonces igual -y en algunos casos inferior- al de muchos de los actualmente subdesarrollados. "Entre la Francia de Luis XIV, la Inglaterra de Guillermo III, la Prusia de Federico I y la Rusia de Pedro el Grande, por un lado, y la India de Aurangzeb y la China de Kiang-Hi, por otro (para no hablar más que de Europa y de las dos principales potencias de Asia) había profundas diferencias entre sus estructuras sociales y religiosas; también había diferencias climáticas importantes; pero, TOMADAS EN CONJUNTO, ES MUY DIFÍCIL DETERMINAR CUAL DE ESTOS DOS GRUPOS DE SOCIEDADES HABIA ALCANZADO, EN ESA ÉPOCA, UN NIVEL DE DESARROLLO ECONOMICO MAS AVANZADO; CUAL DE LOS DOS TENIA UN NIVEL DE VIDA MEJOR. (...) Tal ausencia de significativa diferencia entre los niveles de desarrollo económico de las diferentes sociedades no primitivas, era una constante histórica desde hacía algunos milenios. (6)

Así pues, la brecha que separa a las naciones ricas de las pobres y atrasadas, no existía antes del siglo XVII.

¿Qué ocurrió en esa época, de tan singular importancia que logró trastocar el orden económico que se había conservado durante miles de

(\*).- El "primer mundo" abarcaría entonces a las naciones ricas capitalistas de economía de mercado y el "segundo mundo" comprendería, a su vez, a las naciones socialistas o de economía centralizada.

(6).- Bairoch, Paul.- "El Tercer Mundo en la Encrucijada".- Alianza Editorial, Madrid, 1973. p. 8 .

años? ¿Qué fenómeno fue capaz de producir tan hondas modificaciones en la economía de las naciones, que no lograron en su turno histórico ni el "modo de producción" (\*) esclavista del mundo antiguo ni el feudal de la edad media?

A menudo los cambios históricos se gestan durante siglos, pero las convulsiones sociales que provocan pueden hacer erupción violenta y dejar constancia de su paso en fecha fija, en general trágica, a manera de jalones que indican el rumbo de la historia; tales fueron las revoluciones francesa y rusa. Pero en otras ocasiones los cambios se realizan con menos aspavientos, sin alardes de guerras y batallas, sin repique de campanas, casi imperceptibles, pero afectan profundamente las costumbres y la vida de las naciones; así llegó al mundo el modo de producción capitalista.

El siglo XVIII fue testigo de una de las revoluciones más trascendentales que ha vivido la humanidad; fue una revolución lenta, larga, y en cierta medida pacífica, pero sus consecuencias fueron más importantes que si se hubieran librado mil batallas. Esa revolución tuvo su asiento en Inglaterra y en honor de su rasgo más característico, que hizo su aparición por primera vez en el mundo, se la llamó "LA REVOLUCION INDUSTRIAL".

La Revolución Industrial comprende aproximadamente el lapso entre 1760 y 1830, en el que aparecieron "una serie de inventos técnicos que iban a modificar las condiciones de producción en varias ramas de la industria". (7) En 1763 silbó la primera máquina de vapor (nervio de la revolución industrial) y en 1776 apareció la primera edición de la "Riqueza de las Naciones" de Adam Smith. El capitalismo y la economía fueron coetáneos.

(\*).- Entiendo por "MODO DE PRODUCCION", la acción recíproca característica entre "las fuerzas productivas" y las "relaciones de producción" en un proceso productivo determinado.  
 Defino "FUERZAS PRODUCTIVAS" como el conjunto de los "medios de producción" (edificios, herramientas, máquinas) y la "fuerza de trabajo" (conjunto de energías físicas y espirituales del hombre, que le permiten producir los bienes materiales).  
 Llamo "RELACIONES DE PRODUCCION", a las relaciones sociales determinadas que los hombres contraen en el proceso de producción de los bienes materiales. Comprende: las formas de propiedad sobre los medios de producción y las formas de distribución del producto, como consecuencia de la propiedad de los medios de producción (Véase: "Manual de Economía Política". Academia de Ciencias de URSS.- 2a. Ed. Grijalbo, México. pp. 2 y sig).

(7).- Barroch, P.- "Revolución Industrial y Subdesarrollo". Ed. Siglo-XXI, México, 1967. p. 12 .

Probablemente ningún otro acontecimiento histórico (salvo quizás las revoluciones francesa y rusa) tuvo mayor trascendencia para la humanidad, que la revolución industrial del siglo XVIII. Gracias a ella, terminan las verdaderas hecatombes que periódicamente provocaban las pestes que asolaron a Europa; por su influencia, mejora radicalmente la alimentación y la higiene de muchos seres humanos y como consecuencia directa, por primera vez en la historia, la población logra un incremento firmemente sostenido. A su amparo, o por su causa, varias naciones lograron, en breve lapso, un desarrollo industrial impresionante: Inglaterra, ya lo dijimos, hacia 1830; Francia y Estados Unidos, hacia 1860; Alemania en 1870; Suecia en 1890; Japón en 1905; Rusia en 1918 y Canadá en 1920. (8)

Pero también es verdad que quizás la consecuencia más importante para la historia universal, de esa revolución industrial, "fue el establecimiento del dominio del globo por parte de unos cuantos regímenes occidentales (especialmente el inglés) sin paralelo en la historia. Ante los mercaderes, las máquinas de vapor, los barcos y los cañones occidentales, los viejos imperios y civilizaciones del mundo se derrumbaban y capitulaban. La India se convirtió en provincia administrada por procónsules británicos; los Estados Islámicos fueron sacudidos por terribles crisis; Africa quedó abierta a la conquista directa. Incluso el gran imperio chino se vio obligado, en 1839-1842, a abrir sus fronteras a la explotación occidental. En 1848, nada se oponía a la conquista, por occidente, de todos los territorios que los gobiernos y comerciantes consideraban conveniente ocupar. (9)

Así pues, a partir de la Revolución Industrial se inició la aguda diferencia entre países ricos y naciones pobres; en ese período se origina también, ese peculiar y complicado fenómeno económico y social que llamamos subdesarrollo. Pero no nace solo; la Revolución Industrial alimenta y al fin hace triunfar, a la estructura económica que ha hecho posible la existencia misma de nuestro mundo contemporáneo: hacia 1830, EL CAPITALISMO consigue imponerse como el "modo de producción" dominante en todo el orbe y su influencia hará más difícil aún, la superación de la miseria en las naciones del tercer mundo.

La Revolución Industrial dividió, pues, en dos grandes grupos, a las naciones de la tierra: las que lograron industrializarse y fue-

(8).- Rostow, W. W.- "The Stages of Economic Growth". Cambridge University Press. U.S.A. 1967. p. Xff.

(9).- Hobsbawm, Eric J.- "Las Revoluciones Burguesas". Ed. Guadarrama, Madrid, 1971, p. 59.



ron productoras de manufacturas que necesitaban mercados cada vez más amplios que las consumieran, y las otras, las que permanecieron como simples productoras de materias primas, subordinadas a las necesidades económicas de las primeras, siendo a la vez mercado para sus artículos y almacén y fuente de productos primarios para la elaboración de sus manufacturas. Así se dividió el mundo en naciones desarrolladas, industrializadas, y países pobres, dependientes, subdesarrollados. La explotación colonial capitalista, arranca también de esa época.

De acuerdo pues con su nacimiento y su evolución, EL "SUBDESARROLLO" ES UN FENOMENO EN SI MISMO; nació como término opuesto al capitalismo exportador de mercancías. No es pues una "etapa" en el proceso continuo del desarrollo. Las naciones pobres, subdesarrolladas, tienen una estructura económica y social que las diferencia profundamente de las industrializadas y que se formó como "una resultante de las relaciones que existieran históricamente y perduran actualmente entre ambos grupos de países". (10)

Habida cuenta, por otra parte, de que el subdesarrollo lo padecen un conjunto de naciones con muy diferentes grados de pobreza como lo indica la tabla número 1 de la página 13, lo que resulta en diferencias aún más agudas entre sus problemas sociales y económicos fundamentales conviene a todas luces elegir, para el análisis de este fenómeno, un grupo de países en los que el subdesarrollo se manifieste con todos sus rasgos esenciales, con sus características en su más avanzada madurez, considerando que "la anatomía del hombre es una clave para la anatomía del mono". (11) Las naciones latinoamericanas, y desde luego México, satisfacen el requisito.

Así pues, el subdesarrollo, particularmente en América Latina, es una consecuencia de la industrialización, primero de Europa y en seguida de los Estados Unidos.

Es menester insistir, que desarrollo y subdesarrollo son dos caras del mismo proceso de expansión del capitalismo occidental que se instala en el siglo XIX y que establece, por primera vez en la historia, la DIVISION INTERNACIONAL DEL TRABAJO, agrupando a las naciones de la tierra, como ya se explicó, en industrializadas productoras de mercancías, y en subdesarrolladas, que aportan a las primeras, materias

(10).- Sunkel, O. y Paz, Pedro.- "El Subdesarrollo Latinoamericano y la Teoría del Desarrollo" Ed. Siglo XXI; México, 1971, p. 25 .

(11).- Karl Marx.- "Introducción General a la Crítica de la Economía Política".- Ed. Pasado y Presente. Argentina, 1972, p. 26 .

P A I S	P O B L A C I O N			Producto per cápita (dólares)
	Total (millones)	crecimiento anual (%)	Proyección al año 2000 15 años (%)	
Estados Unidos	214	0.9	264	5 590
Canadá	23	1.3	32	4 440
Francia	53	0.9	62	3 620
Alemania Oc.	62	0.3	66	3 390
Japón	111	1.3	133	2 320
Italia	55	0.5	61	1 960
Rusia	255	0.9	310	1 400
España	35	1.0	45	1 210

## SUBDESARROLLADAS.

Argentina	25	1.3	33	28	1 290
Chile	10	1.8	15	36	800
México	59	3.5	136	46	800
Brasil	110	2.8	213	42	530
Cuba	10	2.0	15	38	510
China	823	1.7	1126	24	160
India	613	2.4	1059	42	110
Bangladesh	74	1.7	144	46	70

Fuente : World Population Data Sheet 1975; Population Reference Bureau, U.S.A.

TABLA No. 1

CARACTERISTICAS DE UN GRUPO

SELECTO DE NACIONES.-

primas y productos básicos, para el consumo de su industria y de sus pueblos.

Desarrollo y subdesarrollo constituyen una contradicción dialéctica, y se suponen y condicionan mutuamente, creando un sistema interpendiente; pero, MIENTRAS LAS NACIONES AVANZADAS ENCUENTRAN EN SU GRAN INDUSTRIA, EL APOYO NECESARIO PARA SU DESARROLLO ECONOMICO AUTOSOSTENIDO, LAS SUBDESARROLLADAS, DEBIDO A LAS LIMITACIONES ESTRUCTURALES DE SU CRECIMIENTO, SE VUELVEN DEPENDIENTES Y DOMINADAS. Esto explica una de las características básicas del subdesarrollo, ya apuntada : la persistencia de todas las naciones atrasadas, a permanecer en la pobreza, y demuestra, sin lugar a dudas, el error fundamental en que incurrió Carlos Marx, al afirmar que : "Los países industrialmente más desarrollados no hacen más que poner delante de los países menos progresivos espejo de su propio porvenir". (12)

La subordinación de las naciones pobres del planeta se expresa - de diversas maneras, pero encuentra su manifestación más aguda en el - comercio internacional, donde son víctimas del sistema de dominación, mediante los llamados "TERMINOS DE INTERCAMBIO", (\*) los cuales siempre sufren deterioro para las naciones subdesarrolladas, pero, aún cuando no fuese así, el comercio internacional, por sí mismo, ya entraña una permanente injusticia para las naciones más atrasadas, puesto que una hora de trabajo socialmente necesario en los países industrializados, - se hace valer mucho más que una hora de trabajo en los países productores de materias primas, puesto que : "Como los productos se intercambian a su precio de producción, los países en los cuales la composición orgánica (\*\*) es más baja, no obtienen a cambio del producto

(12).- "El Capital".- Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1972, Tomo I p. XIV.

(\*).- Se entiende por "términos de intercambio" la relación entre los precios de exportación y los de importación con base en un año determinado.

Se dice que los términos de intercambio mejoran, cuando los precios de exportación suben más rápidamente (o bajan menos rápidamente) que los de importación, o cuando los precios de exportación suben, mientras bajan los de importación. Cuando esto ocurre, una nación está en capacidad de obtener un mayor volumen de importaciones por una cantidad dada de exportaciones.

Hay deterioro en los términos de intercambio, cuando ocurre lo contrario.

Los términos de intercambio deben medirse por los precios en moneda extranjera; también pueden ser medidos por precios en moneda local, siempre que los factores de conversión sean los mismos para exportación e importación.

(\*\*).- Llámase "composición orgánica del capital" al cociente entre el "capital constante" (valor de los medios de producción) y el "capital variable" (valor de la fuerza de trabajo, suma global de los salarios). Véase "El Capital".- F.C.E. 1972, Tomo I p. 517

de una hora de trabajo nacional (...) nada más que los productos que-  
han costado menos de una hora de trabajo socialmente necesario en los  
países en que la composición orgánica del capital es más elevada".---  
(13) "En cuanto a los salarios reales, están determinados por razones  
sociológicas e históricas, lo que permite introducir el supuesto de -  
que el valor de la fuerza de trabajo se mantiene a nivel de subsisten-  
cia en los países dependientes, mientras que se multiplica por veinti-  
o por treinta en los centros imperialistas". (14)

Este es el principal medio y no las inversiones directas, por -  
el cual las naciones centrales industrializadas, succionan el capital  
de las naciones periféricas dependientes, y explica también la persis-  
tencia de la pobreza en las naciones subdesarrolladas y explotadas.

---

(13).- Bettelheim, Charles.- "Imperialismo y Comercio Internacional"  
Ed. Pasado y Presente, Argentina, 1972, p. 34.

(14).- Ibidem.- p. XI.-

A la luz y en el marco del subdesarrollo ya definido en páginas anteriores, se estudiará cada una de las características apuntadas, tratando en conjunto aquéllas (como el producto per cápita y la explosión demográfica) que sean notoriamente interdependientes.

Una simple ojeada a la tabla número 1 de la página 13, nos revela que las naciones pobres, subdesarrolladas, de escaso producto per cápita, sacando fuerza de flaqueza, logran los incrementos de población más altos, mientras que las naciones ricas, industrializadas, se distinguen, a su vez, por aumentos en su población muy modestos, en general inferiores a la unidad.

Y aquí se antojaría preguntar si las naciones actualmente desarrolladas no padecieron, en su época, los mismos problemas económicos y sociales que ahora afligen a las naciones pobres del planeta; en una palabra, si las naciones ricas estuvieron alguna vez hundidas en el subdesarrollo.

De los diez rasgos característicos del subdesarrollo ya apuntados, muchos les fueron comunes -durante su despegue- a las naciones ahora desarrolladas. En el siglo XIX, cuando casi todas ellas lograron industrializarse, su producto por cabeza era muy pequeño y una gran parte de su población se dedicaba -desde antaño- a las labores agrícolas, pues "hacia 1688, la agricultura inglesa ocupaba alrededor del 75% de las familias". (15) Sufrieron también la inflación (quizás la más severa se presentó cuando el oro y la plata llegaron de América, a partir de la segunda mitad del siglo XVI) porque "de la disparidad entre los precios y los salarios resulta un aumento de las ganancias, tanto mayor cuanto más acentuada es la separación entre esos dos factores (...) las ganancias se multiplicaron por cuatro aproximadamente entre 1740 y 1790". (16) Además, el hambre también -como ahora- era crónica y la mendicidad fue brutalmente castigada, con frecuencia en nombre de la propia caridad cristiana, como en la aplicación de la famosa "ley de pobre de Inglaterra, promulgada en 1572 con el santo designio "de hacer desaparecer la clase peligrosa de los mendigos profesionales, que había adquirido, a mediados del siglo XVI, un desarrollo terrible". (17) Y en cuanto al analfabetismo, que ahora priva en tantas naciones atrasadas, era no solamente más agudo antes de la Revolución Industrial, sino universalmente difundido; la persona que sabía leer constituía una extraordinaria excepción.

(15).- Bairoch P.- "Revolución Industrial y Subdesarrollo". Ed. Siglo XXI, México, 1967, p. 292.

(16).- Ibid. p. 38.

(17).- Mantoux, P. "La Revolución Industrial en el Siglo XVIII". Ed. Aguilar, Madrid, 1962, p. 226.

¿ Qué característica queda pues, de las naciones subdesarrolladas, que no fuera común a las naciones industrializadas, en el momento del "despegue" en el siglo XIX ?

De nuevo la tabla de la página 13 nos lo muestra en seguida, pues salta a la vista que las naciones subdesarrolladas tienen, en general, - un elevado, explosivo incremento anual de su población, en promedio superior al 2% anual, mientras que "antes de su despegue, los países actualmente desarrollados conocieron una progresión demográfica próxima al 0.5% al año, y esa proporción pasó a 0.8% aproximadamente, en el curso de los sesenta primeros años de su despegue. POR OTRA PARTE, HASTA EL PRESENTE NINGUN PAIS INICIO SU DESARROLLO CON UNA TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACION SUPERIOR AL 1.1%. Pero los países subdesarrollados conocen una progresión demográfica del 2.2% anual por término medio" (18)

Parece pues -y se demostrará sin lugar a dudas más adelante- que el excesivo incremento de la población, es un freno insuperable para salir del subdesarrollo.

Y otra vez aquí se antoja preguntar si, aun aceptando que la explosión demográfica es un obstáculo definitivo para el desarrollo económico de una nación, ¿ es el único ?

Por poco avisados que fuésemos, la historia inmediatamente nos señalaría, en la época actual, la presencia de un grupo de naciones poderosas, con una gran industria consumidora de materias primas y ávida de mercados para sus productos y una enorme acumulación de capital, que por su propio volumen, necesita ser exportado. Las naciones que se desarrollaron en el siglo XIX, lo hicieron libremente, sin la presencia ominosa del imperialismo. Y en esto radica el error -inconcebible dado su talento- de Carlos Marx, como ya señalamos en la página 14, cuando afirma (vale la pena repetirlo) que "Los países industrialmente más desarrollados no hacen más que poner delante de los países menos progresivos - el espejo de su propio porvenir". Cuando Inglaterra se industrializó, no existía la amenaza de Alemania, ni de Francia, ni de los Estados Unidos; no se había establecido la "división internacional del trabajo" ni se empleaban tampoco los caritativos "términos del intercambio". En verdad, Carlos Marx poco se preocupó de las naciones atrasadas, y los marxistas -para no ser menos- tampoco han podido, hasta la fecha, elaborar una teoría consistente acerca del subdesarrollo. Lo único serio que se ha hecho, se le debe, por entero, a la "Comisión Económica para la América Latina" (CEPAL) y gran parte de las ideas anteriores, aquí expuestas, han encontrado en ella su fuente y su respaldo.

(18).- Barroch, P.- Op. cit. p. 226.

Resulta pues evidente, que los países subdesarrollados -CUYA CARACTERÍSTICA PRINCIPAL, EL ESCASO PRODUCTO PER CAPITA, se señala tácitamente en la tabla de la página 13 y se destaca en la página 15- se enfrentan, de hecho, a dos obstáculos fundamentales que se oponen a su desarrollo ; LA EXPLOSION DEMOGRAFICA -factor interno, responsabilidad nuestra- y LA ACCION DEL IMPERIALISMO -amenaza externa, empeño ecuménico de las naciones atrasadas por escapar a su influencia-; y queda bien claro que ninguno de los dos fenómenos estuvo presente en el siglo XIX, cuando las naciones, ahora tan opulentas, lograron el gran impulso que las sacó de su pobreza. El subdesarrollo es pues un fenómeno característico y singular, que no constituye -pese a Marx- una etapa más en el proceso continuo del desarrollo.

## 2.2.- LA TEORIA DE LA DEPENDENCIA.

La presencia del imperialismo, que acabamos de destacar, ha llevado a varios autores latinoamericanos a plantear las relaciones económicas entre los países industrializados y las naciones de América Latina, en un marco de dominación fundamental de los primeros sobre las segundas, que se ha denominado "Dependencia", la cual se define formalmente como "una relación bilateral y asimétrica (...) que se caracteriza por el hecho de que un cambio en la unidad dominante, resulta invariablemente en un cambio en la unidad dominada, mientras que un cambio similar en la última, afecta poco o nada a la primera" (19)

Esa "teoría de la dependencia latinoamericana" -pues la aplican fundamentalmente a esa zona- considera al subdesarrollo como un producto EXCLUSIVO del imperialismo internacional, subordinándolo completamente, en consecuencia, al destino de las naciones industrializadas: "La revolución industrial, que dará inicio a la creación de la gran industria, corresponde en América Latina a la independencia política que, conquistada en las primeras décadas del siglo XIX, hará surgir, con base en la nervadura demográfica y administrativa tejida durante la colonia, a un conjunto de países que entran a gravitar en torno a Inglaterra (...) es a partir de entonces que se configura la dependencia, entendida como una relación de subordinación entre naciones formalmente independientes, en cuyo marco las relaciones de producción de las naciones subordinadas son modificadas o recreadas para asegurar la producción ampliada de la dependencia". (20)

Sin embargo, aquí conviene aclarar que la América Latina sólo se incorpora a la economía mundial, hasta el año de 1870; el período comprendido desde 1820 a 1870 se caracterizó por una serie de violentas convulsiones políticas en la zona, que hubieran hecho imposible el establecimiento de cualquiera relación comercial estable. En México, ese fenómeno destaca claramente en el marco de continuas y sucesivas revueltas y asonadas. "Durante sus primeros cincuenta años de independencia, los asuntos de México fueron dirigidos por más de cincuenta gobiernos, como son treinta diferentes hombres (SIC) actuando como presidentes" (21) Además, difícilmente podría hablarse de actividad comercial y ni siquiera de integración nacional, en un país como México (y el res

(19).- Sagasti, Francisco R.- "Política Tecnológica y Desarrollo Económico" Secretaría de Relaciones Exteriores, México, 1975.- p. 26.

(20).- Marini, Ruy Mauro.- "Dialéctica de la Dependencia". Ed. Era, México, 1973. pp. 17 y 18.

(21).- Hansen, Roger D.- "La política del desarrollo mexicano". Ed. Siglo XXI, México, 1971, p. 20.



to de América Latina no era excepción) que "en 1820 tan sólo poseía - tres caminos que pudieran llamarse carreteras, e incluso éstos estaban muy deteriorados y para 1860, después de veintitrés años de esfuerzos, México tan sólo poseía veinticuatro kilómetros de vías férreas utiliza bles". (22)

Así pues, el imperialismo no pudo condicionar al subdesarrollo - de América Latina antes de 1870, por dos razones : la primera, ya apun - tada, por imposibilidad física; la segunda, no de menor monta, se re - fiere a que el imperialismo, hacia 1870, apenas hacía su aparición en el mundo y no iba a madurar sino hasta 1914, durante la primera guerra imperialista, en la que las naciones poderosas, sujetas entre las con - tradicciones de la "repartición económica del mundo", desembocaron fi - nalmente en la "repartición territorial del planeta", como lo descri - bió -mitad padeciéndolo, mitad adivinándolo- hacia 1916, el propio Le - nin. (23)

Pero cabe asimismo advertir, que si el imperialismo -y su conse - cuencia inmediata, la "dependencia"- no pudo influir en Latinoamérica ni en nuestro país, desde 1870, es indudable que lo hizo después, pues to que ya se muestra en plena madurez histórica en los albores de nues - tro siglo XX. La única cuestión a debatir sería si la "dependencia" - -heraldo del imperialismo- es el único factor que define y condiciona al subdesarrollo, como lo sostienen casi todos los escritores marxis - tas que se ocupan de los problemas económicos de Latinoamérica. Pare - ce esa posición un tanto intransigente, pues resulta inadecuada para - explicar, tanto la explosión demográfica de los países subdesarrolla - dos, como la política de "sustitución de importaciones" por éstos em - prendida, la cual tiene un innegable carácter nacionalista.

### 2.3.- LAS ETAPAS DEL SUBDESARROLLO LATINOAMERICANO.

América Latina, con su siglo y medio de independencia política, es la zona del planeta -con los Balcanes quizás- donde el subdesarro - llo ha madurado; en su historia económica se distinguen tres etapas - bien diferenciadas.

PRIMERA ETAPA : (1822-1874) caracterizada, como ya se apuntó, por cons - tantes convulsiones políticas, que desanimaron la inversión extranje - ra : "Es de destacar esta paralización de las inversiones británicas - (22).- Ibíd. p. 21.

(23).- Véase: "El Imperialismo, fase superior del capitalismo". por V. I. Lenin, en "Obras Escogidas en Tres Tomos" Ed. en Lenguas Ex - tranjeras, Moscú, 1960, Tomo I, p. 719 y siguientes.

en los países latinoamericanos, sobre todo en contraste con el capital inglés invertido en países situados fuera de la región, que aproximadamente se duplicó entre 1825 y 1850". (24)

SEGUNDA ETAPA : (1874-1929) que representó la edad de oro del capital-extranjero, aprovechando la integración del subcontinente a la economía mundial.

En México se inició con el arranque de la época porfirista, en cuyo período "mientras la población creció a una tasa anual de 1.4 por ciento, la correspondiente tasa del producto nacional bruto fue aproximadamente de 2.7 por ciento". (25)

Las condiciones que prevalecían en Europa a finales del siglo XIX, oscurecidas por la amenaza de guerra entre los países de esa región y la necesidad de alimentos para la creciente población urbana de la Gran Bretaña, "indujeron a los capitalistas británicos a apartarse de Europa y a concentrar sus esfuerzos en las zonas de la periferia". (26)

Las grandes inversiones que recibió en esa época América Latina y las intensas relaciones comerciales que sostuvo con el extranjero, caracterizaron la actividad económica de la zona en lo que se llamó el "modelo de crecimiento hacia afuera", en atención a la importancia fundamental que en ese período tuvo el sector externo de las principales naciones latinoamericanas.

En México, la inversión extranjera alcanzó cifras extraordinarias y "es indudable que durante los años porfiristas el capital extranjero fluyó hacia el país en cantidades proporcionalmente mucho mayores -en relación con el capital nacional y los recursos naturales y humanos de México- que el volumen de capital europeo que entró a los Estados Unidos durante la etapa de su desarrollo más intensivo". (27)

Esa inversión extranjera, amén de lanzar a México al mercado mundial, creó un pujante sector externo y logró que "entre 1877 y 1910 el valor de las exportaciones mexicanas se elevara en más de 600 por ciento en términos reales". (28)

(24).- Naciones Unidas.- "El Financiamiento Externo de América Latina" Nueva York, 1964, p. 2.

(25).- Rosenzweig, Fernando.- "El Desarrollo Económico de México".- El Trimestre Económico.- F.C.E. México, No. 127, p. 405.

(26).- Naciones Unidas.- Op. Cit. p. 3.

(27).- Hansen, Roger D.- Op. Cit. p. 26.- Citando a Ernesto Fernández Hurtado en "Private Enterprise and Government in Mexico".

(28).- Ibid. p. 24.

Alrededor de Porfirio Díaz se organizó el grupo llamado de "los científicos", que no era otra cosa sino una "Oligarquía Moderna Exportadora-Importadora" con Limantour a la cabeza y la que, por su actividad económica característica, era de corte necesariamente imperialista.

La "Oligarquía Moderna Exportadora-Importadora", estaba obligada a impedir la creación de aranceles aduanales que gravaran los productos del comercio exterior y por ello iba a entrar en aguda contradicción con la Burguesía Industrial que se formaba principalmente en el norte del país, de carácter nacionalista por su propia actividad económica y urgida de barreras aduanales, que protegieran sus productos de la competencia extranjera.

Esa violenta contradicción iba a enfrentar a las dos burguesías mexicanas, el 20 de noviembre de 1910.

TERCERA ETAPA : (1929 a 1945). El año de 1929 señala el principio de la más grande y desastrosa crisis económica que haya azotado al mundo hasta el presente. América Latina se vió afectada profundamente al caer casi a cero sus exportaciones y, al mismo tiempo, "las entradas de capital extranjero en la región se redujeron a un nivel insignificante". (29) Esto condujo a la desaparición del modelo de "crecimiento hacia afuera", que dependía de las exportaciones y obligó, a los países latinoamericanos, a iniciar el modelo de "crecimiento hacia dentro", fundado en una paulatina industrialización, mediante lo que se ha dado en llamar "LA SUSTITUCION DE IMPORTACIONES" y que consiste en dejar de importar sucesivamente determinados artículos, principiando por los de consumo inmediato y terminando por los bienes de capital, para producirlos en el propio país.

La segunda guerra mundial favoreció notablemente la política de sustitución de importaciones, pues los Estados Unidos se vieron obligados a importar materias primas de latinoamérica, para abastecer su industria de guerra y satisfacer las necesidades alimenticias de su población y a la vez, fueron incapaces de exportar manufacturas ni maquinaria, pues su industria estaba totalmente comprometida en el esfuerzo bélico que sostenían. De esa manera, varios países latinoamericanos (México entre ellos) vieron sus exportaciones aumentar más rápidamente que sus importaciones, "generando en consecuencia excedentes comerciales que les permitieron reembolsar parte de la deuda exterior y aún comprar empresas extranjeras radicadas en la región". (30)

Una cuarta época, desde la segunda guerra hasta nuestros días, se considera ya, para su estudio en el siguiente capítulo, concretamente dedicada a México.

---

(29).- Naciones Unidas.- Op. cit. p. 23.

(30).- Ibid. p. 23.

### CAPITULO III

#### EL SUBDESARROLLO MEXICANO.

##### 3.1.- INTRODUCCION

Un país es pobre, porque no cuenta con suficiente capital para que el producto de su economía, logre un ingreso por habitante suficientemente alto, para sostener un "nivel de vida" de su población por encima de los mínimos requeridos por el bienestar moderno.

Y un país permanecerá hundido en la pobreza, si no logra acumular capital con suficiente rapidez, para alcanzar un ingreso mínimo por habitante, compatible con el bienestar moderno mencionado.

A diferencia de los países industrializados, las naciones subdesarrolladas carecen, en general, de la dotación de capital suficiente para generar el empleo que necesita su fuerza de trabajo (\*). En consecuencia, la desocupación alcanza a menudo valores exagerados. La capacidad productiva de estos países, escasa y poco eficiente, no sólo tendría que utilizarse plenamente, sino además, incrementarse con rapidez y la única manera de conseguirlo es a través de una considerable inversión (\*\*), que aumente sustancialmente el valor del producto nacional.

(\*).- "FUERZA DE TRABAJO" de un país, es el número de hombres mayores de 14 y menores de 65 años, más la tercera parte de las mujeres comprendidas entre esas edades.

"POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA" (PEA) está formada por el contingente que suministra efectivamente trabajo para la producción de bienes y servicios, incluyendo los empleados, los trabajadores por cuenta propia los asalariados, tanto los empleados como los desocupados en un momento determinado.

(\*\*).- El término "inversión" debe comprender todo tipo de desembolso efectuado en el momento actual, con el propósito de aumentar el ingreso futuro, ya se trate de maquinaria o conocimientos tecnológicos productivos, caminos transitables o centros de planificación familiar. No se olvide que la inversión (neta) mide el incremento del capital social.

Es fundamental recordar que LA INVERSION TIENE UN EFECTO " DUAL " : por una parte, genera ingreso, vía el efecto multiplicador, y por la otra, eleva la capacidad productiva. La construcción de una nueva fábrica aumenta la capacidad de producción y genera, a la vez, un ingreso. (Véase "Crecimiento y Ocupación", Domar, Evsey D.- El Trimestre Económico.- F.C.E., México, No. 90, p. 191.

Pero en una economía mixta subdesarrollada como la de México, el problema de invertir suele tropezar con obstáculos frecuentemente insuperables, pues en primer lugar, puede acontecer que la inversión privada - no alcance el nivel necesario que se haya calculado, o lo que es peor, - que no se ajuste a las modalidades que exige una economía planificada. El Gobierno puede suplir lo que le falte a la inversión privada (aun a trueque de aumentar su déficit y su deuda externa) pero, a su vez, tiene que regular y distribuir esa inversión, de acuerdo con la planeación previa de la economía, lo que significa frecuentemente, una profunda intervención estatal en los dominios de la iniciativa privada, con las subsiguientes reacciones y resistencias que en nuestro país han sido tan evidentes : "La estatización de la economía lleva a una pérdida de la libertad, ya que si el poder político y moral del Estado se aumenta (SIC) el poder económico, no nos hagamos, eso es una dictadura". (31) "Las declaraciones del Secretario del Patrimonio Nacional, respecto a que el Estado debe participar más en la actividad empresarial, son poco afortunadas, porque mediatizan o detienen la nueva inversión". (32)

Además de la inversión en la industria, es indispensable, en segundo lugar, obtener un desarrollo adecuado del sector agrario, con el fin de lograr una oferta suficiente, tanto de alimentos básicos, como de insumos (\*) para la industria nacional y productos de exportación; pero - son bien claras las dificultades con que se tropieza para lograrlo -aun cuando se haya realizado la reforma agraria- pues por una parte, las inversiones del gobierno en ese sector -pese a la ley federal de - - - - aguas (\*\*)-contribuyen a monopolizar aún más la producción agrícola, - toda vez que, de acuerdo con las leyes de la acumulación de capital, se desata una intensa competencia entre productores, que se resuelve siempre a favor de los que emplean métodos más avanzados de producción, mediante maquinaria moderna, insecticidas, y semillas mejoradas. De otra parte se encuentran los productores pobres : ejidatarios y parvifundistas, sin recursos de capital, sin poder emplear la tecnología adecuada, pero multiplicándose incansablemente a través de familias numerosas que presionan sobre la ya escasa tierra, subdividiéndola cada vez más, atomizándola a tal punto, que la unidad de medida agraria, la hectárea, carece ya de sentido en su aplicación y se la ha sustituido por el "surco", que mide con mayor propiedad su miseria.

---

(31).- Jorge Sánchez-Mejorada, presidente de la Confederación de Cámaras Industriales, en declaraciones a la prensa nacional.- Excelsior, marzo 17 de 1976.

(32).- José Luis Ordóñez, presidente de la Cámara Nacional de Comercio de la Ciudad de México, en declaraciones a la prensa nacional.- Excelsior, marzo 18 de 1976.

(\*).- INSUMO, es cualquier bien o servicio que contribuye a la producción de un producto.

(\*\*).- Promulgada el 26 de enero de 1972, y limita la propiedad de la tierra con riego, a 20 hectáreas.

Quedan aún por considerar los completamente marginados; los que no tienen ni tierra ni empleo completo; los subempleados que trabajan unos cuantos días al año y se alimentan en la misma proporción, escancificando las invasiones de tierras que tanto alteran la tranquilidad del campo mexicano. Varios investigadores han estimado que los campesinos subempleados alcanzaban, hacia 1970, cuatro millones de personas (33) (34).

Las características del agro mexicano que se acaban de apuntar, han polarizado al sector agrícola en dos grandes secciones : una moderna, dinámica y altamente productiva, y otra tradicional, estancada y con producción apenas de subsistencia.

Esa contradicción en la estructura agrícola, se refleja en la historia de su producto, el cual ha ido perdiendo importancia en los últimos años, ya que, mientras en 1960 contribuyó con el 9.8% en la formación del producto interno bruto, en 1965 sólo alcanzó el 9.4% y en 1969 únicamente contribuyó con el 7.2% del total (35).

Su evolución productiva resulta aún menos alentadora, ya que si bien es cierto que, entre 1935 y 1967, sostuvo un incremento medio - anual del 4.4%, en el lapso de 1960 a 1969 apenas logró un desarrollo promedio del 3.4% y en el último período de 1965 a 1969, únicamente alcanzó el 0.2% anual (36). Por otra parte, en el año de 1969 el producto agrícola sufrió un decremento (- 2.1%) con respecto al año anterior, y en 1970 aumentó en 2%, alcanzando en 1971 únicamente un 2.7% anual, "cifra superior al promedio de los cinco años anteriores" (37). El año de 1972 fue peor aún, pues el producto sufrió un nuevo decremento (- 1.4%) avanzando el 1.7% en 1973, descendiendo al 0.9% en - - 1974 y obteniendo sólo el 1.0% en 1975, a pesar de las cuantiosas inversiones públicas en el sector primario (38).

Resulta pues evidente, que cuando menos desde el año de 1967 a la fecha, el deterioro de la agricultura ha sido notable y los incrementos de su producto han resultado ya inferiores al de la población (3.5% anual, sostenido y con tendencia a elevarse).

---

(33).- Orive Alba, Adolfo. - "La Irrigación en México". Ed. Grijalbo, México, 1970, p. 236.

(34).- González Salazar, Gloria.- "Problemas de la Mano de Obra en México". Ed. UNAM.- México, 1971, p. 58.

(35).- "México, 1970".- Banco Nacional de Comercio Exterior.- p. 53.

(36).- Ibídem.- p. 53.

(37).- Banco de México, S. A.- Informe Anual 1971, p. 18.

(38).- Banco de México, S. A.- Informes Anuales 1972, 1973, 1974 y 1975.

En ese panorama desolador, es difícil entender que "de 1964 a - - 1969, México exportó 5.4 millones de toneladas de maíz, con valor de 303 millones de dólares; 1.8 millones de toneladas de trigo, con valor de - 115 millones de dólares y 339 mil toneladas de frijol, con valor de 48 millones de dólares" (39). Y como los precios internacionales eran infe\_riores a los de garantía de nuestro país, se exportaba además, con pérdi\_da.

De ahí que el gobierno mexicano desalentara la producción de cerea\_les básicos -vía los precios de garantía que permanecieron congelados, excepto el del trigo, que incluso disminuyó- en favor de cultivos más - complicados, pero a la vez más redituables, como el de jitomate, azúcar, algodón, fresa, tabaco y frutas. Los cultivos tradicionales, por conse\_ cuencia, fueron relegados a las zonas de temporal (40).

De esta guisa pronto se contrajo la producción de cereales básicos, la que acusó su primer déficit en el año de 1971, coincidiendo, para - - nuestra desgracia, con un aumento notable de sus precios, en el mercado internacional. En esa coyuntura, México se vió obligado a importar cerea\_les (ahora caros) por 833 millones de dólares, entre 1971 y 1974 (41).

Para remediar esta indeseable situación, el gobierno resolvió au\_ mentar los precios de garantía del maíz y del trigo, a la vez que canali\_ zaba cuantiosos recursos hacia el sector primario. Como consecuencia, - "se presentaron aumentos importantes en el volumen de la producción de granos, semillas oleaginosas y algunos otros productos" (42).

Pero aun cuando la producción de cereales se haya casi recuperado, es necesaria una planeación integral del sector agrícola, toda vez que el cultivo de los granos básicos es el más elemental que existe y añade escaso "valor agregado" (\*), empleando mucho menos mano de obra que el algodón, la caña de azúcar o las legumbres, pues "mientras un avío para

(39).- Banco Nacional de México.- "Carta Mensual" Marzo de 1976, ip. 2.

(40).- Ibid. p. 2.

(41).- Ibid. p. 3.

(42).- Banco de México.- "Informe Anual 1975", p. 35.

(\*).- "VALOR AGREGADO" en una etapa de un proceso productivo, es la di\_ ferencia entre el valor del producto generado en esa etapa (vía volumen por precio) menos la suma de los valores de los insumos (bienes y servicios) que proceden de otros procesos productivos. Así por ej. : Si una fábrica produce 100 mil pares de calzado al año, los cuales vende a \$150.00 el par, habrá producido 15 millo\_ nes de pesos en zapatos; y si la suma de los costos de las pie\_ les, clavos, hilo y tacones, alcanza los 9 millones de pesos, se dice que el "valor agregado" por esa etapa productiva, fue de 6 millones de pesos.

granos básicos fluctúa entre 3 mil y 3 mil quinientos pesos por hectárea, un avío para algodón es 4 veces mayor y uno para jitomaté, 12 veces mayor. Esto da idea del dinero que deja de circular, al sustituirse una hectárea de ellos, por cereales" (43); y queda todavía en favor de los primeros, sus mejores perspectivas de exportación.

Finalmente, y aun cuando aquí se soslaya el problema fundamental de la escasez de la tierra ante una demanda de la población con crecimiento explosivo, conviene, en cambio, advertir, la política "agraria" de casi todos los regímenes posteriores a 1915, cuyo celo revolucionario los llevó a repartir, indistintamente, tierras y aguas y bosques y montañas, acumulando un área repartida -como lo indica la tabla número 2- casi tres veces mayor de la propiamente laborable, que llega apenas, en nuestro país, a los 30 millones de hectáreas (44).

Presidentes	períodos	hectáreas repartidas (miles).
1.- De Carranza a Abelardo Rodríguez.	1915-1934	11 032
2.- Lázaro Cárdenas.	1935-1940	20 137
3.- Avila Camacho.	1941-1946	5 970
4.- Alemán Valdez.	1947-1952	5 441
5.- Ruiz Cortínez.	1953-1958	5 772
6.- López Mateos.	1959-1964	9 022
7.- Díaz Ordaz.	1965-1970	23 056
8.- Echeverría.	hasta 1972	6 942
	Suma :	87 371

Fuente : "Informe de Labores 1971-1972" Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización. México, 1972.

En : "Problemas Económicos de México". Diego G. López Rosado, Ed. UNAM, 1975, p. 131.

Tabla No. 2.- LA REPARTICION DE LA TIERRA EN MEXICO.

(43).- Banco Nacional de México, S. A.- Op. cit. p. 4.

(44).- Orive Alba, Adolfo.- Op. cit. p. 54.



Se ha intentado -en esta introducción al subdesarrollo mexicano- describir, así sea someramente, los avatares que sufre la inversión del gobierno en nuestro país, en su afán de aumentar el valor del producto nacional; si la intención es buena -y parece que lo es- no podemos pronunciarnos, en cambio, de la misma manera, acerca de lo atinado de los medios para conseguirlo.

Los hechos manifiestan una continua baja porcentual de la inversión privada, la cual fue, al iniciarse el sexenio del presidente Echeverría, del 62.5% contra el 37.5% del gobierno; en el año de 1971, la proporción aumentó al 64.7%, por 35.3% de la inversión pública; en 1972 principió a contraerse la inversión privada, la cual alcanzó el 57% contra el 43% del Estado; en 1973 persistió la misma tendencia, con el 53% correspondiente a la iniciativa privada y el 47% al sector oficial; para 1974, los porcentajes de inversión casi se igualaron : 50.2% la privada y 49.8% la pública; pero en el año de 1975, los porcentajes, por primera vez en la historia se invirtieron, correspondiendo únicamente el 49.6% a la iniciativa privada, contra el 50.4% del sector público.

Se estima que en el año de 1975, la inversión fija bruta en México fue de 110 923 millones de pesos (perteneciendo 54 976 millones al sector privado y 55 947 millones al Gobierno) la cual representó sólo un 2.2% de aumento sobre la correspondiente a 1974, en cuyo año la inversión fue 8.8% mayor que la de 1973, la que a su vez se incrementó en el 12.2% sobre la del año anterior (45).

Los números anteriores ponen de manifiesto que no sólo se redujo, en este sexenio, el volumen de la inversión privada, sino que también la inversión total sufrió una continua contracción, lo cual se refleja, a su vez, en los bajos incrementos del producto nacional, el cual apenas alcanzó, en el año de 1975, un aumento modesto entre el 3.8 y el 4.2% (46) lo cual no ocurría (salvo el año de 1971) desde hace veinticinco años (47).

(45).- Declaraciones del "Centro de Estudios Económicos del Sector Privado" a la prensa nacional; "Novedades", marzo 28 de 1976, primera plana.

(46).- Banco de México.- "Informe Anual 1975" p. 21.

(47).- Nacional Financiera, S.A.- "La Economía Mexicana en Cifras, 1972" pp. 30, 31, 32, 33 y 34.

### 3.2.- LA EXPLOSION DEMOGRAFICA MEXICANA.

#### 3.21.- LA MAGNITUD UNIVERSAL DEL FENOMENO.

A semejanza del capitalismo y el subdesarrollo, el aumento cada vez más acelerado de la población, tuvo su origen en la revolución industrial, cuyas primeras consecuencias se reflejaron en profundos cambios en las costumbres de los habitantes de los países que esa revolución afectó : se establecieron las tres comidas al día, se generalizó el uso de los cubiertos en la mesa y se adoptaron nuevas medidas de higiene que, junto a descubrimientos médicos como la vacuna antivariólica ideada por Jenner a principios del siglo XVIII, contribuyeron a disminuir paulatinamente, las tasas de mortalidad, especialmente de los recién nacidos. Sin embargo, el descenso de la mortalidad fue acompañado, casi inmediatamente, por una caída semejante en las tasas de natalidad, con el resultado final de un crecimiento relativamente lento, de la población en su conjunto.

Pero en la segunda mitad del siglo XIX el panorama cambia radicalmente; los pueblos de Asia y de América Latina, que a través de los años habían conservado casi estable el número de sus habitantes, se incorporan al comercio mundial y hacen suyas gran parte de las modernas costumbres de higiene y principian a disfrutar de los nuevos descubrimientos médicos. Pero, a diferencia de las naciones europeas, disfrutaron del descenso de sus tasas de mortalidad, SIN ABATIR PROPORCIONALMENTE SU COCIENTE DE NATALIDAD, toda vez que recibieron más o menos súbitamente los beneficios de la civilización, pero no se incorporaron masivamente a ella, quedando una gran proporción de sus pueblos, ajena a la conciencia de su responsabilidad social. La consecuencia inmediata fue una verdadera explosión en el incremento demográfico, el cual necesitó un millón de años -desde la aparición del "homo habilis" hasta el nacimiento de Cristo- para alcanzar los 250 millones de seres humanos; sobre la tierra y 500 años más, a la caída de Roma, para llegar a los 290 millones de habitantes y fue necesario que transcurrieran, de nuevo, más de mil años, hasta 1750, en los albores de la Revolución Industrial, para alcanzar los 630 millones de personas, que correspondía a un incremento promedio, de 224 mil habitantes por año.

Pero todo el panorama principió a cambiar a partir de la Revolución Industrial y se tornó explosivo hacia la segunda mitad del siglo XIX, y así, en 1840 la población mundial llegó a los mil millones y para 1915 alcanzó los 1750 millones, consiguiendo exceder los 2 200 millones en 1940, llegando a los 3700 millones a mediados de 1971 y finalmente, a los 3967 millones en 1975 con un incremento anual del 1.9%(48).

(48).- Population Reference Bureau.- "World Population Data Sheet 1975"  
Washington, 1975.

Con esa tasa, se tienen 4 042 millones de habitantes en 1976 y considerando el actual cociente de natalidad (31.5 al millar) se debe aceptar que diariamente nacen 348 800 niños, es decir, unos 14 500 cada hora. Pero para el año 2000, a sólo 24 años del presente, la humanidad alcanzará los 6 500 millones de personas y, de continuar las actuales tendencias, estarán naciendo, para esas fechas, unos 23 400 niños por hora.

Con los datos anteriores se dibujó la gráfica de la página 32 que ilustra la evolución del fenómeno y señala la tendencia asintótica de la curva, con respecto a las ordenadas.

### 3.22.- LA MAGNITUD NACIONAL DE LA EXPLOSION DEMOGRAFICA.

México, con una tasa del 3.5% anual, ostenta, entre las 159 naciones que pertenecen a la ONU, el más alto incremento demográfico del mundo (49).

Tal como se señaló para el conjunto de las naciones del tercer mundo, nuestro país ha mantenido sus altas "tasas brutas de natalidad" (\*) (45.0 en 1960 y 44.0 en 1970) y en cambio, ha visto descender su "tasa bruta de mortalidad" (\*\*) ya de suyo baja en 1960 (11.8) a un valor todavía menor (9.0 en 1970). En tal virtud, la tasa de crecimiento de la población, que resulta de la diferencia entre ambas tasas de natalidad y mortalidad, alcanza, como ya se había expresado, un valor de 3.5% anual, la más alta del mundo (50).

Con la tasa bruta de natalidad prácticamente constante y una tasa de mortalidad en continuo descenso, la evolución del incremento demográfico en nuestro país ha presentado, históricamente, los siguientes valores : (51)

---

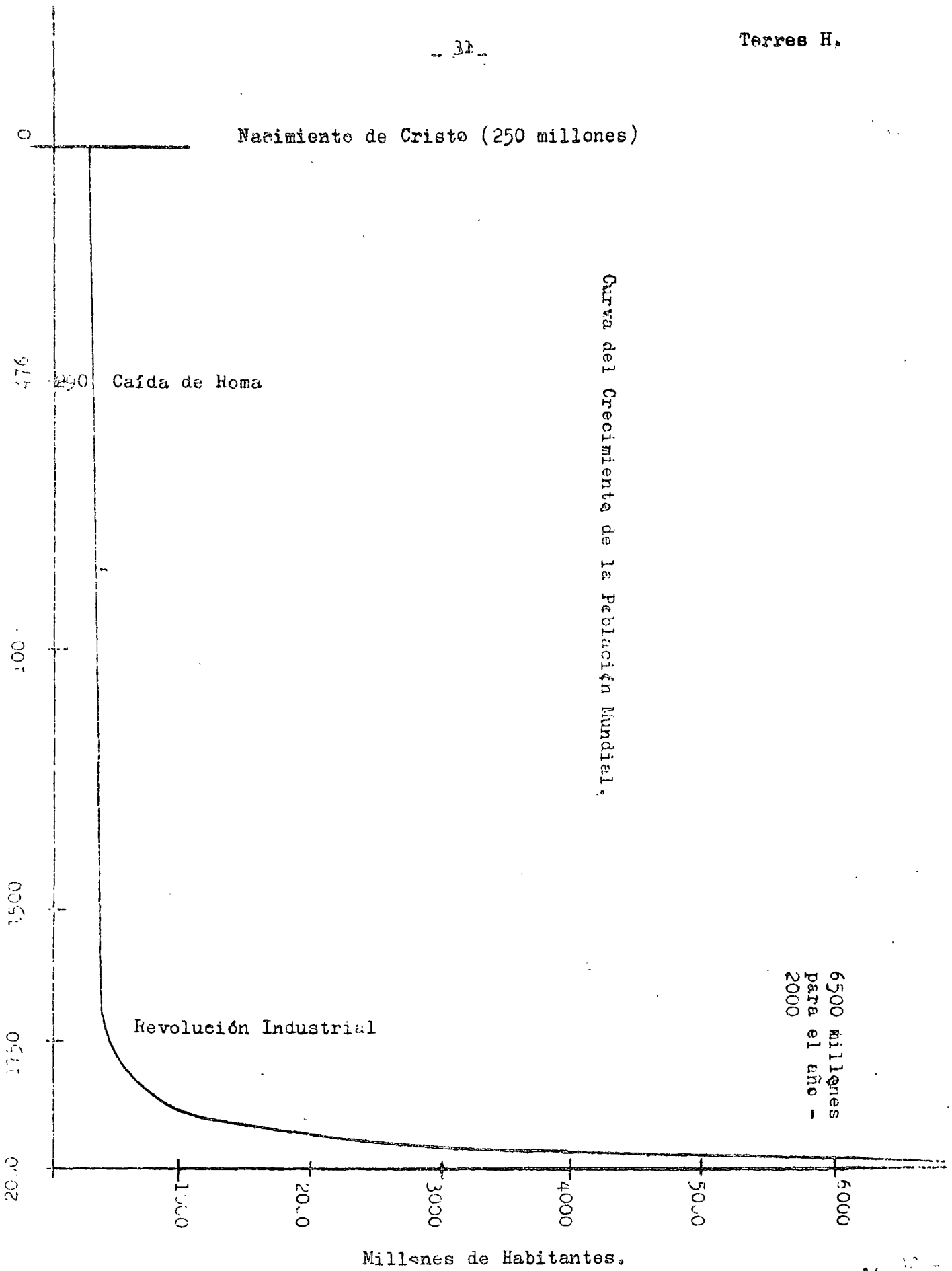
(49).- Ibidem. Data Sheet 1975.

(\*).- TASA BRUTA DE NATALIDAD.- Número anual de nacidos vivos por cada mil habitantes.

(\*\*).- TASA BRUTA DE MORTALIDAD.- Número anual de defunciones por cada mil habitantes.

(50).- CEPAL.- "Población y Desarrollo en América Latina". F.C.E., México, 1975, p. 74.

(51).- Ibidem. p. 73.



Millones de Habitantes.

Periodo	Tasa de incremento demográfico (%)	Periodo	Tasa de incremento demográfico (%)
1920-1925	0.95	1945-1950	3.12
1925-1930	1.76	1950-1955	2.94
1930-1935	1.75	1955-1960	3.20
1935-1940	1.84	1960-1965	3.45
1940-1945	2.88	1965-1970	3.50

Fuente : CEPAL.- "Población y Desarrollo en América Latina".

Tabla No. 3.- TASAS DE INCREMENTO DEMOGRAFICO  
PARA LA REPUBLICA MEXICANA.

Es fácil advertir que LA VERDADERA EXPLOSION DEMOGRAFICA SE INICIA A PARTIR DE 1940, coincidiendo con el arranque de la industrialización acelerada del país y con el incremento sostenido -por más de 30 años- de la acumulación de capital y del producto nacional (este último con 6.3% anual en promedio en el periodo) (52) todos los cuales, dieron pábulo al llamado "milagro mexicano" y explicaría, de paso, el porqué ese milagro no nos sacó de la pobreza.

Lo más destacado en las funciones de crecimiento de la población, es que, siendo exponenciales, SE DUPLICAN A INTERVALOS CONSTANTES cuya magnitud depende del valor de la tasa anual del incremento. Tienen la forma matemática del interés compuesto y pueden expresarse de la siguiente manera :

$$P_n = P_o (1 + k)^n \quad (1)$$

en la cual :

$P_n$  : población en el año "n".

$P_o$  : población en el año base.

$k$  : tasa anual de incremento de la población.

(52).- Nacional Financiera.- Op. cit. pp. 30 a 34.

México tiene actualmente (1976), 59 millones de habitantes y na cen cada año, dos y medio millones de niños; 6 850 diariamente (53). La población se duplica cada 20 años (quince menos que la población mundial) y si permanecen las tendencias actuales (y pocas esperanzas hay de cambiarlas, pero, aun cuando se alteraran, no modificarían su tancialmente el fenómeno en el mediano plazo) la población mexicana alcanzará, los siguientes valores, a partir del censo de 1970.

Año	Población (millones)	Año	Población (millones)
1970	48.38	1995	114.33
1975	57.46	2000	135.79
1976	59.47	2005	161.28
1980	68.24	2010	191.55
1985	81.05	2011	198.25
1990	96.27		

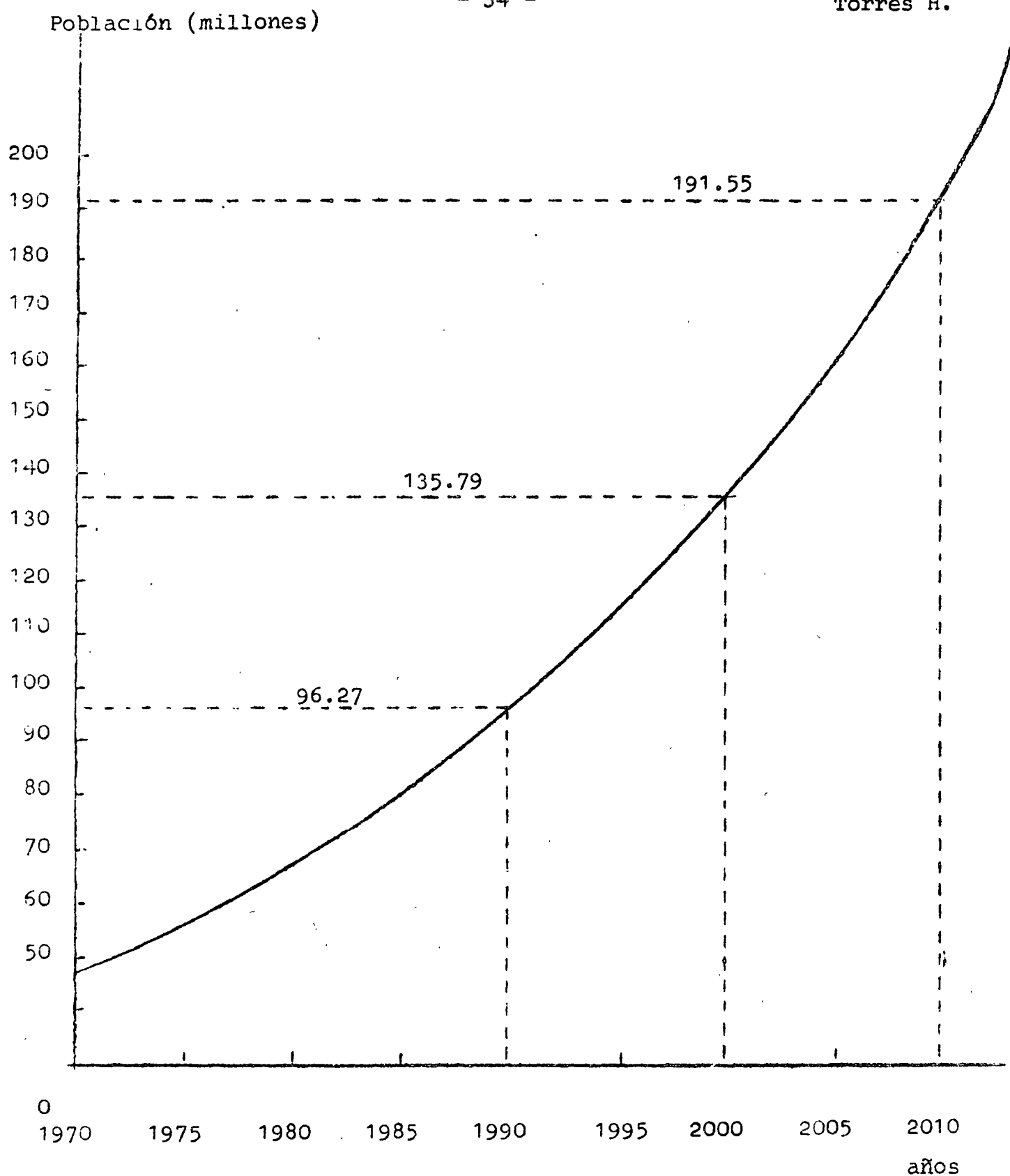
Fuente : SIC. Censo de 1970 y proyecciones del autor.

Tabla No. 4.- PROYECCION DE LA POBLACION MEXICANA

Con los datos de la tabla número 4, se dibujó la curva de la página 34.

Como no es lógico suponer que la población puede crecer indefi-  
nidamente (aunque sólo se restringiera en atención al cupo físico) es a todas luces recomendable establecer un límite razonable para su desarrollo. Quizás pudiera parecer adecuada una población más de 4 veces mayor que la de 1970; es decir, unos 200 millones de mexicanos. Pues bien, a pesar de que esa cantidad de ciudadanos nos pueda pare-  
cer, por ahora, exagerada, la población del país llegará a los 136 mi-  
llones al finalizar el presente siglo y SOLO ONCE AÑOS DESPUES, en el  
año 2011, la población aumentará en 84 millones de personas y alcanza-  
rá bruscamente el límite propuesto.

(53).- Leal, Luisa María.- "Explosión Demográfica y Nuestra Respon-  
sabilidad Presente".- Folleto editado por la Secretaría de Gober-  
nación, México, 1974, p. 2.



CURVA DE POBLACION PARA LA REPUBLICA MEXICANA .

Se consideró un incremento  $k = 3.5\%$  anual.

Pero si no se señalara ningún límite, cuando menos conviene tener conciencia de la amenaza que se avecina, pues la población mexicana dentro de 74 años, en el año 2050. sería de 758 millones y aumentaría, cada año, en casi 27 millones de personas, TRECE VECES MAS APRISA QUE LA EXPLOSION ACTUAL.

### EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Especial atención merece el "Area Metropolitana de la Ciudad de México" (\*), tanto porque en ella vivimos, cuanto porque es una de las zonas urbanas con más rápida expansión en el mundo. Si México en su conjunto ostenta el primer lugar de la tierra por su crecimiento demográfico del 3.5% anual, su zona metropolitana capital desborda cualquiera competencia, pues casi lo duplica con el ; 5.7% - - - anual ! (53). Esto quiere decir que SU POBLACION SE DUPLICA CADA 12 ANOS-y con ella, si se quiere mantener solamente el nivel de vida actual, se tendrían que duplicar a su vez, el área que actualmente ocupa, el ancho de sus calles; el servicio de transportes y viaductos; sus escuelas, bibliotecas, centros de servicio social, parques, servicio de agua y de energía eléctrica. ; Todos ellos duplicados en el lapso de dos periodos presidenciales !

Con esa expansión tan violenta resulta difícil -si no imposible- siquiera planear -no ya realizar- las obras de infraestructura urbana que demanda la población y es por eso tan frecuente comprobar el azoro de las autoridades municipales, ante los problemas que continuamente los desbordan.

El Area Metropolitana de la Ciudad de México alojaba, en 1970, una población de 8.621 millones de personas, lo que representaba el 17.82% de los habitantes totales del país y el 50% de la actividad industrial (54). Con el incremento demográfico tan extraordinario ya citado, de 7.5% anual, el Area Metropolitana daba cabida, a principios de 1975, a 11.375 millones de residentes, igualando al -

(\*).- EL "ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO" comprende el Distrito Federal menos Milpa Alta y diez municipios del Estado de México, a saber : Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, La Paz, Naucalpan, Netzahualcóyotl, Tlalnepantla y Tultitlán.

(53).- Leal, Luisa María.- Op. cit. p. 3.

(54).- Gleason Galicia, Rubén.- "Demografía y Repercusiones Sociales". México, 1972, p. 18.- Ejemplar mimeografiado de circulación restringida.- El autor era, a la sazón, Director General de Estadística.



área metropolitana de la Ciudad de Nueva York, la cual contaba, a mediados de ese mismo año, con 11.5 millones de personas (55).

Para fines del presente siglo y considerando el mismo crecimiento que actualmente padece, el Area Metropolitana de la Ciudad de México alojará una población de 45.5 millones de personas, cantidad casi igual a la totalidad de los habitantes del país en 1970. Pero, por peligrosa y falta de sentido que esta enorme concentración demográfica pueda parecer, el absurdo engendrado por nuestra irresponsabilidad ante este ingente problema, se hace más patente si se recuerda que esa población habita a 2 300 metros sobre el nivel del mar y que, para dotarla de agua potable, sería necesario un caudal de 111 metros cúbicos por segundo, en el mejor de los casos, ya considerando una buena parte del consumo, ahorrado mediante la recirculación del líquido, o gracias al tratamiento primario de las aguas negras. Para este último fin, se deberá relocalizar la industria a lo largo del gran canal o sobre el trazo de la salida del drenaje profundo. Pero aún así, los 111 metros cúbicos por segundo, que se traerían de los ríos Cutzamala, Tecolutla y Amacuzac, deberán bombearse hasta la altura de la Ciudad de México, lo que supone contar con una capacidad eléctrica de 2 millones de kilovatios, correspondiente al 25% de toda la capacidad eléctrica actualmente instalada en el país.

Puede ser ya demasiado tarde para contener la macrocefalia de la Ciudad de México, pero si no se modifican sus actuales tendencias, para el año 2030, a sólo 54 años de la fecha actual -y por lo mismo, dentro de las expectativas de vida de gran parte de la juventud de hoy- la población del Area Metropolitana de la Ciudad de México alcanzará la cifra de 240 millones de personas y aumentará a razón de 14 millones por año.

Las cifras anteriores pueden no impresionar a nadie, pero indican la causa de casi todos los problemas que padece la capital, los cuales además, se agudizan con el transcurso del tiempo, toda vez que su solución demandaría inversiones tan cuantiosas, que sobrepasan las posibilidades del erario nacional.

### 3.23.- LA EXPLOSION DEMOGRAFICA, FRENO AL DESARROLLO ECONOMICO.

Quizás en ninguna otra forma se manifieste el agobio demográfico con tanta claridad, como a través del concepto de "TASA DE DESA (55).- Midwest Research Institute; informe en la revista "Time", septiembre 29 de 1975, p. 35.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y

REGIONAL

TEMA: V. LA PLANEACION URBANA EN MEXICO

" ANTECEDENTES HISTORICOS ".

PROF. M. en C. RODOLFO FELIX RUIZ.

Abril, 1978.

Palacio de Minería

Calle de Tacuba 5,

primer piso.

México 1, D. F.

## B | Ecology of the Preindustrial City — Old and New

### 12 | Mexico City: Its Growth and Configuration, 1345-1960

NORMAN S. HAYNER

For almost six hundred years Mexico City grew slowly. Most of that time residential density declined with distance from the central plaza. But in recent years under the influence of rapid growth in population, many new industries, and some improvement in the means of transportation, the metropolis seems to be shifting toward a basic structure similar to that of large cities north of the Border. Yet it retains certain important differences.

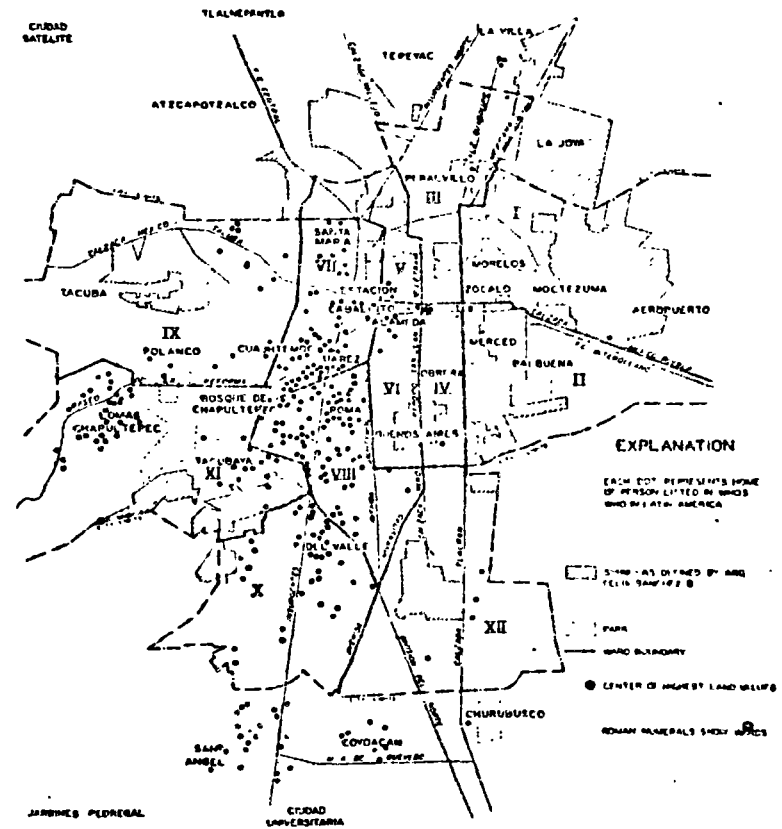
Anglo American cities usually develop their worst slums in a zone just outside the central business district. As business expands outward, land values for commercial purposes rise, but homes deteriorate and rents go down. Better residential areas are most frequently located a considerable distance from the center. Until recent decades, Latin American cities have grown very slowly over a long period of time. In a city that is not growing there is naturally no "zone in transition." The central business district is not expanding into surrounding residential areas. Where this is true it is more desirable to have a home within easy walking distance of the central square. Less favored sites for homes tend to be farther away, and the least desirable on the outskirts. Ordinarily the band plays for a *serenata* in the plaza two evenings a week. For smaller cities like Oaxaca or Querétaro, this public square is still the social center. But Mexico City today shows an interesting shift from this older pattern.

Since 1900, when its population was only 345,000, the capital's central business district has expanded outward, creating a "horseshoe" of high-land-value slums immediately to the north and east (see map, p. 167). Then too,

SOURCE: Norman S. Hayner in collaboration with Una Middleton Hayner, *New Patterns in Old Mexico* (New Haven, Conn.: College and University Press, 1966), pp. 51-64 and Map V.

one of its best residential areas (the Polanco Gardens) is located a full ten miles southwest of the Zócalo. In spite of these facts, its tendency to develop a circle of low-land-value slums on the outer edge of the metropolitan area has persisted for more than 440 years. In this respect it is similar to other large Latin American cities but different from the larger cities north of the Border. A 1957 United Nations Report on the World Social Situation

Mexico City—Homes of Intellectuals and the Poor



concludes that in Latin American cities "peripheral slums are frequently displaced and pushed farther out by the expansion of the city proper."

### Aztec Settlement to Modern Metropolis

To understand the present configuration of Mexico's capital, it is helpful to think in terms of four major periods in its development. First there was the ancient Aztec city of Tenochtitlán (1345-1521). Then came the Spanish colonial city (1521-1821) founded by Hernán Cortés and his followers. With independence came a century of French influence (1821-1920). The present city combines a rich heritage from the past with an increasing infiltration of ideas from the United States.

Most archeologists agree that Tenochtitlán was founded about 1345 on islands in the salt sea of Texcoco. The name "Mexico" was at that time used for the high valley in which Tenochtitlán was located. In the beginning, this Aztec settlement was a small village of reed huts with thatched roofs. By 1398 the earliest stone houses were built. When Cortés first saw Tenochtitlán and adjoining Tlaltelolco (1519), it was reputedly a city of more than five hundred thousand people, perhaps larger than any other in the world. It had narrow canals as in Venice and three main avenues two spear-lengths in width. The pink stone dwellings of the nobles included courtyards with fountains, buds, and flowers. An aqueduct brought fresh water to the Aztec capital. Since these structures were almost completely destroyed by the conquistadors, few vestiges of the ancient city remain.

[The early growth of Mexico City may be understood as follows.] The central area, a block roughly one mile on each side, is the section planned for occupation by the Spaniards in 1521, but actually not used until 1524. During the period when the city streets were being reconstructed in the form of a grid, the seat of government, the home of Cortés, and that of his captain, Alvarado, were in Coyoacán, a suburb just south of the present city limits. It is significant that even at this early date the native population was largely accommodated outside the limits of the Spanish city, their humble huts "scattered without order—as is the ancient custom among them."

During the next three centuries Mexico City grew slowly from perhaps thirty thousand, after the destruction of Tenochtitlán, to more than one hundred thousand. At the beginning of the nineteenth century it was again the largest city in the Western Hemisphere. A century later the capital had grown to more than three hundred thousand; by 1921, at the end of the revolution, its population had passed the six hundred thousand mark, finally exceeding the size Tenochtitlán is alleged to have reached four centuries earlier.

Growth during these four centuries has been primarily westward. During this long period the area occupied by dwellings expanded only one-half mile to the south and about a mile east and north, but three and one-

half miles to the west. Until 1903 further expansion eastward was blocked by Lake Texcoco. At that time this lake was partially drained by a gigantic canal and tunnel project, but the establishment of new residential neighborhoods to the east was still discouraged by the alkaline character of the reclaimed soil. During the major portion of these four centuries, the least desirable areas for residence were those beyond an easy walking distance from the Zócalo and the Alameda.

Throughout the colonial stage in its development, Spanish influence was of course dominant. The official language, the Roman Catholic church, the burros, the siesta, the patio, paintings, public administration, were all heritages from Spain. Buildings in the older part of the city, whether governmental, ecclesiastical, educational, or residential, are still predominantly Spanish in architecture.

The oldest official panorama map of Mexico City, dated 1737, shows the largest and best residences in the center, the smallest and poorest on the periphery. Cortés had ordered the Indians to move out of the center and had divided up the more desirable section among his retainers. The house used by Cortés himself is still to be seen near the Zócalo. Canals came as far as the Zócalo from the east and almost connected with the oldest plaza in the Americas from the west.

After Mexico gained its political independence from Spain in 1821, Spanish cultural patterns continued to be important. Of the other European nations, probably the dominant influence through the next century came from France. During this period, French was the preferred foreign language in the schools. Up to the 1950's, it still was in Oaxaca's Institute of Arts and Sciences. It was not until after the Revolution of 1910-21 that English came to lead other foreign languages in the metropolis. Maximilian, emperor of Mexico from 1863 to 1867, designed a Boulevard Imperial patterned after the Champs-Élysées of Paris. This magnificent avenue—later renamed the Paseo de la Reforma—extends as a fourteen-lane, tree-lined boulevard from the equestrian statue of Charles IV of Spain\* about two miles southwest to Diana the Huntress at the entrance to Chapultepec Park. In the Díaz regime (1876-1910) many pretentious *palacios* were constructed along the Reforma. It is significant that the two older *colonias* (neighborhoods) north of the Reforma, Santa María (1869) and San Rafael (1891), are predominantly Spanish in architecture, whereas in the newer *colonias* south of the Reforma, Juárez (1902) and Roma (1906), the homes are distinctly French in style—many recently replaced, however, by modern commercial and residential buildings.

Before the Spaniards came the capital city was Indian; during the next four centuries it was predominantly Latin; recently it has been moving toward a fusion of these two elements supplemented by a growing influx of ideas and artifacts from the United States. Since the opening of the

\* A statue affectionately referred to as the Caballito (Little Horse).

México-Laredo Highway (1932), followed by construction of three other highways from Mexico City to the Border, increasing streams of American tourists have poured into the capital. World War II accentuated the flow. Many travelers, who could not visit Europe, turned to Mexico. By 1960 the tourist trade was generating 23 per cent of Mexico's foreign exchange earnings. At the same time, *norteamericanos* not only had invested a billion dollars in Mexico's expanding industries but also had provided much of the technical know-how for their development.

The impact of this North American influence may be seen both in the business center and in the newer colonias to the south and southwest. Many of the office buildings of the central business district and along the Reforma are now as modern as those in large cities north of the Rio Grande. In fact, Mexican engineers have recently overcome the handicap imposed by the spongy lake bottom on which the city is built. As a result, by 1961 many skyscrapers of more than ten stories had been completed and numerous others were under construction. Beginning with the 44-story Latin American Tower just south of the center of highest land values, these tall buildings tend to form a row extending west along Juárez and southwest along the Reforma. Such a development spells centralization.

Another influence from the United States and an index to decentralization of services, combined with centralization in control, is to be seen in the well-organized *supermercados* located in better residential districts, such as the Lomas, Polanco, Anzures, Condesa, Roma, and Del Valle. These supermarkets sell a wide variety of both Mexican and foreign groceries. As in similar institutions north of the Rio Grande, prices are marked for every item, carts are available to carry purchases, and everything is checked over and paid for on departure. In the spring of 1961 the Mexico City supermarkets celebrated their fifteenth anniversary. None of the supermarkets, however, had parking lots for automobiles. In fact, at that time the writer saw no automobile-oriented shopping center of the type that has developed in the United States.

Externally, the city's upper-class residential district, the Lomas de Chapultepec, is very similar to certain sections of Los Angeles. All houses in the area must have gardens extending around the outside in repudiation of the patio of the Spanish-style home.

There is another way in which the Mexican capital can be compared with Los Angeles, and that is in its recent growth. In 1930 the population of Mexico City was over a million and that of the Federal District (comparable from a legal standpoint to the District of Columbia in the United States) about 1,250,000. By 1960 the city had almost reached 3,750,000, and the Federal District was approaching five million. In the period 1930-60 the population of the Republic doubled; that of the capital tripled; that of the Federal District quadrupled. The Mexico City "metropolitan area" as determined by International Urban Research had a population of 2,960,120 in 1950 and 4,816,393 in 1960—an increase of 63 per cent. This growth rate

is faster than the 54 per cent increase for the Los Angeles-Long Beach metropolitan area during that decade and almost as rapid as the estimated 67 per cent increase for the metropolitan area of São Paulo, Brazil.

Heavy in-migration to the capital, and to cities like Guadalajara (with 734,346 persons in 1960) and Monterrey (601,085), has been stimulated by such factors as the persistent low real incomes among peasants, and industrial developments fostered by the government's policy of "Mexico for the Mexicans." Up to 1926, for example, all makes of cars were imported. Beginning in that year automobile companies willing to assemble their cars in Mexico were favored. By 1961 importation of expensive cars, such as Cadillacs, was stopped while corporations willing to use a large proportion of parts manufactured in Mexico were encouraged. It is probable that eventually all new cars purchased by Mexicans will be manufactured within the Republic.

Along with the growth in Mexico City's population, there have been improvements in transportation, but nothing comparable to the subways or commuter trains of New York or Chicago. This fact has prevented the star-shaped spread of the metropolis along lines of fast transit. But wherever burgeoning cities are found, transportation has difficulty in keeping up. Two-fifths of the passenger automobiles of Mexico are registered in the Federal District—three times its quota in proportion to population, but still only one privately owned car registered as of 1958 for every 36 individuals (1960). During the past decade improvements have been made in the highways leading into the metropolis and in arterials within and around the city. With the exception of jitneys which operate along major avenues for a flat one-peso charge per person and the slightly more expensive taxis, the use of passenger automobiles is largely limited to the middle and upper classes. For the masses, transportation is by streetcar or, increasingly, by the clumsy, crowded "ubiquitous bus." And the buses, which do seem to go everywhere, are neither rapid nor dependable.

The expansion of the city, at first largely to the south and southwest and more recently in all directions, has pulled the business district westward along the Avenida Juárez and southwest along the Reforma. The old French-style houses in the northern part of Colonia Juárez and the "palaces" along the northeastern end of the Reforma have been replaced by hotels, apartment houses, governmental and commercial establishments including automobile agencies. Apartments have increased greatly in number. In 1941 the huge Arch of the Revolution, on an extension westward of the Avenida Juárez, stood alone among vacant lots; now it is surrounded by apartment and office buildings. The area near the Caballito . . . is perhaps the clearest example of the process so common in North American cities in which a neighborhood of individual homes is "invaded" by apartments or commercial enterprises. Old buildings in this area have, in fact, been sold for the value of the land.

A similar process of invasion and succession has been taking place during

the past two decades along Avenida de los Insurgentes south of the Reforma. The success of Sears Roebuck de México in Colonia Roma, the congestion and parking difficulties for a major department store still located near the Zócalo, and the fact that most of its upper- and middle-class clients lived to the southwest, encouraged the Palacio de Hierro to establish a large branch a few blocks west of Roma. Changes such as these have resulted in sharp increases in land values in the areas invaded.

As is true to a greater or lesser extent for many capitals in progressing countries, and demonstrably so for Latin America, the metropolitan area of Mexico City had in 1960 six times the population of the metro area for the next largest Mexican city, Guadalajara. From this standpoint the capital ranked ninth in a list of 39 such areas having an estimated population of over one million in 1955 and may, therefore, be described as a "primate city." This growing metropolis is the dominant center of the political, business, and intellectual life of the Republic. Here is the largest center of manufacturing, the focus for transportation facilities, the financial hub of the Republic, and here are the managerial headquarters for many enterprises. It attracts leading professionals from all the states and territories. In the words of Hubert Herring, it "devours the leadership of the country. Every politician, doctor, and lawyer nurses the ambition to live in the capital—draining the states of their leadership."

Data on personages listed in *Who's Who in Latin America* indicate the extent to which this was true in 1946. The occupations represented most often among these *intelectuales*, in order of frequency, were: lawyer, engineer, writer, physician, army officer, businessman, professor, painter, newspaperman, and banker. Although only 148, or 18 per cent, of the 808 listed for the whole of Mexico were born in the Federal District, 672 or 82 per cent lived there, a ratio of two to nine. It is assumed that the ratio between the number of distinguished persons born in a given state and the number who live there provides a rough measure of the relative drawing power of the Federal District as compared with the state. This ratio was twenty-one to one for Oaxaca and eight to one for Puebla; but two to one for Jalisco where Guadalajara is located and four to three for Nuevo León, where Monterrey is the capital.

The distribution of Mexico City and local newspapers serves also as a rough measure of the extent to which the metropolis actually dominates the social and economic life of the country. Where the number of Mexico City papers drops below that of local papers it may be assumed that the capital has ceased to be dominant. If this index is adequate, the capital's social and economic pre-eminence is felt most on the Central Mesa with a substantial share of the western part of this great plateau controlled by Guadalajara.

In addition to the natural attraction which the metropolis offers, even to people from Guadalajara, there is the insecurity created by the governmental policy of expropriation of agricultural lands. In 1937 under President

Lázaro Cárdenas this reached the peak of five million hectares (about twelve and a half million acres). Whatever one's personal opinion on this fundamental question, it has produced an insecurity among landowning classes that has caused many to migrate to the city.

### Palaces and Slums

The best available index to the ecological structure of the metropolis proved to be land-value gradients. Estimated commercial land values for 1943 and 1948 . . . were based on actual sales, offers, or demands. A map prepared by Professor Edmundo Flores of the National University, using what are presented as "approximate commercial values" for 1958, shows a similar pattern with the most notable increases along the Reforma. The center of highest values is occupied by the Guardiola Building on San Juan de Letrán between Cinco de Mayo and Madero avenues. Values decline slightly as one moves east from this building to the Zócalo. Westward on Avenida Juárez and southwestward along the Reforma, values remain high as far as the intersection with Avenida Insurgentes. They are slightly lower from Insurgentes to Chapultepec Park. In general, values drop as one moves north or south from this Zócalo-Caballito-Chapultepec Park axis with the longest continuation of high values south along Insurgentes. The center of population in Mexico City gradually shifted from the Zócalo southwest so that by 1940 it reached La Garita at the intersection of Bucareli and Avenida Chapultepec (southeast corner of Ward VII). A panorama of the city as it was in 1856 shows this intersection three or four blocks beyond the built-up portions.

As the city grew, factors determining the southwestward movement of the middle and upper classes included: the more fertile soil, higher elevations, and greater scenic beauty to the southwest; railroad yards little more than a mile to the north and northwest of the center (moved three miles northwest in 1958); city sewers that flow eastward and then, without covers, northward on a natural gradient, and prevailing winds from the northeast which, just before the rainy season starts, stir up alkaline dust storms from the dried-up bottom of Lake Texcoco northeast of the capital. This shift of people, together with the fact that the streets are wider, has helped to make Avenida Juárez and the Reforma more important than Avenida Madero, long the stronghold of real estate values.

Two phenomena seem to be correlated roughly with socioeconomic status in the metropolis. For one of these, the sex ratio, the correlation is negative; for the other, the number of distinguished persons, the correlation is positive. As the number of men per one hundred women decreases, the socioeconomic status of an area, within certain limits, increases. Two wards (*cuarteles*) with high average financial standing had in 1940 a sex ratio of 68.5 males to 100 females (76.5 in 1960). These wards (VII and VIII) include the prosperous colonias north and south of the Reforma. The ratio

for the city as a whole was 83.3 (88.4 in 1960). In the three poorest wards (I, II, and IX), which include the Morelos, Merced, and Tacuba neighborhoods, the percentage stood at 90.6 (95.3 in 1960). This difference seems to be due to the larger number of women servants in the wealthier districts. Interestingly enough, when one studies the very wealthy Lomas, the sex ratio rises again. Chauffeurs and gardeners have been added to the servant group. The fact that between 1940 and 1960 the sex ratio increased 1.6 times as much in the rich wards (8.0) as for the city as a whole (5.1) suggests that the higher wages offered by factories make it more difficult now to retain female help in the homes.

In contrast to large Anglo-American cities like Chicago, this Mexican city contains no area of homeless men. Women and children share with men life in the worst slums. This is probably best explained in terms of family mores. Women put up with more in Mexico.

The spots on [the] map . . . show the "homes" of distinguished persons as revealed by the above-mentioned study of *Who's Who in Latin America*. Cases where only office addresses were given are not included on the map. It will be noted that Colonia Juárez, the Lomas, and Del Valle, with about thirty personages each, have the largest number in *Who's Who*. San Ángel, Roma, Hipódromo (west of Roma), and Cuauhtémoc came next with about fifteen each. The low number in Polanco (3) and Nueva Anzures (4) is to be accounted for by the newness of these colonias and the predominance of the *nouveaux riches*. The north-south avenue, which is named Guerrero on the north and Cuauhtémoc on the south, divides the land area occupied by dwellings and the population of the metropolitan area approximately in half, and yet there were only 22 spots east of this line as against 225 west. In fact, using the same line as [the] eastern boundary and an imaginary extension westward of Avenida Juárez as [the] northern, the southwest sector of the metropolitan area contained 202, or more than four-fifths, of these distinguished persons.

An interesting housing map prepared by the National Urban Mortgage Bank showed for 1932 the exact distribution of various types of housing in Mexico City. *Vecindades* and other types of homes for workers were most frequently present in the congested areas of "Old Mexico" north, east, and south of the Zócalo (Morelos, La Merced, Obrera), whereas west of the north-south line of Guerrero-Cuauhtémoc mentioned above there was a preponderance of residencias and very few *vecindades*. In 1947 the National Urban Mortgage Bank continued its studies of Mexico City's housing problem with an investigation by architect Félix Sánchez B. The slum areas on [the] map . . . are based on this report. One-fifth of the land area of the city (1946) was covered by these slum zones, and one-fourth of the estimated population—about half a million persons—lived in them. One hundred and thirty thousand individuals lived in dwellings whose destruction was recommended.

As was mentioned earlier, when the boundary of the Spanish city was

established in 1521 the huts of the Indians were built outside. Architect Sánchez points out that this hodgepodge of jacales outside the Spanish city was the beginning of the present high land-value slums. Areas of greatest density of population—from 1,000 to 2,500 persons to the acre—and some of the worst present-day slums form a "horseshoe" around the north and east sides of "México Viejo," the older, central part of the city.

Northeast of the Merced district is the neighborhood called Moctezuma studied by the author in 1948. Here in 1961 the pressures from the expanding city could be seen. An earlier population of manual laborers (*obieros*) had been replaced by white-collar workers (*empleados*) who could pay higher rents. This increase in rentals, however, has made it necessary for many newly married couples to live in the home of the husband's father. Schools that operated two shifts in 1948 had four in 1961.

One answer to these problems is the construction now in process (1963), on the northern edge of the inner "horseshoe," of the largest housing project in Latin America. This project extends from Insurgentes Norte on the west to a proposed prolongation of the Reforma on the east—about one and a half miles. It will average three-eighths of a mile in width. Extensions northward of Guerrero and of San Juan de Letrán will divide it into three semi-independent units. Here, eventually, in buildings that are two, three, and seven stories high, ninety thousand people will be housed. Markets, playgrounds, and schools will be included. Apartments will range in size from one to four bedrooms and will rent for 12 to 40 dollars per month. They are planned for workers who earn from 32 to 96 dollars monthly. The construction is being financed by the same government-supported institution that has been making some of the housing studies—the National Urban Mortgage Bank. The location was made available by the moving of railroad freight yards (nationally owned) three miles to the northwest. It gets its hyphenated name, Nonoalco-Tlatelolco, from two ancient communities that once occupied the site. A nine-level pyramid discovered here convinces archeologists that Tlatelolco (*sic*) was at least four hundred years older than Tenochtitlán.

At some distance outside the "horseshoe" Sánchez found a broken circle of low-land-value slums. These slums seem to develop in vacant areas between or peripheral to established communities. Such clusters may be initiated by so-called "parachutists," squatters who just "fall" into these open spaces. In the beginning at least, these aggregations of makeshift huts and substandard houses lack transportation, lighting, water, and sewage disposal. Eventually such services tend to come in and the shantytown achieves the status of a "proletarian community."

If for the Federal District data on recorded offenders against the law consistently covered the geographical distribution of their homes rather than merely the place where the crime was committed, probably they would fail to show the same degree of concentration in a transitional belt near the center as in North American cities. In addition to the outer circle of slum

zones outlined on [the] map . . . smaller slums are often to be found near the best residential neighborhoods. In some instances these have been started by a few peales where poorly paid quarry workers and their families lived.

About three fourths of Sánchez' half million slum dwellers lived east of the Guerrero-Cuauhtémoc line. These poverty-stricken people were for the most part crowded into the older, more congested sections or into the new proletarian additions to the east and northeast. In "Old Mexico" every sidewalk and every entrance to the numerous *vecindades* seem to be teeming with humanity. Due perhaps to better facilities than in the spot that is called home, eating and even sleeping on the street are commonplace. The other one-fourth of the city's slum dwellers lived in the Tacubaya, Tacuba, and Prohogar (north of Santa María) zones. But between Tacubaya and Tacuba the magnificent residences of the Lomas rival anything in Hollywood.

Comparison of air photos of the metropolis and its vicinity for 1936 and 1959 plus field observations of 1941 and 1961 indicate a large increase in homes for workers in the area north of Morelos outside the city limits, in the flat lands northeast of La Villa extending into the State of Mexico, and in the industrial suburbs of Atcapotzaco and Tlalnepantla to the northwest. New proletarian colonias have sprung up to the east along the Puebla highway and to the southeast in the Ixtapalapa delegation. A 1958 report on *Colonias Proletarias* locates three hundred such areas and concludes that by the end of 1955 they covered 30 per cent of the land area of the city. These neighborhoods make an almost complete circle around the outer part of the city with a two mile break on the west and another two-mile break on the south. There is also an increase in homes, some of them palatial, in new subdivisions west and southwest of the city's legal boundaries.

Between 1940 and 1950 the tier of delegations in the Federal District immediately outside the political city grew four times as rapidly as the city itself, and from 1950 to 1960 eight times as rapidly. The remaining delegations in the Federal District, farther from the city, grew in the earlier decade a little less rapidly than the political city but between 1950 and 1960 2.4 times as fast. Actually, the four central wards of Mexico City declined 4.6 per cent between 1950 and 1960. This decrease at the center is, of course, to be found in other large cities. In other words, the Mexico City metropolitan region is growing most rapidly on the fringe of its built-up area and not in spatially independent suburban towns.

In conclusion, the following observations have been emphasized: (1) the slow and more recently the rapid growth of Mexico City; (2) the shift in basic configuration from the plaza-centered structure of the older Mexican cities toward certain characteristics similar to Anglo-American urbanized areas, including a "zone in transition"; and (3) certain differences between

Mexico City and the latter. The absence of an area of homeless men, and of better-class residential suburbs with matricentric families, the tendency for low land-value slums to form a zone on the periphery, and the greater tendency to be the political, business, and intellectual center for an entire country are features of the Mexican capital which differ sharply from the ecological patterns presented by larger cities north of the Border. Reflecting, as they do distinctive aspects of modern Latin American family and community life, these structural differences are apparently characteristic also of most of the larger urban aggregations south of Mexico.

### 13 | The Ecology of Bangalore, India: An East-West Comparison

NOEL P. GIST

Ecological research<sup>1</sup> in American cities has revealed rather striking uniformities of ecological patterning, sufficient at least for certain tentative theories concerning urban ecology. It would be a fallacy, however, to assume that these theories are necessarily applicable to societies that differ strikingly from the United States in history, stage of technological development, socio-economic organization, and cultural interests.

Observations made in a few Latin American cities, for example, reveal ecological patterns quite different from those characteristic of many American cities.<sup>2</sup> The classical urban pattern in these cities may be summarized as follows: high-status and high-income residents live near a central plaza, which is the social and institutional heart of the community; low-status and low-income residents locate near the periphery; economic establishments tend to be dispersed throughout the city, rather than highly centralized; and suburban growth from residential decentralization is limited.

Ecological segregation in one form or another appears to be almost universal, but the particular form in which such segregation occurs is highly variable, and changes in segregative patterns are affected by broad ideological, political, economic, and technological changes. Probably all communities

<sup>1</sup> See Theodore Caplow, "The Social Ecology of Guatemala City," *Social Forces*, 28 (December 1949), pp. 113-33.

<sup>2</sup> Source: *Social Forces*, XXXV, 4 (May 1957), 356-359, 361, 363-365. Reprinted by permission of the publisher.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION  
URBANA Y REGIONAL

LENGUAJE DE SIMULACION DYNAMO  
II PARTE

ING. VICTOR LOPEZ DE BUEN

ABRIL, 1978.

## APENDICE A

### BREVE DESCRIPCION DEL LENGUAJE DYNAMO

A.1	Breve descripción DYNAMO	461
A.2	Notación en el Tiempo y Tipo de Variables	462
A.3	Diagrama de Flujo en DYNAMO	464
A.4	Ecuaciones en DYNAMO	466
A.5	Funciones Especiales en DYNAMO	467
A.6	Especificaciones de Control	473
A.7	Gráficas en DYNAMO	473

## A.1 BREVE DESCRIPCION DE DYNAMO

¿Qué es DYNAMO? Es un lenguaje de computadora que traslada los modelos matemáticos de una notación fácil de entender a resultados gráficos y tabulados.

Un modelo escrito en DYNAMO consiste en un número de ecuaciones algebraicas que relacionan una serie de variables entre sí.

En esta tesis las ventajas de utilizar DYNAMO en lugar de otro lenguaje, como el FORTRAN, son las siguientes:

- . La notación en el tiempo representa una gran ayuda en la comprensión del orden de la computación.
- . El lenguaje DYNAMO es muy fácil de aprender.
- . A diferencia de la mayoría de los lenguajes que tienen un lenguaje fuente y otro objeto, DYNAMO sólo tiene uno.
- . Tiene un tiempo muy corto de compilación.
- . Las salidas de DYNAMO incluyen resultados en forma gráfica, ahorrándonos el tiempo que perderíamos graficando los datos obtenidos en otro tipo de lenguaje. -- Aún más, la forma en que se especifica la forma de graficar es sumamente fácil hasta el punto de no te--

ner que suministrar los datos para el esclarecimiento de las distintas variables a graficar.

- . DYNAMO parece comportarse más como una computadora analógica que como una digital.
- . En DYNAMO las ecuaciones no necesitan llevar un orden específico, y si éste es necesario, DYNAMO lo ordenará.
- . DYNAMO es capaz de crear muchas de las condiciones iniciales requeridas dándonos la facilidad de no tener que calcularlas.
- . El listado de errores en caso de tenerlos cubre una extensa gama, dado lo cual se pueden corregir rápidamente.

## A.2 NOTACION EN EL TIEMPO Y TIPO DE VARIABLES.

La base para la notación del tiempo es el procedimiento por el cual la computadora calcula los resultados, es decir, ésta se mueve a través del tiempo en pasos directos y calcula todas las variables en cada paso. En la figura A.1 se expresa la idea anterior.

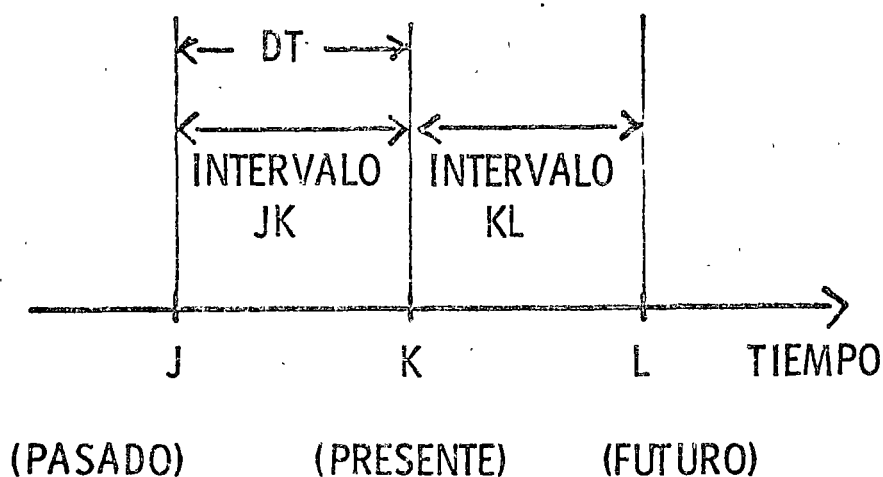


FIGURA # A.1.- Notación en el Tiempo.

El tiempo para el cual los cálculos están siendo normalmente hechos se llama tiempo "K". El tiempo anterior para el cual los cálculos fueron hechos es llamado "J" y el siguiente instante para el cual los cálculos serán hechos se llama "L". Los intervalos entre estos tiempos es "JK" y "KL" respectivamente y la duración de dichos intervalos se llama "DT".

Una vez que todas las variables han sido calculadas para el instante "K" y para el intervalo "KL", la computación avanza un intervalo de tiempo y los valores que fueron asociados con el tiempo "K" son ahora relacionados con el tiempo "J".

Esta notación paso por paso fué escogida en lugar de una

notación derivada de las ecuaciones diferenciales ya que muchos usuarios no familiarizados con matemáticas superiores podrían entender mejor este procedimiento.

### A.3 DIAGRAMAS DE FLUJO EN DYNAMO

Un procedimiento de flujo es la representación de las relaciones postuladas entre los elementos de un modelo. Describe las suposiciones con un grado de detalle intermedio entre los diagramas de malla causales que son dinámicos pero incompletos y las ecuaciones en DYNAMO que son detalladas y precisas.

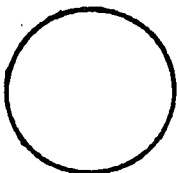
Un diagrama de flujo en DYNAMO consta de ocho elementos o componentes principales:



Los rectángulos representan niveles, por ejemplo, la población POBT, los recursos RNR, los préstamos externos, etc.



Los rectángulos divididos en esta forma, representan el retraso de una variable, por ejemplo, la tasa de aparición de la contaminación persistente TAPCP, la esperanza de vida retardada EVR, etc.



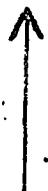
Los círculos representan variables auxiliares, por ejemplo, la generación de contaminación persistente debida a la producción agrícola GCPPA, los servicios S, los alimentos A, etc. Las funciones tabla son in

dicadas por una línea arriba y otra abajo del nombre de la variable en DYNAMO como es el caso del multiplicador de consumo de recursos per cápita MCRPC.



Las válvulas representan tasas, por ejemplo, la tasa de natalidad NPA y la de mortalidad MPA.

Las flechas de trazo continuo, representan flujo-material, por ejemplo, la flecha que sale de la tasa de inversión del capital industrial TICI indica el flujo de dinero con que se incrementará el capital industrial CI.



Las flechas discontinuas, representan flujo de información, por ejemplo, la información del nivel de recursos es usada para determinar la fracción restante de recursos naturales no renovables - - FRNR.



Las líneas de entrada representan la entrada de información de parámetros constantes, por ejemplo, los recursos naturales no renovables iniciales - - RNRI, la esperanza de vida normal EVN, etc.



Los medios círculos dobles representan a las variables exógenas que dependen del tiempo, por ejemplo,



la población POBT. Dado que esta entrada es determinada en otro sector del modelo, será exógeno para el sector recursos naturales no renovables, con taminación persistente, in versión de capital, y pro ducción de alimentos.



El símbolo "nube", representa una fuente o un pozo para los flujos. Una nube delimita efectivamente las fronteras del sistema. Después de que un flujo ha entrado a una nube, ya no afectará al sistema. De la misma forma, lo que le sucede a un flujo antes de salir de la nube para entrar al sistema, no es de importancia para él.

#### A.4 ECUACIONES EN DYNAMO

Los principales tipos de variables usadas en DYNAMO son: variable de nivel, ecuaciones de tasa, auxiliares, valores ini ciales, suplementarias y constantes.

Las variables de nivel son cantidades que dependen de su valor en el tiempo "J" y de otras cantidades en ese tiempo o en el intervalo "JK". la población es un ejemplo de estas variables.



Las variables auxiliares son introducidas para simplificar la complejidad algebraica de las ecuaciones de tasa. Muchas veces tienen un significado físico y consecuentemente simplifican la comprensión del modelo.

Algunas variables requieren de valores iniciales, algunos de ellos son calculados por DYNAMO, y otros requieren ser especificados por el usuario, como las de las variables de nivel.

Una variable suplementaria es una variable extraña al conjunto de ecuaciones propiamente dicha y es introducida únicamente para ser graficada o tabulada.

Constantes.- Es una cantidad cuyo valor numérico será explícitamente y se mantiene invariable para una corrida en particular.

Todas las variables reciben un nombre que debe tener cinco o menos caracteres alfanuméricos y el primero de ellos debe ser alfabético.

La forma que llevan las ecuaciones debe ser cotejada en el manual de referencia de DYNAMO (1).

## A.5 FUNCIONES ESPECIALES USADAS EN DYNAMO.

### FUNCION TABLA. (TABHL)

El usuario de DYNAMO frecuentemente desea expresar la

relación existente entre dos variables y ésta es más fácil expresarla en una forma tabular o gráfica, dado lo cual DYNAMO tiene una función para llevar a cabo lo anterior, una manera general de establecer esta función es la siguiente.

$P = \text{TABHL} (\text{NOMBRE}, Q, \pm L1, \pm L2, \pm L3)$

$\text{NOMBRE}^* = A1/ A2/ A3. . . /AN$

donde:

$P =$  variable dependiente

$\text{NOMBRE} =$  nombre de la tabla

$Q =$  variable independiente

$L1 =$  el valor más chico del rango de la variable independiente

$L2 =$  el valor más grande del rango de la variable independiente

$L3 =$  el incremento de la variable independiente

$\text{NOMBRE}^* =$  Define a los valores que toma la variable dependiente

$A1, A2, A3, \dots, AN =$  valores que toma la variable independiente.

La función TABHL es una tabla en la cual el valor de la variable independiente puede rebasar los límites del rango asignado. En el caso de sobrepasar estos límites la computadora toma los primeros ó últimos valores asignados a dicho rango, según sea el caso.

En el caso de que conozcan los límites de la variable independiente durante la corrida del modelo, se puede utilizar la función "TABLE", cuyo formato es igual al de la función "TABHL".

### FUNCION RAMPA (RAMP)

La forma general de esta ecuación es la siguiente:

$$P = \text{RAMP} (\pm O, R)$$

Si O y R son constantes P simplemente es una rampa con pendiente Q que empieza en el tiempo.

### FUNCION MINIMO (MIN).

La forma general de esta ecuación es:

$$P = \text{MIN} (\pm Q, \pm R)$$

$$P = Q \text{ si } Q < R$$

$$P = R \text{ si } R \geq Q$$

### FUNCION MAXIMO (MAX).

La forma de esta ecuación es:

$$P = \text{MAX} (\pm Q, \pm R)$$

$$P = Q \text{ si } Q \geq R$$

$$P = R \text{ si } Q < R$$

### FUNCION LIMITADORA (CLIP)

$$P = \text{CLIP} (\pm Q, \pm R, \pm S, \pm T)$$

$$P = Q \text{ si } S \geq T$$

$$P = R \text{ si } S < T$$

## FUNCIÓN RETRASO (DELAY)

Los cambios sociales complejos no responden inmediata y completamente a los cambios de las condiciones y entradas; por ejemplo un incremento en el número de nacimientos será seguido sólo después de muchos años más tarde por un incremento de las muertes. En modelos de sistemas dinámicos un retraso está representado por una combinación de variables de nivel y de ecuaciones de tasa.

Los retrasos tienen dos características dinámicamente significativas. Primero, un retraso pospone el efecto completo de un cambio a la entrada del retraso. El tiempo promedio del desplazamiento en el tiempo está determinado por la "constante de tiempo del retraso", la cual puede ser constante o variable durante una corrida determinada. Segundo, un retraso modifica la forma de la entrada en el tiempo, por ejemplo: un súbito incremento en la entrada al retraso será seguido por un incremento más suave en la salida del mismo.

Hay dos tipos de retraso:

**RETRASO DE INFORMACION:** Estos sirven para suavizar variables que contienen información. Por ejemplo, el retraso que se aplica a los servicios per cápita dedicados al mejoramiento de la salud para que estos tengan influencia en el aumento de la esperanza de vida; es decir, al invertir dinero en los servicios de salud, la inversión tendrá su efecto después de varios años.

RETRASOS MATERIALES: Estos cambian la forma en el tiempo de aquellas variables que involucran flujo de material. Por ejemplo, la tasa de aparición de contaminación persistente, que es la misma tasa de generación de contaminación persistente pero retrasada; esto es, el tiempo que pasa desde que la contaminación es generada hasta que sus efectos nocivos son percibidos en el medio ambiente.

Podemos tener distintos ordenes de retraso: de primer orden, de segundo orden, etc., escogidos éstos de acuerdo al mayor peso que se le quiera dar a cada retraso, esto se puede apreciar en la figura 2.

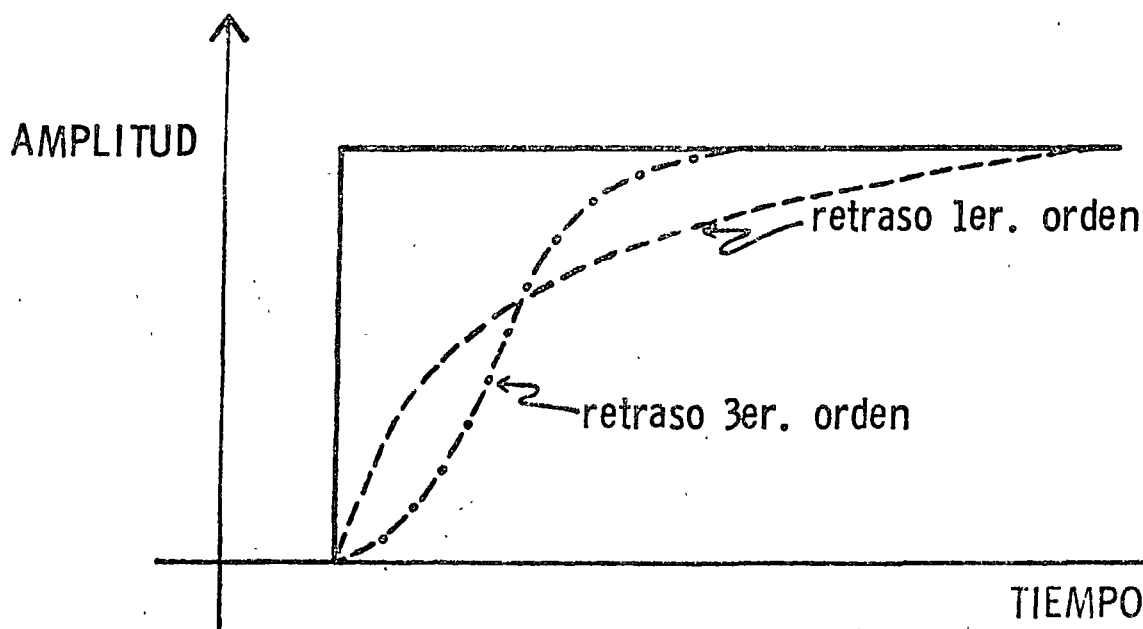


FIGURA # 2.- Función retraso

La forma en que se escribe en DYNAMO un retraso de primer orden es el siguiente:

$$V.K = V.J. + (DT) (1/CR) (P.JK - V.J)$$

donde: P = variable que queremos retrasar

CR = constante de retrasar

DT = intervalo de tiempo

V = variable retrasada

Si queremos hacer retrasos de un orden mayor basta con retrasar consecutivamente la variable que queremos retrasar por medio de retrasos de primer orden, por ejemplo uno de tercer orden -- quedará como:

$$V.K = V.J + (DT) (3) (1/CR) (P1.JK - V.J)$$

$$P1.K = P1.J + (DT) (3) (1/CR) (P2.JK - P1.J)$$

$$P2.K = P2.J + (DT) (3) (1/CR) (P.JK - P2.J)$$

Como puede observarse, cada retraso de tercer orden está multiplicado por 3, ya que al retrasar consecutivamente 3 veces se retrasa el triple de lo que se necesita y como la constante de tiempo está en el denominador hay que multiplicar por 3 el numerador.

Todas las ecuaciones de retraso deben de llevar condiciones iniciales, o sea V (en el caso del retraso de primer orden) debe tener el mismo valor que P, en el instante en que queremos que el retraso empiece a funcionar. Este valor inicial se pone al observar los resultados de una corrida determinada, es decir se ve con que valor empieza P, y ese mismo es la condición inicial para V. En el

caso de los retrasos de tercer orden V, P1 y P2 tienen como valor inicial aquel valor que tome P al iniciarse la corrida.

#### A.6 ESPECIFICACIONES DE CONTROL

Estas especificaciones son las que establecen el período de tiempo en el que se hará la simulación (LENGTH), el intervalo entre cálculos (DT) y el intervalo de graficación (PLTPER); todas éstas precedidas por la palabra SPEC. Las especificaciones de control de este trabajo son:

SPEC DT = .25/LENGTH = 200 PLTPER = 2

Esto es, los cálculos fueron realizados cada tres meses — (.25 de año para mayor exactitud en los cálculos), durante 200 años y los resultados fueron graficados cada dos años.

Las variables de interés que van a ser graficadas son definidas con la especificación PLOT seguido por el nombre de estas.

Ejemplo:

PLOT POBT = \*, IPC = I, CP = C

En este formato el asterisco (\*) representa el símbolo con el que se va a graficar la variable POBT, y estas variables serán graficadas cada dos años como se definió antes.

#### A.7 GRAFICAS EN DYNAMO

La forma de leer los resultados que en forma de gráfica se obtienen de las simulaciones, se ilustrará aquí por medio de la -

gráfica A.3, la cual es una gráfica del sector inversión de capital, - en donde la primera línea vertical a la izquierda señala los símbolos usados para graficar las variables que fueron definidas para ello y que en este ejemplar son IPC, SPC, I, S y CI; y el símbolo usado para graficar IPC es P, el de SPC es 2, etc.

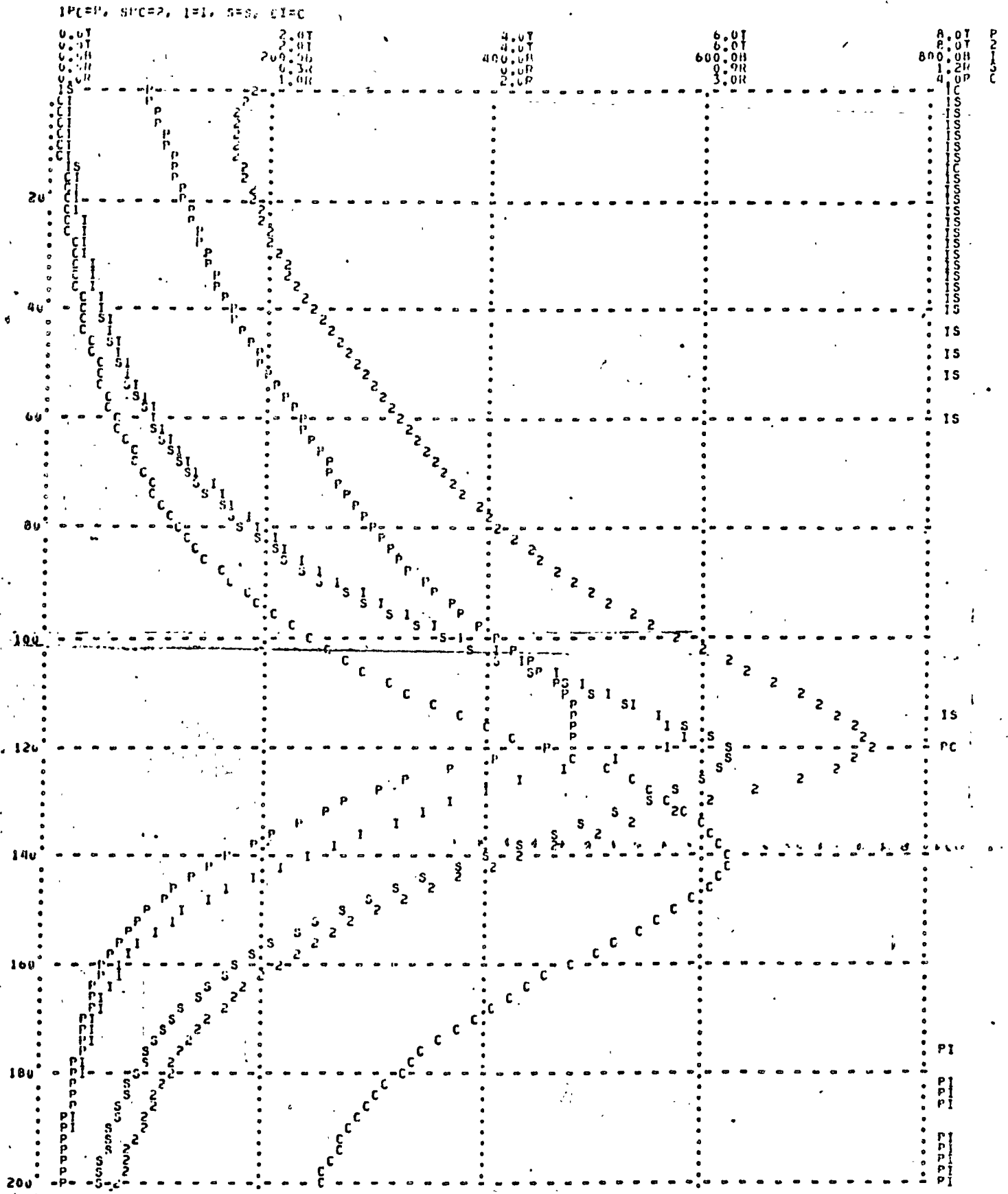
Las líneas que le siguen a la izquierda de la gráfica dan las escalas para las variables graficadas. Dicha escala está dividida en cuatro partes iguales, utilizando notación científica en potencias de diez para elaborar las escalas. Las letras más utilizadas para representar estas potencias son las siguientes:

LETRA	VALOR NUMERICO REPRESENTADO
A	$10^{-3}$
B	$10^9$
M	$10^6$
O	$10^{15}$
R	$10^{12}$
T	$10^3$

Para una completa descripción del resto de las letras utilizadas para representar estos valores consultar el manual DYNAMO (1).

Por ejemplo, la escala para IPC de la gráfica A.3 varía desde 0 hasta 8.0 T, es decir, desde 0 hasta  $8 \times 10^3$  unidades, la de SPC de 0 a 8 T, I desde 0 hasta 800B, etc. en sus respectivas-





GRAFICA A.3

unidades.

El tiempo es graficado sobre el eje horizontal. Cuando dos o más puntos se intersectan, las letras que representan a estas variables aparecen en la parte superior de la gráfica.

# MODELO RECURSOS — INDUSTRIA

- I) CONSIDERACIONES DEL MODELO
- II) DIAGRAMA DE FLUJO EN DYNAMO
- III) ECUACIONES DEL MODELO
- IV) IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES
- V) SIMULACIONES

# I) CONSIDERACIONES DEL MODELO

- 1) EN 1970 CADA HABITANTE CONSUME UNA UNIDAD DE RECURSO.
- 2) AL RITMO DE EXTRACCIÓN DE 1970 LOS RECURSOS DURABAN 250 AÑOS.
- 3) DE 1900 A 1970 SE CONSUMIÓ EL 10% DE LOS RECURSOS.

LUEGO:

$$\begin{aligned}RNR(1970) &= POB(1970) \times 250 \text{ AÑOS} \\ &= 3.6 \times 10^9 \times 250 \\ &= 0.9 \text{ E } 12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}RNR(1900) &= RNR(1970) + 0.1 (RNR(1970)) \\ &= 0.9 \text{ E } 12 + 0.09 \text{ E } 12 \\ &= 0.99 \text{ E } 12\end{aligned}$$

$$RNR I = 1 \text{ E } 12$$

- 4) LAS UNIDADES DE PESOS ESTÁN REFERIDAS A 1970.
- 5) PARA PRODUCIR UN PESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL ES NECESARIO DEDICAR TRES PESOS DE CAPITAL INDUSTRIAL.

$$RCPI = \frac{CI}{PI} = \frac{3}{1} = 3$$

$$RCPI = 3 \text{ AÑOS}$$

$$\left[ \frac{\text{PESOS}}{\frac{\text{PESOS}}{\text{AÑO}}} \right]$$

- 6) EL TIEMPO DE VIDA PROMEDIO DEL CAPITAL INDUSTRIAL (VIDA ÚTIL) ES DE 14 AÑOS.

$$PVCI = 14 \text{ AÑOS.}$$

INVERSION

NIVELES DE CAPITAL

PROCESOS DE PRODUCCION

PRODUCCION

DISTRIBUCION

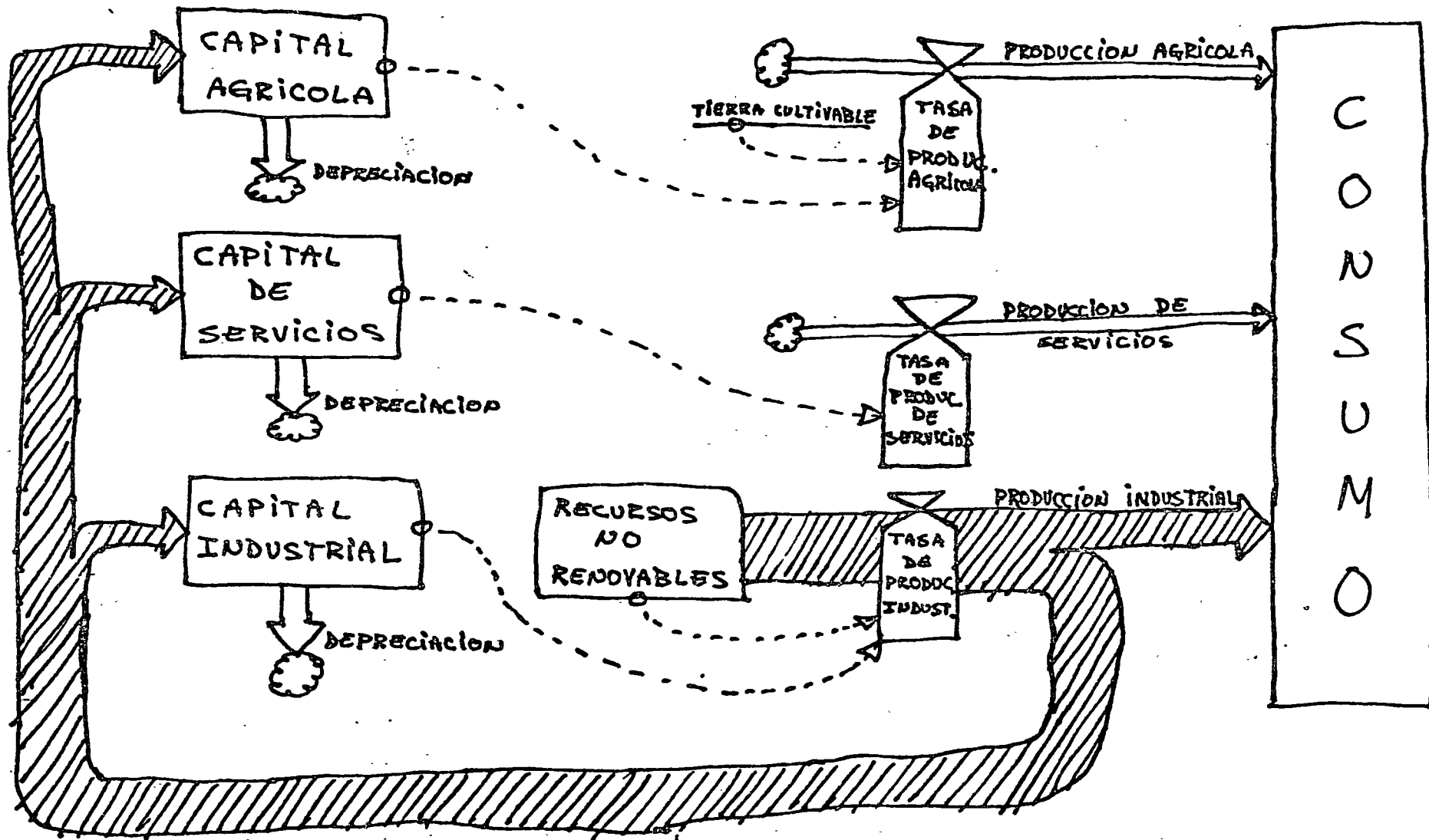
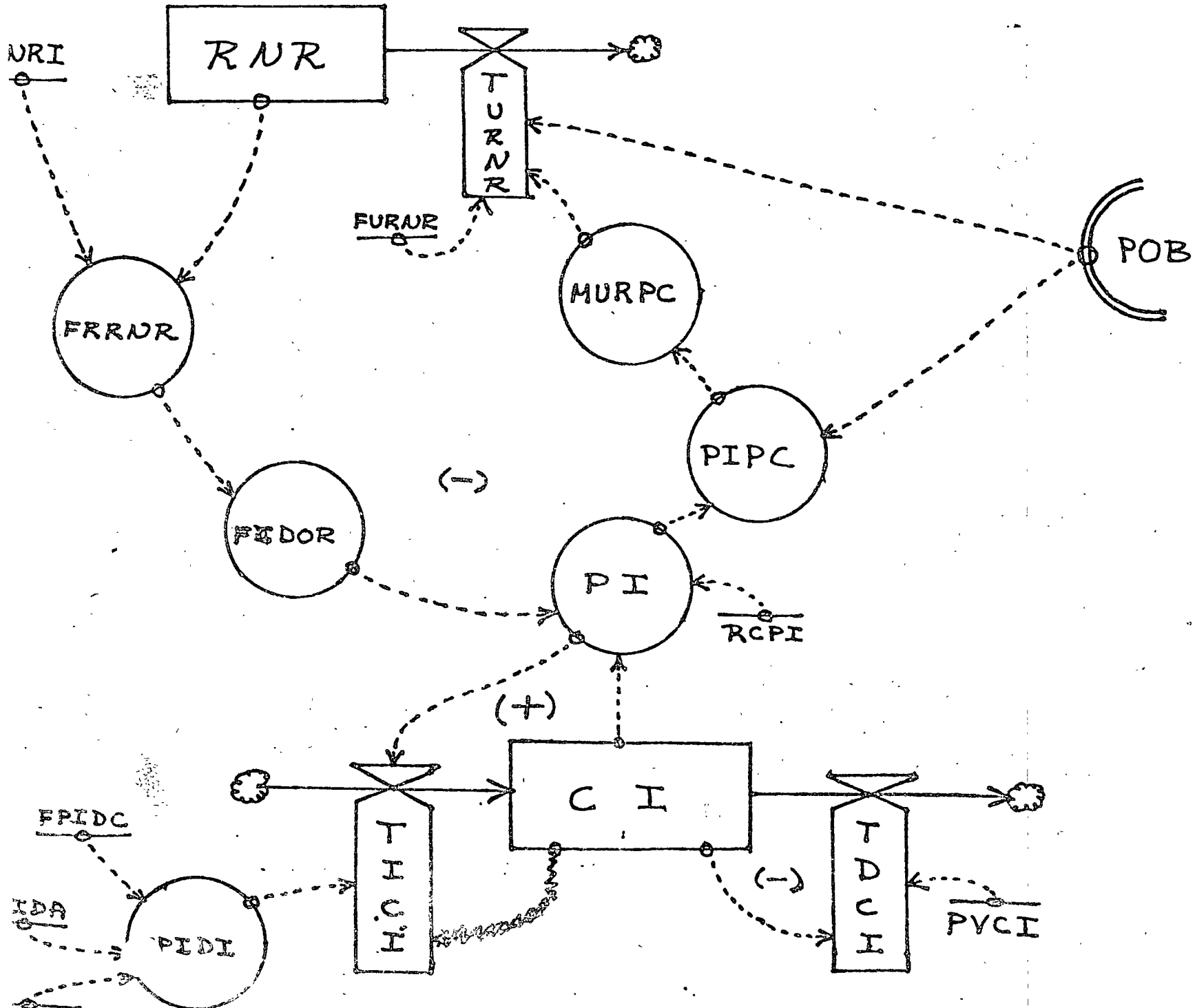


FIGURA 1. Niveles de Capital y flujos productivos.

II) DIAGRAMA DE FLUJO EN DYNAMICO



RECURSOS

$RNR.K = RNR.J + (DT) (-TURNR.JK)$  [UNIDADES DE RECURSOS]

$RNR = RNRI$

$RNRI = 1E12$  [RECURSOS]

$TURNR.KL = (MURPC.K) (POB.K) (FURNR.K)$  [RECURSOS/AÑO]

$FURNR.K = CLIP (FUR2, FUR1, TIEM.K, ANPI)$  [ADIMENSIONAL]

$FUR1 = 1$

$FUR2 = 1$

$MURPC.K = TABHL (MURPCT, PIPC.K, 0, 20000, 2500)$

$MURPCT* = 0/.85/2.6/4.4/5.4/6.2/6.8/7/7$  [RECURSOS PERSONA · AÑO]

$FRRNR.K = RNR.K / RNRI$  [ADIMENSIONAL]

$FCDO1.K = CLIP (FCDO2.K, FCDO1.K, TIEM.K, AINTE)$  [ADIMENSIONAL]

$FCDO1.K = TABHL (FCDO1T, FRRNR.K, 0, 1, .1)$  [ADIMENSIONAL]

$FCDO1T* = 1/.9/.7/.5/.2/.1/.05/.05/.05/.05/.05$  [ADIM]

$FCDO2T.K = TABHL (FCDO2T, FRRNR.K, 0, 1, .1)$  [ADIM]

$FCDO2T* = 1/.2/.1/.05/.06/.05/.05/.05/.05/.05$  [ADIM]

$AINTE = 3000$  [AÑO]

INDUSTRIA

$CI.K = CI.J + (DT) (TECI.JK - TDCI.JK)$  [PESOS DE 1970]

$CI = CII$

$CII = 2.1E11$  [PESOS]

$TDCI.KL = CI.K / PVCI$  [PESOS/AÑO]

$PVCI = 14$  [AÑOS]

$TICI.KL = (PI.K) (FPIDI.K)$  [PESOS/AÑO]

$FPIDI.K = 1 - FPIDC.K - FPIDA.K - FPIDS.K$  [ADIMENSIONAL]

$FPIDC.K = CLIP (FDC2, FDC1, TIEM.K, ANPI)$  [ADIMENSIONAL]

$FDC1 = .43$

$FDC2 = .43$

$FPIDA* K = CLIP (FDA2, FDA1, TIEM.K, ANPI)$  [ADIMENSIONAL]

$FDA1 = .12$

$FDA2 = .12$

$FPIDS.K = CLIP (FDS2, FDS1, TIEM.K, ANPI)$  [ADIMENSIONAL]

$FDS1 = .12$

$FDS2 = .12$

$$PI.K = (CI.K) (1 - FCDOR.K) / RCPI \quad [PESOS/AÑO]$$

$$RCPI = 3 \quad [AÑOS]$$

$$PIPC.K = PI.K / POB.K \quad [PESOS/PERSONA \cdot AÑO]$$

### POBLACION (EXÓGENA)

$$POB.K = (POBI) (EXP(CC)(TIEM.K)) \quad [PERSONAS]$$

$$POBI = 1.65 E 9 \quad [PERSONAS]$$

$$CC = .012 \quad [ADIMENSIONAL]$$

### TARJETAS DE CONTROL

$$ANPI = 1980 \quad [AÑO]$$

$$TIEM.K = TIME.K + 1900 \quad [AÑO]$$

SPEC DT = .25 [AÑO]

SPEC LENGTH = 100 [AÑOS]

SPEC PRTPER = 2 [AÑOS]

SPEC PLTPER = 2 [AÑOS]

~~PRINT~~

PRINT

PLOT

1) RNR / 2) TURNR / 3) FCDOR / 4) CI / 5) PI / 6) PIPC

$$RNR = R / TURNR = T / FCDOR = F / CI = C / PI = P / PIPC = \#$$



#### IV) IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES

AINTE	AÑO EN QUE SE IMPLANTAN NUEVAS TECNOLOGIAS DE EXTRACCION (AÑO).
ANPI	AÑO EN QUE UNA NUEVA POLITICA ES IMPLANTADA (AÑO).
CC	CONSTANTE DE CRECIMIENTO (ADIMENSIONAL)
CI	CAPITAL INDUSTRIAL (PESOS)
CII	CAPITAL INDUSTRIAL INICIAL (PESOS)
FCDOR	FRACCIÓN DEL CAPITAL DEDICADO A OBTENER RECURSOS. (ADIMENSIONAL)
FCDO1	VALOR DE FCDOR ANTES DE QUE TIEM SEA IGUAL A AINTE. (ADIMENSIONAL)
FCDO1T	VALOR DE FCDOR despues de TIEM = AINTE.
FCDO2	TABLA de FCDO1 (ADIMENSIONAL)
FCDO2T	TABLA de FCDO2
FDA1	VALOR de FPIDA ANTES de TIEM = ANPI. (Adim.)
FDA2	VALOR de FPIDA despues de TIEM = ANPI. (Adim.)
FDC1	VALOR de FPIDC ANTES de TIEM = ANPI. (Adim.)
FDC2	VALOR de FPIDC despues de TIEM = ANPI. (Adim.)
FDS1	VALOR de FPIDS ANTES de TIEM = ANPI. (Adim.)
FDS2	VALOR de FPIDS despues de TIEM = ANPI. (Adim.)
FPIDA	FRACCIÓN de la Producción Industrial dedicada a la AGRICULTURA (ADIMENSIONAL)
FPIDC	FRACCIÓN de la Prod. Indust. dedicada al CONSUMO. (ADIMENSIONAL)
FPIDI	FRACCIÓN de la Prod. Industrial dedicada a la industria (Adim.)
FPIDS	FRACCIÓN de la Prod. Industrial dedicada a SERVICIOS (Adim.)
FRRNR	FRACCIÓN RESTANTE de RECURSOS (Adim.)
FURNR	FACTOR de USO de RECURSOS (ADIMENSIONAL)
FUR1	VALOR de FURNR ANTES de TIEM = ANPI. (Adim.)
FUR2	VALOR de FURNR despues de TIEM = ANPI. (Adim.)
MURPC	Multiplicador del uso de RECURSOS per capita. (RECURSOS/PERSONA. AÑO)
MURPCT	TABLA de MURPC

- PI PRODUCCION INDUSTRIAL (PESOS/AÑO)
- PIPC PRODUCCION INDUSTRIAL PER CAPITA (PESOS/PERSONA-AÑO)
- POB POBLACION (PERSONAS)
- POBI POBLACION INICIAL (PERSONAS)
- PVCI PROMEDIO DE VIDA DEL CAPITAL INDUSTRIAL (AÑOS)
- RCPI RAZON CAPITAL - PRODUCCION INDUSTRIAL (AÑOS)
- RNR RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (RECURSOS)
- RNRI RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES INICIALES (RECURSOS)
- TDCI TASA DE DEPRECIACION DEL CAPITAL INDUSTRIAL (PESOS/AÑO)
- TICI TASA DE INVERSION DEL CAPITAL INDUSTRIAL (PESOS/AÑO)
- TIEM TIEMPO DURANTE LA SIMULACION (AÑOS)
- TURNR TASA DE USO DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (RECURSOS/AÑO)
-

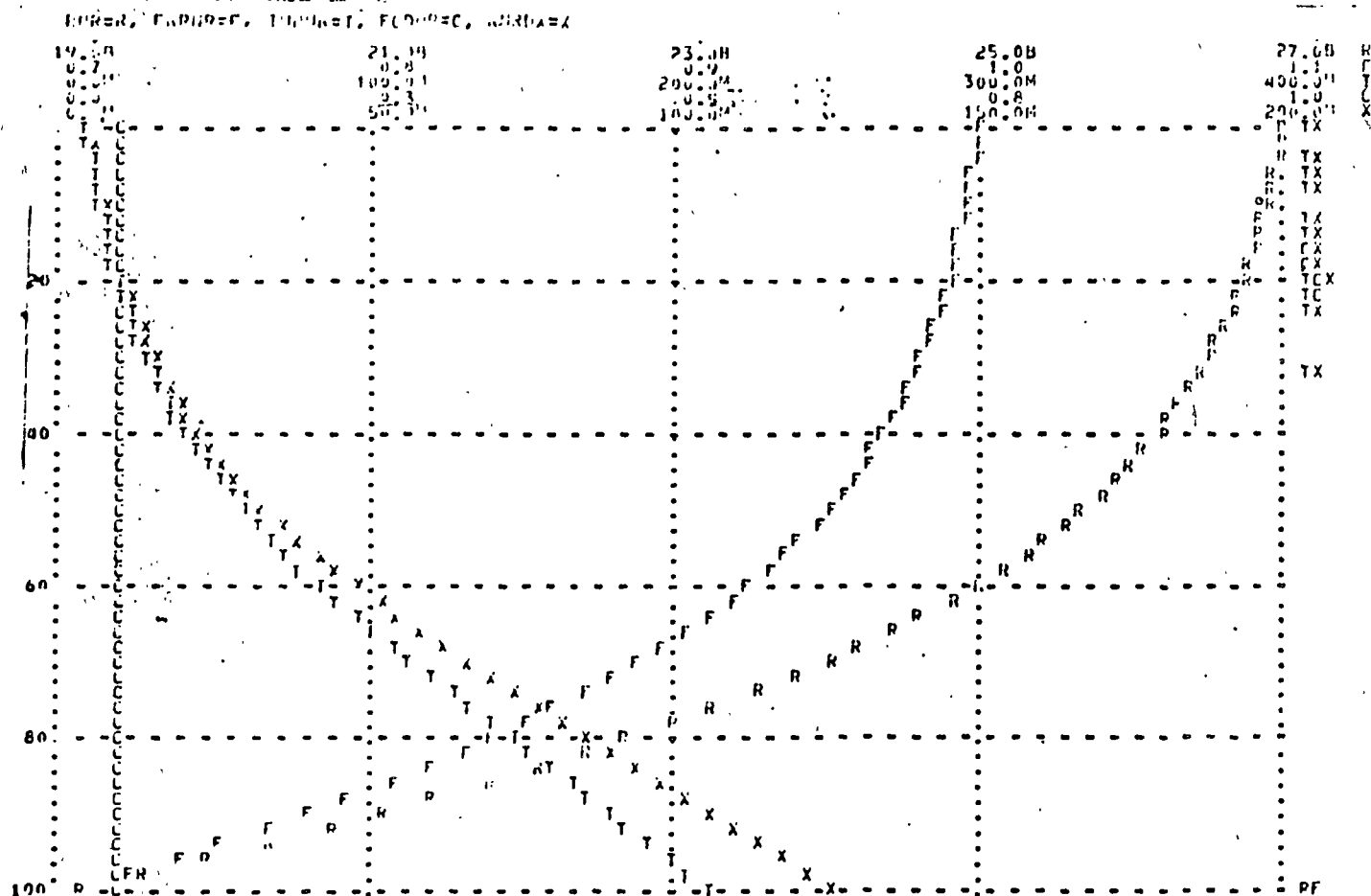


FIGURA # 5. 11.- Comportamiento Histórico del Sector de los Recursos Naturales no Renovables.

RNR	(R)	Recursos Naturales no Renovables
FRRNR	(F)	Fracción restante de los recursos
TURNR	(T)	Tasa de Uso de Recursos
FCDOR	(C)	Fracción de Capital para recursos
RNRDX	(X)	Recursos dedicados a la exportación

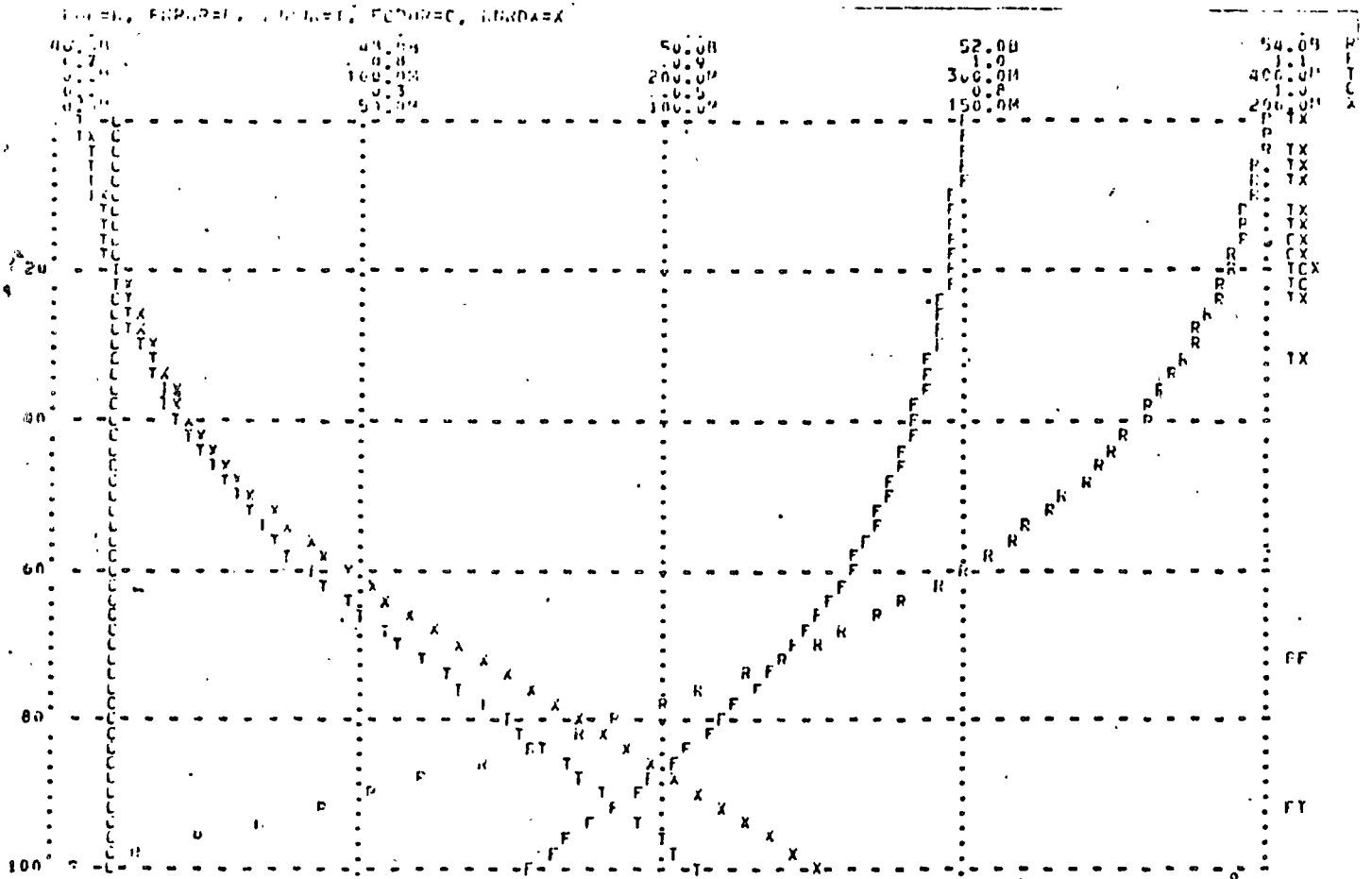


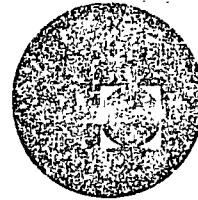
FIGURA # 5.12.- Corrida con doble cantidad de recursos iniciales para probar la sensibilidad de este sector.

- |       |     |  |
|-------|-----|--|
| RNR   | (R) | Recursos naturales no renovables                             |
| FRRNR | (F) | Fracción restante de los recursos naturales no renovables    |
| TURNR | (T) | Tasa de Utilización de los recursos naturales no renovables  |
| FCDOR | (C) | Fracción de capital destinada a la obtención de recursos.    |
| RNRDX | (X) | Recursos naturales no renovables dedicados a la exportación. |





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y  
REGIONAL

TEMA: VI. JUEGOS DE SIMULACION .

PROF. M. en C. MARCIAL PORTILLA R.

Abril, 1978.





**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Juegos de Simulación Utilizados en  
la Planeación Urbana**



## I N D I C E

### INTRODUCCION

### CAPITULO I.

#### Antecedentes y Técnicas de la Simulación por juegos.

- I.1 Antecedentes
- I.2 Elementos del Juego.
- I.3 Técnicas

### CAPITULO II

#### CLUG. El juego del uso de terrenos en la Comunidad.

- II.1 Introducción.
- II.2 Resumen teórico.
- II.3 Procedimiento en CLUG.
- II.4 Reglas detalladas.
- II.5 Pasos del juego.
- II.6 Glosario de términos.
- II.7 Ejemplificación de CLUG.

### CAPITULO III

#### Introducción a METROPOLIS.

- III.1 El modelo Básico.
- III.2 Vinculación de los Roles.
- III.3 Los roles jugados
- III.4 Información Inicial

### CAPITULO IV

#### Jugando METROPOLIS.

- IV.1 Ciclo 1 (descripción de resultados)
- IV.2 Ciclo 2 (empezando con el presupuesto)
- IV.3 Ciclo 3. Resultados completos de las decisiones del ciclo 2.

### CAPITULO V.

#### La comunidad de METROPOLIS.

- V.1 Breve historia de METROPOLIS. 135
- V.2 Características generales. 136
- V.3 Población. 139
- V.4 Educación. 142
- V.5 Base económica. 143
- V.6 Ingreso. 146
- V.7 Habitación. 147
- V.8 Tendencias del crecimiento futuro. 148
- V.9 Finanzas Municipales. 149

### CAPITULO VI

#### Funcionamiento de METROPOLIS

- VI.1 Facilidades. 152
- VI.2 Escenificación. 154
- VI.3 Organización del jugador. 157
- VI.4 Pasos del Juego. 161
- VI.5 Escenario. 171
- VI.6 Formas alternativas de juego. 175
- VI.7 Forma para uso del operador 176

### CAPITULO VII.

#### El Juego Manual.

- VII.1 Como completar las Formas. 178
- VII.2 Como completar los cuadros de información. 189
- VII.3 Lista de formas en el ciclo 3. 192

### CAPITULO VIII.

#### Proceso de Computadora.

- VIII.1 Iniciación del programa. 213
- VIII.2 Entrada por teletipo para METROPOLIS. 215
- VIII.3 Tarjetas de entrada de las decisiones de METROPOLIS. 229
- VIII.4 Reconfiguración del disco para Impresora 1403 ó lectura de tarjetas 2501. 232
- VIII.5 Impresión de la lista de proyectos para uso de los jugadores. 234

INTRODUCCION

CONCLUSIONES.

237

APENDICE A.

Lista de Proyectos.

239

APENDICE B

Cuadros de Información.

243

APENDICE C

Diagrama de Flujo del programa de Computadora.

255

Una de las armas más poderosas con las que cuenta la Ingeniería de Sistemas es la simulación. Cuando el número de variables es grande, su interrelación es muy compleja y su medición resulta hasta cierto modo subjetiva. En algunos de estos casos, la Ingeniería de Sistemas emplea un tipo de simulación, llamado Juegos de Simulación.

Un campo en donde los juegos de simulación han mostrado ser una herramienta decisiva en la toma de decisiones, es el campo de la planeación urbana y regional, en el cual el número de variables que interviene resulta ser muy grande, estando además dichas variables sujetas al proceso de decisión humana, que resulta difícil de medir.

Dentro del campo de los juegos de simulación se presentan desde los más sencillos, como sería el caso de CLUG, que se refiere al uso de terrenos en la comunidad, hasta juegos más complejos y elaborados, como sería el caso de METROPOLIS.

Esto no quiere decir que CLUG tenga menos proyección que METROPOLIS en la toma de decisiones, pues a pesar de no tener una gran variedad de factores, puede complicarse a medida que el mediador del juego lo desee, cosa que vuelve al juego más atractivo, y sobre todo, conforme se compara la situación del juego con la realidad, se encuentra más productiva su aportación y se visualiza en un momento dado, su gran aplicación.

Es importante notar la gran variedad de facetas que muestra un juego utilizado para fines de planeación; es algo así como una película poco comercial, en la que cada persona sustrae un mensaje diferente o expone un punto de vista contrario al que otra persona pueda expresar. Los resultados del juego, aunque cada persona reciba una aportación diferente, son un algo en que se necesita pensar, pues el fin que se busca es el mismo, encontrar una mejor solución al problema de la planeación urbana, tan necesaria dentro de un país.

## CAPITULO

### ANTECEDENTES Y TECNICAS DE LA SIMULACION POR JUEGOS.

#### I.1. Antecedentes.

El uso de juegos como una herramienta de enseñanza tiene una historia considerable que se extiende sobre varios siglos en número limitado de áreas. Por ejemplo en décadas recientes la técnica de juego ha sido adoptada por muchas firmas de negocios y por escuelas de administración de empresas. Estos juegos de administración están diseñados para proporcionar a los estudiantes una primera experiencia en la toma de decisiones complejas.

Juegos de este tipo son a menudo llamados juegos operacionales y representan una forma de simulación, ya sea que se jueguen con la ayuda de la computadora o sin ella. Algunas adaptaciones de las técnicas de juegos operacionales a campos académicos más tradicionales fueron intentados durante la última parte de los años cincuentas y principios de los sesentas con buenos resultados. Lo más notable sobre estas aplicaciones son juegos que se usan ahora en los campos de relaciones internacionales, ecología animal, psicología social, economía y planeación de ciudades. Un juego operacional puede definirse simplemente como una analogía a algún patrón de cambios e interacciones que ocurren en la vida real, en términos de presentar conceptos teóricos, un juego como una analogía, puede ser considerado una alternativa a las técnicas más comunes de proporcionar descripción verbal o matemática y expresiones de patrones de comportamiento de la vida real.

Un juego operacional puede clasificarse como una forma de modelo de simulación. Este término es a menudo reservado para expresiones matemáticas de secuencia de tiempo de condiciones de la vida real, cuya solución es fácilmente accesible si se corren las condiciones sobre un número progresivo de repeticiones en una computadora. A pesar de eso, un juego operacional es una verdadera simulación. Es una simulación en la cuál todas o la mayoría de las decisiones como resultados de los eventos que se están representando quedan en manos de jugadores humanos, con decisiones relativamente menores y problemas de contabilidad manejados, ya sea por operadores humanos o por computadoras.

Las técnicas de simulación por juegos existen desde hace mucho tiempo; juegos como el CHES, GO y SHOGI, fueron desarrollados de juegos de guerra usados en India, China y Japón hace algunos cientos de años. Los juegos de guerra modernos datan de fines del siglo XVIII, cuando el establecimiento militar Prusiano tuvo conciencia de la necesidad de revisar la instrucción de los oficiales de combate, mientras que en los últimos treinta años, el elemento de instrucción ha permanecido importante, las técnicas de juego han sido empleadas en áreas tales como planeación estratégica, por ejemplo el ataque japonés sobre Pearl Harbor; planeación de operaciones tácticas, por ejemplo los patrones "hunt and kill" para investigación submarina: uso de armamento y desarrollo, por ejemplo el análisis de combate por aire y tierra: por último, para definir las características e implicaciones de los nuevos sistemas de armamento, por ejemplo, el patrón de despliegue de armas nucleares por NATO en Europa.

Anteriormente a un desarrollo de postguerra, juegos "crisis" diseñados para permitir examinar aspectos de relaciones internacionales, empezaron a ser desarrollados durante el período de receso de guerra. Estos son ejercicios de juegos puestos en un escenario referido a una situación de crisis actual o imaginaria.

No fué sino hasta 1956 que la Asociación de administración Americana, en cooperación con IBM, empezó a desarrollar "juegos sobre guerra de negocios". Desde entonces el crecimiento de juegos de negocios, principalmente para propósitos de instrucción ha sido rápido. Como en el campo militar, ha habido extensiones con juegos usados para examinar aspectos de problemas operacionales.

Aplicaciones a problemas de administración pública y planeación del uso de la tierra, datan de 1960 aunque los dos ejemplos más conocidos, CLUG (Allan Feldt) y Metrópolis (Richard Duke), son ambos desarrollos posteriores a 1963 y hasta la fecha la extensión del uso de técnicas de juego en esta área, es todavía limitada.

## 1.2 Elementos del Juego.

El uso de juegos como dispositivos de instrucción y planeación es a la vez antiguo y moderno, pero en todas las aplicaciones de juego se pueden encontrar ciertos elementos comunes tales como la intervención humana, el escenario que define al área del problema y al sistema de contabilidad diseñado para llevar un registro de los eventos y sus consecuencias durante el juego.

Diferentes juegos enfatizarán en elementos diferentes. Entonces algunos juegos son casi enteramente ejercicios de roles de juego, mientras que en el otro extremo el uso de simulaciones por computadora elaboradas reduce a la gente a un papel secundario y enfatiza el sistema de contabilidad. En este punto es útil distinguir un ejercicio de simulación por juego de una simulación por computadora. La simulación por juego siempre empleará los tres elementos (roles, escenario, contabilidad) y al menos el mejor rol estará representado por jugadores humanos. En la simulación por computadora, mientras los tres elementos están presentes, están representados en forma simbólica dentro de un modelo. Entonces, las decisiones relativamente libres tomadas por los jugadores en un ejercicio de simulación por juego, son reemplazadas en la simulación por computadora por respuestas programadas a una serie de alternativas.

La simulación por juegos que usa una computadora, la hace como parte del sistema de contabilidad. Aún donde un sofisticado modelo es empleado, su propósito es nada más el de procesar la información y las respuestas generadas por los jugadores humanos. De aquí que no se ha hecho énfasis en la lógica o consistencia interior del modelo usado, sino sobre las relaciones entre los roles representados por jugadores humanos y las relaciones entre los jugadores y el modelo.

Esta característica de simulación por juego significa que su propósito principal no puede ser predictivo, en el sentido en que dicho término es usado por las operaciones de investigación científica. La presencia de jugadores humanos significa que siempre habrá oportunidad de que ocurra lo absurdo.

Las condiciones de juego cambiarán de ejercicio a ejercicio, sin embargo en simulaciones por computadora, cuando variables dadas cambian, puede haber una predicción del resultado cuantitativo de dicho cambio.

### 1.3 Técnicas.

Dentro de cada uno de los elementos de rol de juego, construcción del escenario y sistema de contabilidad se pueden emplear un gran número de técnicas.

#### A) Rol de Juego.

Hay tres aspectos que deben considerarse en relación a los roles.

- a) Definición del Rol.
- b) Asignación del Rol.
- c) Aditamentos o Auxiliares al Rol de juego.

Los roles pueden definirse en relación con su imagen en la vida real o pueden ser un amalgama de ciertos grupos de interés los cuales tienen características en común. Cualquiera de ellos puede ser usado en el ejercicio de simulación por juegos o los dos pueden combinarse.

La definición puede establecerse ya sea en términos mínimos, tal como permitir el desarrollo del rol durante el ejercicio o bien en términos de objetivos establecidos a perseguir por aquellos que estén jugando el rol. Esta definición puede estar acompañada por una exposición de actividades apropiadas al rol.

Una vez que las definiciones se han decidido, la asignación de roles a los jugadores pueden emprenderse de diferentes formas. Un jugador puede tomar un rol que sea afín a su propio papel en la vida real. Opuesto a esto es cuando un

jugador es puesto deliberadamente en un rol diferente al de su vida real.

Cuando los roles corresponden a tomas de decisión individuales en situaciones de la vida real, debe ponerse alguna atención en aparear las características de personalidad de los jugadores a aquellos de las personas que representaron en el juego.

En ciertos estados durante el juego puede ser necesario introducir algunos elementos adicionales al ejercicio con objeto de llamar o registrar la respuesta de roles para circunstancias precisas. Cualquiera que sea el propósito específico de estos aditamentos, el propósito general es el de proveer encadenamientos entre roles y entre roles y escenario o sistema de contabilidad dentro del ambiente abstracto de un ejercicio de simulación por juegos.

#### B) Construcción del Escenario.

El escenario en un ejercicio de simulación por juegos define la situación presentada a los roles al principio del juego. Normalmente el escenario está dado en dos partes; una provista como un sistema para el ejercicio, y otra que provee, seguido en gran detalle, puntos de referencia para los roles individuales. El escenario proporciona información, que puede ser en forma de reportes escritos, diagramas, mapas, modelos físicos e información estadística. Normalmente muchos de estos métodos son usados en combinación y la información puede ser proporcionada en forma manual, desplegada en el área donde el ejercicio se va a celebrar.

El escenario puede referirse a una situación pasada, presente o futura.

Un escenario en el presente puede contener alguna información referida al pasado y también pronósticos del futuro. Dado el escenario al principio de juego, el elemento dinámico introducido por el rol de juego (cualquiera que sea la interpretación puesta en éste por los jugadores) conduce cambios en la definición o tipo de situación confrontada por los jugadores. La nueva información generada por los modelos puede ser aprovechable a todos los roles a roles selectos o a una demanda específica.

#### C) El Sistema de Contabilidad.

El sistema de contabilidad puede presentar una serie de totales acumulativos para el ejercicio, como un todo, una serie de totales acumulativos para las partidas individuales y puede presentar también un modelo autónomo que procesa las partidas individuales de información o totales acumulativos.

Este es el único modelo que se emplea en el ejercicio, el cual contiene suposiciones relacionadas al comportamiento y respuesta. Tanto en sistemas de contabilidad operados manualmente como operados por computadoras, las suposiciones están abiertas a objeción y discusión. Cualquier cambio propuesto por los jugadores puede ser sustituido con relativa facilidad en el sistema operado manualmente. En el sistema basado en computadoras, los cambios propuestos normalmente requieren que se reescriban las partes del programa.

En la práctica, los tres elementos de rol de juego, escenario y contabilidad pueden estar más estrechamente relacionados de lo indicado en la contabilidad dada anteriormente. Es posible, de hecho, combinar ciertos o incluso todos los aspectos en una representación. Entonces, en muchos juegos recreativos, la representación se hace simbólica.

## C A P I T U L O   I I

### CLUG. EL JUEGO DEL USO DE TERRENOS EN LA COMUNIDAD.

#### II.1 Introducción.

El proceso de vida a través de una serie de decisiones, tales como las generadas en este juego, y la visualización de los resultados de esas decisiones, proporciona la oportunidad de observar el proceso de crecimiento urbano en una forma generalmente aprovechable solo para un pequeño grupo de tomadores de decisiones.

Los procesos en CLUG son reales, pero operan más allá de la escala con la cual se observa normalmente el mundo.

CLUG toma nota de los patrones de desarrollo residencial que ocurren actualmente en las comunidades y su relación a los sitios de trabajo. Toma nota de las clases de centros comerciales que existen y el grado en que las diferentes clases de tiendas son más o menos sensibles a la localización de sus consumidores potenciales. Sigue los argumentos acerca de tarifa de impuestos, avalúo de la comunidad, emisión de bonos y límites de deudas; en algunas comunidades, para ver como esas rentas o beneficios se relacionan con el nivel de servicios comunitarios provistos y la rapidéz de expansión de la planta capital y equipo. Varios de los elementos encontrados en CLUG son sorpresivamente reales cuando son usados como una base para aprender más acerca de las actividades diarias.

Proveen una cuidadosamente construida y consistente perspectiva con la cual se observan algunos aspectos del mundo y con la cual pueden entenderse mejor estos.

Aún cuando es realista, el modelo no representa todo de la realidad. Muchos aspectos importantes de los procesos de la comunidad son omitidos en el juego y la escala del juego es apropiada solo para aquellos aspectos de la realidad que operan a la misma escala. Clase social, raza y procesos demográficos no están representados en CLUG.

El modelo en ninguna forma representa procesos al nivel de "micro comunidades" y muchos efectos locales importantes en la estructura urbana están fuera de consideración. La estructura de crecimiento urbano y la operación del sistema urbano en términos de las operaciones de CLUG deben ser vistos y entendidos en cuanto a lo que son y en cuanto a como deben ser empleados en perspectiva.

## II.2 Resumen Teórico.

Teóricos urbanos en campos tales como geografía, sociología y economía, han estado conscientes por mucho tiempo de la importancia de ciertos principios constitutivos básicos de la organización de ciudades y regiones. Usar y transmitir este conocimiento a otros ha sido difícil, lo cual es debido al problema inherente del uso de métodos descriptivos verbales adecuados que permitan imaginar el proceso dinámico y fluctuoso en un sistema económico y sus patrones asociados al uso de tierras.

## II.2.a La estructura espacial de usos de tierra en ciudades.

Una manera de indicar el argumento encontrado en estudios recientes de la estructura interna de ciudades es la que sigue: las ciudades están soportadas por actividades básicas cuyas posiciones están determinadas exógenamente para la ciudad por medio de ventajas comparativas en sistemas económicos regionales, nacionales e internacionales. Dichas actividades básicas incluyen, universalmente, un distrito central de negocios que es el foco no solo de la ciudad, sino también de su región tributaria.

La colocación de las actividades básicas más un sistema de transporte, provee las características esqueléticas del patrón urbano. Este patrón es llenado en parte con las residencias de los trabajadores en las actividades básicas, y se da una cualidad dinámica por el flujo y reflujo diario de las personas que viajan a menudo y desde los límites más lejanos de la ciudad. Por supuesto, habrá también modificaciones basadas en las cualidades del terreno distribuido en la ciudad.

Los viajes de compras crean, además, otro flujo y reflujo. Entonces, aparecen todos los efectos de segunda ronda: situación de las residencias de los trabajadores en las actividades no básicas, viajes adicionales, más demanda de actividades terciarias, etc.

## II.2.b Definiciones

- A Un patrón de ubicación de actividades básicas.
- B Un sistema de transporte.



- C Una continuación de sitios urbanos.
- D Empleados de A.
- E Un patrón residencial de D.
- F Un patrón básico de medios de transporte.
- G Un sistema de servicio de empleos.
- H Un sistema de actividades terciarias.
- I Todos los efectos de segunda ronda.

Entonces, dada a:

$$D = f(A)$$

$$E = f(A, D \text{ sujeto a } B, C)$$

$$F = f(A, E \text{ sujeto a } B)$$

$$G = f(A)$$

$$H = f(E, D \text{ sujeto a } B)$$

$$I = f(G, H)$$

La especificación de la forma precisa de estas relaciones funcionales ha sido el objetivo de la conducta de trabajo con la estructura interna de las ciudades.

CLUG toma estas declaraciones técnicas y estáticas y las trae a la vida en una situación que es más realística, dinámica y cargada de complicaciones imprevistas. En operación, CLUG se convierte en una forma de modelo de simulación usando seres humanos como los elementos principales en la toma de decisiones. Esto permite a dichos elementos, como jugadores, formar el proceso de crecimiento y decaimiento de una ciudad participando en el proceso.

El juego genera rápidamente un patrón complejo e impredecible de mejoramiento, lo cual es representativo de por lo menos algunos de los componentes de crecimiento.

El tablero de juego proporciona una variedad de sitios urbanos posibles (C) separados en una matriz de parcelas de tierra de igual área por un sistema de coordenadas. Sobrepuesto a posibles usos de parcelas, está un sistema de transporte (B) en forma de caminos primarios y secundarios que tienen una terminal, la cual se comunica con las industrias básicas (A). Las actividades básicas están representadas por industrias parciales y totales que pueden ser concluidas y operadas por los jugadores.

La economía de sus operaciones a la luz del sistema de transporte dado, hace que sus situaciones estén unidas lo más cerca posible de la terminal.

Los empleados de estas industrias (D) están dados por las unidades residenciales construidas por los otros jugadores en el juego. El costo de los viajes del y al trabajo (F) junto con los intentos de los jugadores de disminuir estos costos, resulta en un patrón de locales residenciales, los cuales tratan de enfocarse alrededor de las industrias sujetas a la disponibilidad y precio de la tierra y al sistema de transporte. El número de unidades residenciales desarrolladas depende del número y tipo de industrias dadas.

Un sistema de servicios de negocios está representado por un tipo de edificio llamado oficina (G). La rentabilidad de este tipo de construcción depende del número de clientes potenciales existente, los cuales principalmente son las industrias.

Las actividades terciarias están representadas por las tiendas locales y centrales (H), que dependen de las unidades residenciales de los clientes. El número y la posición de estas tiendas depende del número y la posición de las unidades establecidas anteriormente. Siguiendo la colocación de las unidades terciarias y de negocios, aparecen nuevas oportunidades llamadas efectos de segunda ronda (I). Esto implica la construcción de unidades residenciales adicionales para trabajar en las tiendas y negocios y sus colocaciones subsecuentes tan cerca como sea posible de sus lugares de trabajo. Estas residencias adicionales podrían crear entonces algunas posibilidades para servicios terciarios adicionales en las mismas rondas o en las subsecuentes. Estos efectos de segunda ronda continúan hasta que el sistema está relativamente bien balanceado en cualquier momento dado. La evolución de la ciudad en CLUG sigue esta ronda básica de eventos y además, la construcción posterior de industrias adicionales con el impulso correspondiente a los ciclos posteriores de desarrollo y crecimiento.

Más adelante en el juego, el proceso de decaimiento de estructuras antiguas junto con las posibles dislocaciones debidas a desastres naturales o económicos o cambios en el sistema de transporte, resultan en continuas modificaciones y reajustes a estos procesos.

### II.3 Procedimiento en CLUG.

CLUG ha sido diseñado para proporcionar un conocimiento básico de los factores fundamentales más importantes que afectan el crecimiento de una región urbana.

El juego enfatiza sobre ciertos aspectos de una economía urbana: las relaciones entre las industrias básicas y los empleos, alojamiento, costos de transportación, el desarrollo de facilidades comerciales, el financiamiento y provisión de servicios municipales y la situación e interdependencia de todas estas actividades en una región urbana.

Un participante de CLUG tendrá la oportunidad de invertir en terrenos, construir edificios de varios tipos, y buscar formas para ajustar esas inversiones a la evolución económica local para reeditarlas. Aunque se espera que haya competencia de los otros participantes por un territorio en este sistema, dicha competencia tiene sus límites. El bienestar individual depende fundamentalmente del bienestar de todos los jugadores, los cuales, aunque compitiendo, deben aprender a cooperar con todos por algún propósito, para conseguir que la comunidad prospere.

Un mediador maneja el juego explicando e interpretando las reglas. El representa también la economía fuera de la comunidad, comprando productos manufacturados y vendiendo servicios comerciales a los jugadores que no pueden obtenerlos a un precio accesible en la comunidad. El mediador puede anunciar una serie de inesperadas catástrofes que pueden dañar la estabilidad de la comunidad por la pérdida de algunas de sus inversiones. El no interfiere directamente con el juego, excepto para ordenar eventos o forzar las reglas. Con los límites de la debilidad humana, él opera de una manera imparcial y objetiva sobre los jugadores y la comunidad. El mediador en ocasiones ofrece ayuda a los rezagados en las decisiones e inversiones que van teniendo lugar.

El mediador no es omnipotente él no controla la dirección o la evolución de la comunidad, lo cual se encuentra enteramente en las manos de los jugadores, como consta en las reglas anteriormente citadas.

De vez en cuando ocurren eventos especialmente interesantes en el juego, los cuales tienen implicaciones importantes para algunos fenómenos reales o teóricos. En esos casos, el mediador puede interrumpir el juego para ilustrar los detalles de lo que ha ido ocurriendo y mostrar como se relacionan con los eventos del mundo real. Aunque estas interrupciones pueden alargar el proceso de crecimiento en la comunidad, proporcionan importantes oportunidades para aprender más acerca de como operan los sistemas urbanos, ya sea en el juego o en la realidad.

El mediador generalmente es asistido por un contador, quien lleva los registros de las propiedades, la depreciación de edificios y terrenos, la vejez de los edificios y los estatus financieros de la comunidad, incluyendo las deudas de impuesto. Sus datos representan registros públicos y están abiertos para que los jugadores los vean en cualquier momento durante el juego.

Las reglas proporcionan la estructura básica del juego en su forma más simple. Aunque pueden aparecer dificultades para comprenderlas al principio, casi todos los jugadores nuevos las aprenden bastante bien durante el transcurso de las primeras dos horas de juego. Se sigue la misma serie de pasos en todos los ramos, entonces, después de varias rondas, estos pasos se vuelven familiares y los números y cantidades empleadas se vuelven bien conocidas para todos los jugadores. Después de este periodo inicial, el juego progresa en el transcurso de aproximadamente treinta minutos por ronda.

La velocidad con la que el juego puede completar un ciclo está determinada en gran parte por la eficiencia con que los jugadores llegan a las decisiones, ya sea como equipos individuales o como una comunidad total. El juego contiene muchas decisiones, basadas en mucha información que los jugadores deben escoger y de este modo aumentar su práctica en la toma de decisiones urbanas. Ellos deben aprender a distinguir entre decisiones importantes y triviales y como evaluar cualquier información que sea provechosa para ellos y entonces hacer su elección, siempre anticipándose a las elecciones complementarias que pueden ser hechas por otro jugador. Los jugadores deben aprender a vivir en un mundo donde las presiones del tiempo y la carencia de información los fuerza a establecer unicamente racionalizaciones parciales o un comportamiento satisfactorio.

La forma más eficaz de jugar CLUG es con la intervención de tres a cinco equipos formados de una a tres personas cada uno. Puede ser posible que haya más equipos o más personas en cada equipo, pero la contabilidad de los procesos se hace más compleja. Además, para hacer que un equipo llegue a una decisión, es más difícil cuando está formado por más de tres personas, a menos que esté muy bien organizado internamente. Los jugadores son estimulados para seleccionar a los líderes del equipo para que sean los portavoces y los representantes de cada equipo.

Una vez que aprendieron a jugar, la mayoría de los jugadores están en posición de emprender sus propias carreras para propósitos experimentales, escogiendo a algunos de sus compañeros para que sea su mediador, uno para que contador y otros para llenar algunos roles requeridos por medio de experimentos particulares.

#### II.4 Reglas detalladas.

Una simple lectura de estas reglas es generalmente suficiente para proporcionar al jugador bases sólidas para comenzar a jugar. El significado específico y propósito de muchas de las reglas se volverán más claras a medida que el juego progresa. Como con cualquier otro juego, la mejor manera de entender CLUG es jugarlo más que leer acerca de él. Aunque aparentemente difíciles, las reglas son redundantes, de tal forma que el total entendimiento de ellas es sorpresivamente fácil.

##### II.4.a Dinero CLUG.

Al principio del juego, cada equipo es provisto de \$100,000.00 en efectivo. Este dinero puede ser gastado en adquisición de terrenos, construcción de edificios, pago de impuestos y haciendo pagos a otros jugadores cuando sea necesario. Dinero adicional entra al juego cada ronda cuando el instructor hace pago a los propietarios de industrias. Una parte de este dinero circula entonces para otros jugadores en forma de nóminas para empleados y pagos a tiendas y oficinas para servicios varios. El dinero abandona el juego cuando los jugadores hacen pagos por costos de transportación, compras de bienes de la economía externa, pagos por servicios municipales a través de impuestos y pagos por construcción o renovación de edificios. En el juego no es permitido el préstamo del dinero del mediador a los jugadores, aunque la comunidad, como un todo, puede contraer deudas hasta su límite de deuda. Los préstamos entre equipos son permitidos siempre que su trato no interrumpa el juego. Los jugadores prudentes pueden esperar a recibir, aproximadamente, un 10% de ganancia por buenas inversiones hechas en la comunidad, aunque substancialmente, mayores o menores rangos de ganancia ocu-

ren para inversiones y administraciones particularmente buenas o malas.

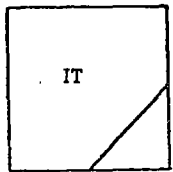
##### II.4.b Tipos de uso de la tierra.

CLUG estipula tres tipos básicos de uso de tierra: industrial, comercial y residencial.

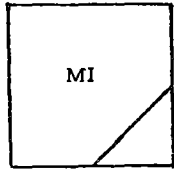
Hay dos clases de construcciones industriales, industria total (IT) e industria mediana (MT). En el paso de construcción de cualquier ronda, una industria mediana puede ser ascendida a industria total pagando la diferencia en sus costos de construcción inicial y cambiando las dos formas de edificio sobre el pizarrón. La designación de edificios de estos tipos de uso de tierra y su costo de construcción inicial se muestra en la Figura II.1.

El uso comercial de la tierra consiste en tres tipos básicos de edificios: tienda local (TL), Gran almacén (GA) y oficina (O), también ilustradas en la figura II.1. Una tienda local provee bienes y servicios frecuentemente usados, tales como abarrotes, productos para el hogar, gasolina, medicamentos y tratamientos médicos simples. Toda unidad residencial sobre el pizarrón debe comprar una canasta de mercado standard de bienes de tienda local cada ronda, ya sea de una de las tiendas locales sobre el pizarrón o del mediador. El gran almacén ofrece un rango de bienes y servicios más especializados y menos frecuentemente consumidos, tales como joyería, mobiliario, automóviles y cirugía cerebral. Toda unidad residencial debe comprar una canasta de mercado estandar de bienes de gran almacén cada ronda, ya sea de una tienda central sobre el pizarrón o del mediador finalmente, la oficina proporciona una variedad de servicios administrativos, contables y de dependientes a las industrias y tiendas.

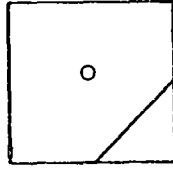
FIGURA II.1. PIEZAS DE JUEGO



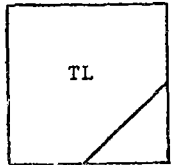
Industria total  
\$96,000.00



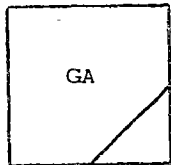
Industria mediana  
\$48,000.00



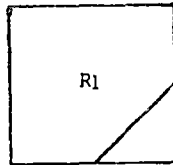
Oficina  
\$36,000.00



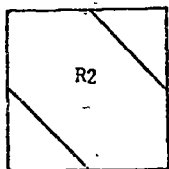
Tienda local  
\$24,000.00



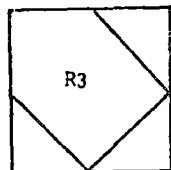
Gran Almacén  
\$24,000.00



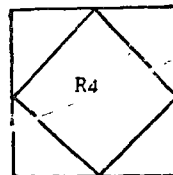
Residencia sencilla  
\$12,000.00



Residencia doble  
\$30,000.00



Residencia triple  
\$48,000.00



Residencia cuadruple  
\$72,000.00

Toda industria y tienda debe comprar un paquete estandar de estos servicios cada ronda, ya sea a una oficina sobre el pizarrón o al mediador.

No es permitido convertir de un tipo de uso comercial de la tierra a otro, a menos que el edificio original sea completamente demolido y el nuevo sea construido en su lugar. El uso residencial de la tierra consiste en unidades habitación que pueden ser construidas en cuatro formas: R1, R2, R3, ó R4 (ilustrados en la figura II.1). Cada casa o unidad habitacional contiene un empleado y su familia, el cual debe comprar un paquete de mercado estandar tanto de tienda local como gran almacén cada ronda.

Una unidad residencial R4 provee entonces cuatro unidades de empleo, o sea cuatro grupos potenciales de consumidores para tienda local y gran almacén. Una residencia puede ser agrandada en la etapa de construcción de juego de cada ronda, pagando la diferencia entre los costos de los dos tipos de construcción y combinando sobre el pizarrón la forma de edificio de acuerdo al tipo de casa.

El costo de construcción por unidad para residencias es algo mayor para los edificios grandes en comparación con los pequeños. Esto refleja, en parte, el hecho de que el juego considera que todas las residencias pertenecen a la misma clase socioeconómica, viviendo en los mismos tipos básicos de unidades habitacionales.

#### II.4.c. Contratos.

Cada uso de tierra industrial o comercial sobre el pizarrón debe emplear unidades residenciales para hacer dinero. Una industria total puede emplear hasta cuatro unidades residenciales a capacidad total; una industria mediana puede

emplear hasta dos unidades residenciales; las tiendas local y gran almacén y las oficinas pueden, cada una, emplear una unidad residencial cuando entren en operación. Todos los niveles de salario son fijos en el juego. Un propietario de una unidad residencial empleada en una propiedad industrial o comercial, recibe un pago de \$6,000.00 por cada unidad que tenga empleada en el paso de pago de empleos de cada ronda. Este dinero lo recibe del equipo que esté empleando dicho uso de tierra. Los contratos de empleo son negociados entre los dos equipos, o sea, el propietario de la unidad residencial y el usuario, y se indican colocando fichas codificadas iguales en ambos edificios. Todos los convenios de empleo están ligados por la colocación de marcas codificadas y su efecto dura hasta la siguiente ronda múltiplo de cinco (quinta, décima, etc.). Cuando se ha vencido, o sea en alguna de esas rondas múltiplos de cinco, en el paso del juego destinado a empleo, se pueden negociar nuevos contratos de mutuo acuerdo entre empleado y usuario.

#### II.4.d Compras.

Como se mencionó antes, cada uso comercial de la tierra ofrece una canasta de mercado estándar o paquete de bienes y servicios a sus consumidores potenciales sobre el pizarrón. Los usuarios de tierra que deben comprar estos bienes y servicios pueden acordar comprarlos a aquellos vendedores que ofrezcan las mayores ventajas de precio y localización.

Los convenios para comprar en particulares tiendas locales, gran almacén u oficinas son obtenidas por cada edificio residencial independientemente, sin embargo, estos acuerdos de precios deben mantenerse hasta la siguiente ronda que sea múltiplo de cinco.

El precio para cada clase de canastas de mercado estándar o paquetes es a discreción del propietario de cada tienda local, gran almacén u oficina, quien está restringido por factores básicos. El primero de ellos es que esos bienes y servicios sean accesibles al mundo exterior; por ejemplo, el mediador quien vende los mismos paquetes de mercado a un precio fijo a cualquier jugador que lo quiera comprar de él: \$2,000.00 por el paquete de tienda local; \$1,000.00 por el paquete de tienda central y \$4,000.00, \$2,000.00 y \$1,000.00 por el paquete de oficina, dependiendo de que la venta sea para industria total, parcial o tiendas, respectivamente. La segunda restricción es el costo para los consumidores de un viaje de compras a cada ronda. El mediador ofrece sus paquetes de mercado a precios que incluyen la entrega al domicilio del consumidor; entonces el consumidor no paga costos de transportación adicionales. Cada propietario de tienda u oficina debe, sin embargo, considerar los costos de transportación de sus consumidores potenciales al viajar de y hacia su tienda, antes de poner su precio. Entonces su precio es siempre más bajo que el del mundo exterior, para poder compensar los costos de transportación.

La tercera restricción a los precios es que solo un precio puede ser puesto por cada tienda u oficina. Este precio será aplicado a los consumidores uniformemente y debe permanecer hasta la siguiente ronda múltiplo de cinco. Las cantidades y números usados en las tres secciones anteriores se muestran resumidas en la tabla II.1.

TABLA II.1. RESUMEN DE CARACTERISTICAS UNITARIAS.

	Costo de construcción	Máximo ingreso por ronda	Máximo no. de empleos	Máxima nómina de pagos	Precio Máximo TL	Precio Máximo TC	Precio Máximo O
Industria Total IT	\$96,000	\$48,000	4	\$24,000	-	-	\$4,000
Industria Mediana MI	48,000	22,000	2	12,000	-	-	2,000
Tienda Local TL	24,000	*	1	6,000	-	-	1,000
Gran Almacén GA	24,000	*	1	6,000	-	-	1,000
Oficina O	36,000	*	1	6,000	-	-	-
Residencia R1	12,000	6,000	-	-	2,000	1,000	-
Residencia R2	30,000	12,000	-	-	4,000	2,000	-
Residencia R3	48,000	18,000	-	-	6,000	3,000	-
Residencia R4	72,000	24,000	-	-	8,000	4,000	-

Los asteriscos de la tabla II.1 indican que los ingresos para TL, GA y O dependen del número de consumidores obtenidos y del precio cargado. Debe esperarse un ingreso de \$10,000 a \$15,000 antes de que una de estas unidades sea abierta.

II.4.e. El pizarrón de juego.

El pizarrón de juego CLUG está compuesto por una matriz de nxm; cada cuadro representa una parcela de terreno de varias millas cuadradas. En CLUG, las líneas negras delgadas representan caminos secundarios, mientras que las líneas negras gruesas representan los caminos principales.

El sistema de coordenadas está diseñado de tal forma que los números pares designan cada columna o renglón de cuadrados y los números nones designan las líneas verticales u horizontales que separan los cuadros. Entonces una pareja de coordenadas numeradas con números pares, como por ejemplo 8-66, indica una parcela de tierra particular, mientras que una pareja de coordenadas como 7-67 indica una esquina particular de la misma parcela, descrita intersección de dos líneas de la red. Similarmente, una combinación de coordenadas con números pares y nones, tales como 9-66, indica un segmento de línea a lo largo de un eje particular de la parcela, en este caso el eje horizontal más bajo de la parcela 8-66.

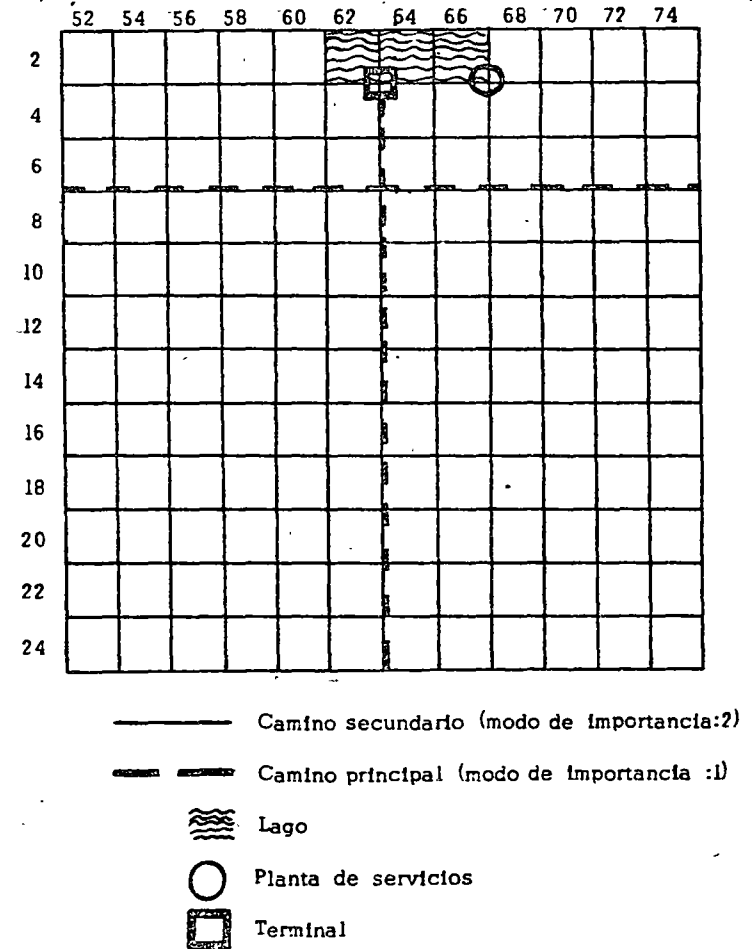
Aunque cualquier configuración topográfica simple puede introducirse sobre el pizarrón de juego, la fig. II.2 proporciona un arreglo elemental que es útil para los juegos más básicos o elementales.

En este arreglo se observa un patrón elemental de caminos principales, uno horizontal sobre la línea 7, de 51 a 75 y otro vertical sobre la línea 63 de 3 a 25. También están indicados otros parámetros importantes para el juego. Un puerto en el océano o un lago se muestra en los cuadros 2-62, 2-64 y 2-66. Se incluye también una terminal en 3-63 y una planta de servicio en 3-67. La terminal proporciona facilidades marítimas para el mundo exterior y es el punto en que todo producto industrial debe ser embarcado para su venta. La planta de servicio es el punto desde donde deben originarse todas las líneas de servicios. Esta planta proporciona un amplio rango de servicios municipales que fluyen a través de las líneas de servicios construídas durante el juego. Esta planta, además de los servicios de agua y alcantarilla tienen por objeto, junto con sus líneas asociadas, representar un amplio rango de servicios municipales, tales como policía y bomberos, potencia y calor, librerías, educación y otros. Las líneas de servicios son puestas sobre la red por mayoría de votos de los equipos. Se considera que una parcela de terreno está lista para el desarrollo cuando uno de sus lados tenga una línea de servicio que corra a lo largo de su longitud.

#### II.4.f. Transporte.

Un factor muy importante en muchas decisiones en el juego es el costo de transportación requerido para la operación de ciertos usos de terreno; estos costos son uno de los factores determinantes de localización de terrenos en el juego.

FIGURA-II.2. PIZARRON DE JUEGO





Los costos de transportación están representados por medio de pagos hechos por los jugadores al mediador. Las industrias pagan por transportar sus productos a la terminal, las residencias pagan por viajes al trabajo y a las tiendas y las industrias y tiendas pagan por movilizar información hacia las oficinas y de las oficinas.

Los costos aumentan con la distancia entre dos parcelas asociadas y es menor cuando el movimiento es a lo largo de un camino principal que cuando es por un camino secundario. Para el juego, la eficiencia relativa de caminos primarios a caminos secundarios es 1:2 (modo de importancia).

Los costos son sumados en base al número de distancias unitarias recorridas sobre camino principal o secundario. Una distancia unitaria es un lado de una parcela de tierra. Todos los movimientos deben ser en línea recta sobre los ejes de las parcelas y se cuenta de la esquina más cercana del cuadro de partida a la esquina más cercana del cuadro de llegada. Entonces la distancia recorrida entre dos parcelas juntas es cero, y el costo de transportación es cero.

El costo por unidad de un viaje depende de la frecuencia y volumen de un tipo particular de viaje en el mundo real. El volumen es muy alto para el cargamento de productos manufacturados y relativamente bajo para viajes de compras y al trabajo. El factor de peso para una clase particular de viaje es llamada "Asociación de Peso" y está dada en la tabla II.2. La asociación de peso se logra multiplicando en el número de cuadros recorridos por el modo de importancia de 1 ó 2, de acuerdo al tipo de camino usado. Entonces, para un viaje al trabajo aquel que esté ubicado en una residencia R1 que implique recorrer uni-

dades de camino secundario y dos de camino principal, se haría el cálculo siguiente: dada una asociación de peso de \$300 para el viaje de residencia al trabajo, el costo debe ser dos veces \$300 por cada unidad de camino secundario recorrido más una vez \$300 por cada unidad de camino principal recorrido, o sea \$1,800 por el viaje de la residencia R1 al trabajo.

El resultado de los costos de transportación se paga al instructor cada vez por los equipos propietarios. Reducción en el costo es solo posible disminuyendo la distancia viajada o, en algunos experimentos, proporcionando facilidades de transporte improvisadas, como por ejemplo, la creación de un m-

TABLA II.2. ASOCIACION DE PESO PARA VIAJES REQUERIDOS.

Viajando de	Viajando hacia				(G)
	Terminal	Oficina	Empleo	Tienda (TL)	
Industria Total (IT)	\$4,000	\$400	-	-	-
Industria Mediana (MI)	2,000	200	-	-	-
Tienda Local o GA	-	100	-	-	-
Residencias por Unidad (R1) (*)	-	-	\$300	\$200	\$100

(\*) Para R2, R3, o R4, multiplicar por dos, tres o cuatro respectivamente

#### II.4.g. Impuestos y finanzas públicas.

Los costos de los impuestos que paga la comunidad deben pagarse cada ronda de acuerdo al número de líneas de servicio y al número de unidades residenciales que exista sobre el pizarrón.

Un costo de construcción de \$2,000 se hace inicialmente para cada nuevo segmento de línea de servicio. La operación continua y mantenimiento de cada línea, después de construídas, le cuesta a la comunidad \$1,000 por ronda. La construcción y localización de las líneas de servicio se determina por mayoría de votos de los equipos participantes. Ningun edificio puede ser construído en un terreno que no tenga una línea de servicio en uno de sus lados. Todos los costos son calculados en base a las unidades.

Toda línea de servicio debe, desde luego, estar conectada en su extremo a la planta de servicios. Además de los costos por servicios, se hace un cargo extra por servicios sociales de \$1,000 por ronda por cada unidad residencial sobre el pizarrón.

En lo relativo al juego, se acostumbra tasar un sistema de impuestos sobre la propiedad (en tierras y edificios). La tarifa de impuestos es colocada por mayoría de votos de los grupos. Esta contribución, multiplicada por el valor señalado de cada grupo que debe pagar por la propiedad que posee, determinará la cuenta que pagará en impuestos en los siguientes periodos. En los periodos sucesivos, la contribución puede estar bajando o incrementándose de acuerdo a las necesidades financieras de la comunidad y sobre sus planes de crecimiento.

Se le permite a la comunidad llevar una administración de los sobrantes o pérdidas en sus costos en cualquier periodo, y éstos sobrantes o pérdidas se acumularán sobre los periodos sucesivos. Como quiera que sea, las pérdidas no pueden excederse del 10% de su valor total señalado de toda la comunidad por todo el tiempo que sea. Se cargará un interés del 10% a la comunidad completa de cualquier pérdida existente. No se paga ningún interés por los sobrantes acumulados. Si el 10% de la deuda límite está excedida, no se concederá una nueva construcción útil hasta que todas las pérdidas previas hayan sido saldadas a la comunidad, por ejemplo, hasta que la deuda de la comunidad completa sea reducida a cero. Las cuentas sobre el valor señalado de cada grupo, impuestos, sobrantes o pérdidas y las deudas grandes serán llevadas por el contador para la comunidad. La tarea más grande del jugador será poner una tarifa de impuestos, pagar sus impuestos, y tendrá cuidado de no acumular tan grandes pérdidas por que destruiría la flexibilidad financiera de la comunidad y que su crédito esté nivelado.

#### II.4.h. Depreciación.

Cada edificio se deprecia en su valor con una tasa del 5% por periodo de su costo inicial de construcción. Cada 5 periodos los dueños de cada edificio serán informados del estado y edad de depreciación de cada uno de sus edificios y se le preguntará si desea o no renovar uno o cualquiera de todos sus edificios. La renovación será hecha pagando al mediador el 5% acumulado de costo de depreciación, de este modo, renovando el edificio, se decrementará efectivamente su edad. Los pagos de renovación pueden ser hechos con cualquier 5% de incremento, o sea, el equivalente a la depreciación de un periodo.

Un edificio puede ser llevado completamente a la edad cero o parcialmente renovado en un periodo o dos, dependiendo esto del valor y necesidad de la estructura y la tierra.

Después de hacer una discusión de si se renueva o no un edificio en particular, cada grupo tendrá que hechar un par de dados por cada edificio. Las oportunidades de perder el uso de un edificio es proporcional al estado de depreciación. Una vez que un edificio esté "perdido", es clausurado y no se puede usar por 5 periodos consecutivos. Cuando ya hayan pasado los 5 periodos el edificio será otra vez elegible para la renovación y debe ser incluido otra vez. Sin embargo, el edificio es ahora 5 periodos más viejo, y con muy altas probabilidades de perder. En este punto el edificio puede ser renovado para así reducir la oportunidad de perderlo otra vez.

Cada edificio tiene, de menos, el mínimo de %5 de probabilidades de pérdida, aunque sea completamente renovado en el periodo en que va. Las probabilidades más altas resultarán de añadirle un 5% adicional por cada periodo adicional de edad. Cualquier edificio, incluyendo uno que se ha clausurado, puede ser demolido a un costo del 25% de su valor señalado; en ese momento, la relación entre el patrón y el empleado se juntan para clausurar o demoler el edificio que son automáticamente terminados, con la renegociación de trabajo y la compra de contratos que son permitidos en ese periodo. La tabla II.3 nos dá las probabilidades de pérdidas de los edificios de varias edades, junto con el número que pierde en un par de dados que corresponde a estas probabilidades y costo por periodo de renovación para cada tipo de edificio. El contador empieza una revaluación de tierras y edificios al finalizar cada periodo múltiplo de cinco.

TABLA  
PROBABILIDADES DE PERDIDAS DE CONSTRUCCION  
Y COSTOS DE DEPRECIACION SEGUN EL TIPO DE  
CONSTRUCCION.

Edad de la Construcción	Probabilidad de Pérdida del Edificio.	Pérdida equivalent números de un par dos.
0	0.056	3
1	0.111	5
2	0.167	7
3	0.195	7,7
4	0.250	2,7,11
5	0.306	2,7,9
6	0.362	3,7,8
7	0.417	5,7,8
8	0.445	6,7,8
9	0.500	3,6,7,8
10	0.556	5,5,7,8
11	0.612	3,5,6,7,8
12	0.667	5 a 9
13	0.695	7 y 5 a 9
14	0.750	4 a 9
15	0.806	3 a 9
16	0.861	7 y 4 a 10
17	0.889	3 a 10
18	0.944	3 a 11
19	1.000	2 a 12
20	1.000	2 a 12

COSTOS DE DEPRECIACION DEL 5% PARA CADA TIPO DE USO DE TIERRA.

IT-\$4,800	O-\$1,800	R1-\$ 600
MI-\$2,400	GA-\$1,200	R2-\$1,500
	TL-\$1,200	R3-\$2,400
		R4-\$3,600

## II.5. Pasos del juego.

CLUG procede a través de un conjunto de pasos para el juego. Una clase de acción y decisión específica son llamadas para cada paso. La transición de un paso a otro es determinado por el mediador; regresarse al paso anterior no es permitido. Los jugadores que no han llegado a terminar sus actividades durante el paso apropiado en cierto período, deben esperar hasta el próximo período para que su trabajo pueda ser completado.

1. Compra de Tierra. Las ofertas para comprar tierras pueden ser hechas al mediador o a otro grupo. Cada ofrecimiento al mediador debe estar escrito en una forma que diga los límites de la parcela y el precio ofrecido siendo lo más cercano a 1000 pesos. El mediador aceptará los ofrecimientos para cualquier parcela que no tenga dueño y darle posesión al que ofrezca más. Los ofrecimientos menores a \$1,000 son automáticamente rechazados. Cada grupo puede ofrecer tres parcelas que no tengan dueño en cada período. La compra de tierras y edificios pueden ser llevadas durante ésta regla a cualquier cantidad deseada.

2. Proporcionar servicios. Después de consultar con todos los grupos, se hacen propuestas para calcular el número y la localización de nuevas líneas de servicios deseadas para la comunidad. Cualquier nuevo segmento de líneas de servicios propuestas debe ser apoyada por una mayoría de los grupos en el juego. Después de la aprobación por la mayoría, las nuevas líneas de servicios son puestas en el pizarrón por el mediador.

3. Renovación de Edificios. Esta regla solamente es jugada en los períodos divisibles por cinco. La edad y la depreciación de cada edificio es comuni-

cada a los dueños, y se les preguntan si desea o no y cuanto desean para renovar. Después de la decisión de renovar el edificio, se tira un par de dados para determinar la posible clausura del edificio.

4. Edificios Construidos. Nuevos edificios ahora pueden ser construidos por cada grupo en su propia tierra. El pago completo del costo inicial de construcción debe acompañar al nuevo edificio. Los edificios solamente son permitidos en las parcelas con línea de servicio, que pasa a las orillas de la parcela. La demolición de edificios es permitida al dueño a un costo del 75% de su valor señalado actual.

5. Designación de Contratos. Contratos ya formalizados entre los propietarios residentes y el dueño del negocio a emplear, son designados en esta regla. El trabajo se indica poniendo un marcador igual en el edificio del patrón y en cada edificio residencial del empleado. Los contratos de trabajo están en existencia hasta el siguiente período divisible por cinco.

6. Señalar Acuerdos Negociables. Las tiendas locales, gran almacén y oficinas que son de construcción nueva anuncian el precio que van a cobrar por el producto que ellos venden en particular hasta el próximo período divisible por cinco. Solamente un precio puede ser ofrecido por cada local comercial. Los dueños de las tiendas locales, gran almacén y oficinas pueden cambiar sus precios solamente en un período divisible por cinco. Seguido del anuncio de precios, los dueños de nuevas unidades residenciales deben indicar que local y tiendas centrales ellos van a comprar y notificar al propio dueño de la tienda. Una notificación similar va a ser dada a las oficinas por los dueños de tien-

das locales, tiendas centrales, industrias totales y medianas. Compra de unidades con el mediador deben ser notificadas a él. Acuerdos de compra persisten hasta que esta regla del próximo período divisible por cinco. Sin embargo, acuerdos de compra con el mediador pueden ser rotos en cualquier período de esta regla del juego.

7. Percibir Ingresos. El instructor paga del mundo exterior a los dueños de industrias. Industrias totales reciben \$48,000 por período de entrada si tienen 4 trabajadores. Industrias medianas reciben \$22,000 por período de entrada si tienen dos trabajadores. En el caso de que no se llegue a un trabajo completo la entrada es prorrogada de acuerdo al número de trabajadores.

8. Pago de Empleados. Patrones pagan \$6,000 a cada trabajador.

9. Pago a tiendas locales, gran almacén y oficinas. Los propietarios de tiendas y oficinas deben informar a sus clientes del pago que deben hacer por comprar en ese período de acuerdo con el número de clientes y el precio acordado; así mismo, el mediador cobra a aquellos que hicieron sus compras con él.

10. Pago de transportación. El mediador recogerá el pago de cada grupo por el costo de transportación incurrida por los dueños de varios tipos de edificios.

11. Pagos de Impuestos. El contador informará a cada grupo de los impuestos que debe a la comunidad y el mediador recogerá esta cantidad. A la comunidad se le informa del total de impuestos acumulados, la cantidad de gastos incurridos, el pago de intereses sobre las deudas y la situación de déficit y utilidad de la comunidad. Los jugadores deben discutir y votar para una nueva tasa de impuesto para el siguiente período.

## II.6 Glosario de Términos.

- Contador - Un ayudante del mediador que lleva el juego, controlando las cuentas de las propiedades, construcciones, valuaciones, impuestos, el estado financiero de la comunidad, etc.
- Antigüedad de los Edificios - Un indicador de la antigüedad del edificio, basándose en la diferencia entre el número de vueltas actuales y la vuelta en que se registró la construcción del edificio.
- Valuación de los Terrenos o Edificios - Una estimación del valor actual en el mercado del terreno o edificios. El valor del terreno está valorado sobre el precio de compra y el precio de compra de las propiedades adyacentes. El valor del edificio está valuado en el costo inicial de la construcción menos el 5% de depreciación por cada vuelta.
- Peso Asociado - Una medida que refleja el volumen de interacción necesaria entre uno de los terrenos usados en una vuelta, y refleja el volumen y frecuencia del movimiento sobre un período de tiempo único.
- Gran Almacén - Representa clases especializadas de compra y generalmente se encuentran en centros de mayor población y requieren una base de población mayor para sostenerla, más que una tienda local.
- Excesos o déficits de la comunidad - El estado financiero de la comunidad CLUG al final de una vuelta. Un exceso resulta cuando los impuestos recogidos para esa vuelta exceden de los gastos de la comunidad; el déficit resulta cuando los gastos exceden de los impuestos recabados. Los excesos o déficits son acumulados a los déficit o excesos de la vuelta anterior para proporcionar a la vuelta actual los excesos acumulados o los déficits.

- Deuda Límite - La deuda máxima en que la comunidad puede incurrir en términos de su déficit acumulativo. El límite es usualmente establecido por el medfador y consiste en algún porcentaje del valor total de la comunidad en los años anteriores.
- Mercados Externos - Se ponen afuera de la comunidad CLUG y afuera de la mesa de juego, las compras de productos manufacturados en las industrias construidas durante el juego.
- Industria Total - Un terreno usado en CLUG que representa formas básicas económicas de actividad comercial a través de un local de producción y ventas externas.
- Medfador - Un instructor que actúa como director de las actividades de los juegos, por ejemplo, anunciando los pasos del juego y el estado financiero de la comunidad.
- Tienda Local - El uso de terreno de CLUG representando actividades de ventas al menudeo no especializadas para la compra de locales convenientes y requiriendo una población más pequeña que un Gran Almacén.
- Modelo de Peso - Una figura representando la eficiencia y costos de los movimientos a través de una forma de caminos expresada como un número en relación a los otros valores para diferenciar los tipos de carreteras. Por tanto, los números 1 y 2 se señalan como la proporción o relación de los pesos de modelo para caminos primarios o secundarios. El modelo de peso multiplicado por la Asociación de Pesos da el costo del movimiento a través de una sola y única distancia.

- Oficina - Representa la prestación de servicios de administración, contabilidad; y manejo de servicios que son usados por otros negocios.
- Parcela - Un término usado para referirse a una sección del terreno de CLUG
- Industria Mediana - Representa una forma más pequeña, menos cara y menos eficiente de la Industria Total.
- Caminos Primarios - Carreteras que tienen acceso general a todas las parcelas. Se cuentan según el modelo de peso No. 1.
- Renovación - Renovar un edificio construido en una vuelta anterior, pagando una cantidad igual a la del estado de deterioración, reduciendo las posibilidades de pérdidas del edificio, según lo que salga en los dados.
- Unidades Residenciales - Está representado tanto por la construcción y la población e incluyendo la fuerza laboral, las unidades residenciales pueden ser construidas en densidades que oscilan de R1 a R4 representadas por simples múltiplos de construcción y de unidades de población localizadas por parcela.
- Caminos secundarios - El equivalente en el juego de CLUG para las calles menos importantes y las avenidas que se utilizan principalmente como zonas residenciales y comerciales. Usualmente, se cuentan según el Modelo de Peso No. 2.
- Precios - La etapa en el juego en la cual los propietarios de tiendas construidas recientemente u oficinas anuncian el precio que van a establecer hasta la próxima <sup>o</sup>vuelta divisible entre cinco.

- Pasos del juego - La secuencia uniforme de los eventos ocurridos dentro de una vuelta establecida de CLUG; todas las actividades dentro de la vuelta deben ocurrir dentro de la etapa apropiada del juego.
- Equipo - Uno o más jugadores operando en conjunto, quienes representan los intereses económicos y políticos dentro de la comunidad.
- Terminal - El punto donde todos los productos manufacturados de las industrias totales y parciales son embarcados para transportarlos y venderlos en mercados externos.
- Costo del Transporte - El costo para mover a la gente o mercancías entre terrenos interdependientes durante un período de tiempo representado por una vuelta. Computados en las bases del tipo de movimiento requerido en los terrenos particulares y los pesos asociados, sobre el número de unidades de distancia recorrida y multiplicados por el modelo de peso apropiado para la clase de carreteras accesibles.
- Unidad de distancia - La distancia de una esquina de la parcela a la siguiente esquina de la misma parcela, moviéndose a través de las líneas laterales.
- Líneas de Servicios - Representan la provisión de puesta en línea de los servicios públicos necesarios para el desarrollo urbano, incluyendo agua, alcantarillas, policía, bomberos, etc. Todas las líneas de servicios deben estar conectadas a la planta de servicios.
- Planta de Servicios - El terreno público que provee la puesta en línea de los servicios urbanos con las líneas de servicio.

## II.7 Ejemplificación de CLUG.

Después de cubrir los detalles de este juego, algunas consideraciones de la forma en que los jugadores se comportan con este modelo pueden ser muy importantes. Como con casi todos los juegos operacionales, es muy difícil comprender lo que sucede con esta clase de recurso sin haber participado en una corrida del juego. A continuación se muestran algunas escenas de una corrida típica de CLUG, para ilustrar las características básicas del mismo.

Este ejemplo se llevó a cabo utilizando un tablero como el mostrado en la figura II.3 y con la participación de siete equipos compuestos de tres jugadores cada uno, además de un instructor o mediador, un asistente y un contador.

### II.7.1 Ciclo I.

#### Paso 1. Adquisición de terrenos.

Las ofertas hechas por los equipos para la compra de terrenos se muestran en la tabla II.4. La tabla II.5 muestra los resultados de la compra de terrenos. El precio mínimo para la compra de un terreno es \$500.00, a menos que este se encuentre en la zona montañosa, donde el precio mínimo es \$100.00.

La figura II.4 muestra el tablero de juego al terminar la compra de terrenos.

#### Paso 2. Colocación de la línea de servicios.

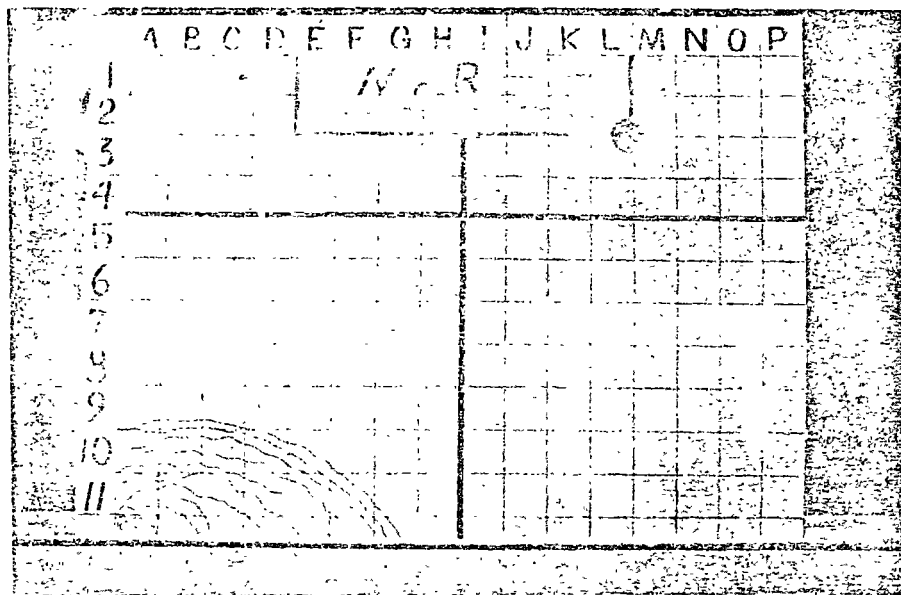


Figura II.3. El Tablero de Juego.

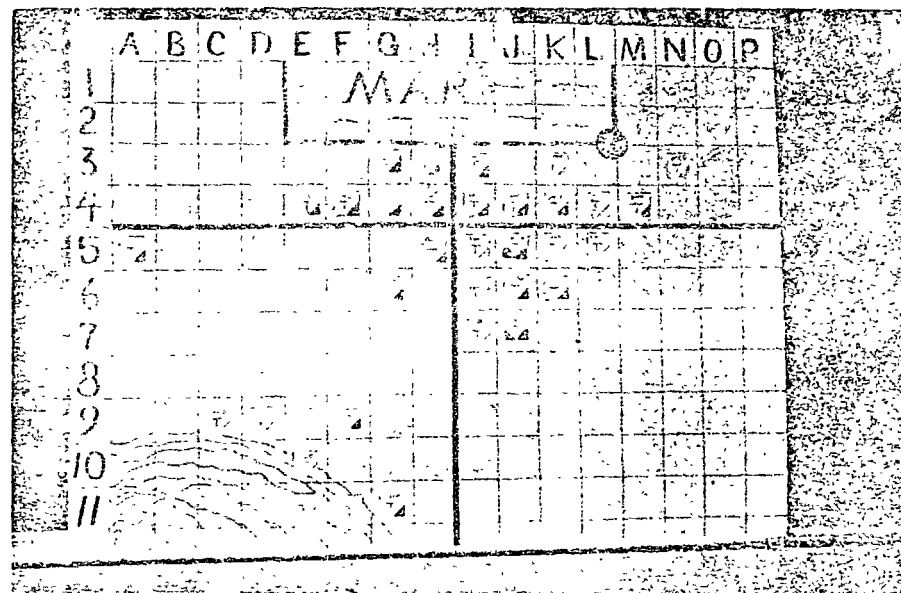


Figura II.4. Compra de Terrenos del Ciclo I.



Tabla II.4 Ofertas de Terrenos.

Terreno (Localización)	Equipo						
	Amarillo	Blanco	Morado	Naranja	Negro	Rojo	Verde
4-I		\$2000	\$4000			\$1000	\$5000
5-I		\$2000				\$ 600	
6-I		\$1500				\$ 600	
7-I		\$1000				\$ 600	
3-I			\$6000			\$1000	
3-H			\$6000			\$1000	
4-H	\$ 500					\$1000	\$5000
5-H				\$ 800			
4-L		\$2000		\$ 500		\$1000	
3-L		\$2000					
3-K	\$1000						
4-K						\$1000	
6-K							\$1500
5-K				\$ 500			
8-D		\$ 500					
9-D		\$ 500					
5-J						\$ 600	
6-J					\$1500	\$ 600	
7-J						\$ 600	
4-J						\$ 600	
9-C		\$ 500					
3-N	\$1000						
3-G	\$ 700				\$3000		
6-G					\$1500		\$3000
11-G					\$ 100		\$1500
4-G						\$1000	
4-F						\$1000	
9-F							\$1500
11-F		\$ 200			\$ 100		
4-E						\$1000	
11-E		\$ 200			\$ 100		
10-E		\$ 200					
4-M					\$3000		
5-A				\$ 500			

Tabla II.5. Compra de terrenos.

Equipo	Terrenos (Localización)	Costo (\$)
Amarillo	3-K	1,000
	3-N	1,000
Blanco	5-I	2,000
	6-I	1,500
	7-I	1,000
	3-L	2,000
	4-L	2,000
	8-D	500
	9-D	500
	9-C	500
Morado	10-E	200
	11-E	200
	11-F	200
Naranja	3-I	6,000
	3-H	6,000
Negro	5-A	500
	5-H	800
	5-K	500
Rojo	3-G	3,000
	4-M	3,000
	6-J	1,500
Verde	4-K	1,000
	4-J	600
	5-J	600
	7-J	600
	4-E	1,000
	4-F	1,000
	4-G	1,000
Verde	4-I	5,000
	4-H	5,000
	6-K	1,500
	6-G	3,000
	11-G	1,500
	9-F	1,500

NOTA: Los terrenos comprados se marcan con una T sobre el pizar

La línea de servicios fué colocada gratuitamente por el mediador, de acuerdo a las sugerencias hechas por los representantes de cada equipo. La figura II.5 muestra como fué colocada la línea de servicios.

Paso 3. Construcción.

La relación de los edificios construidos por cada equipo se muestra en la tabla II.6.

Tabla II.6 Edificios construidos.

Equipo	Construcción	Costo	Localización
Amarillo	MI	\$48,000	3-K
	O	\$36,000	3-N
Blanco	MI	\$48,000	4-L
	GA	\$24,000	5-I
Morado	GA	\$24,000	3-H
	R3	\$48,000	3-I
Naranja	MI	\$48,000	5-K
Negro	GA	\$24,000	4-M
	O	\$36,000	6-J

Paso 4. Contratos.

En este paso se lleva a cabo la elaboración de contratos de subarrendamientos de residencias y aprovisionamiento de alimentos y servicios.

Como se presentó el caso de que ninguno de los equipos construyó una tienda local, y como para poder operar es necesario comprar en un establecimiento de

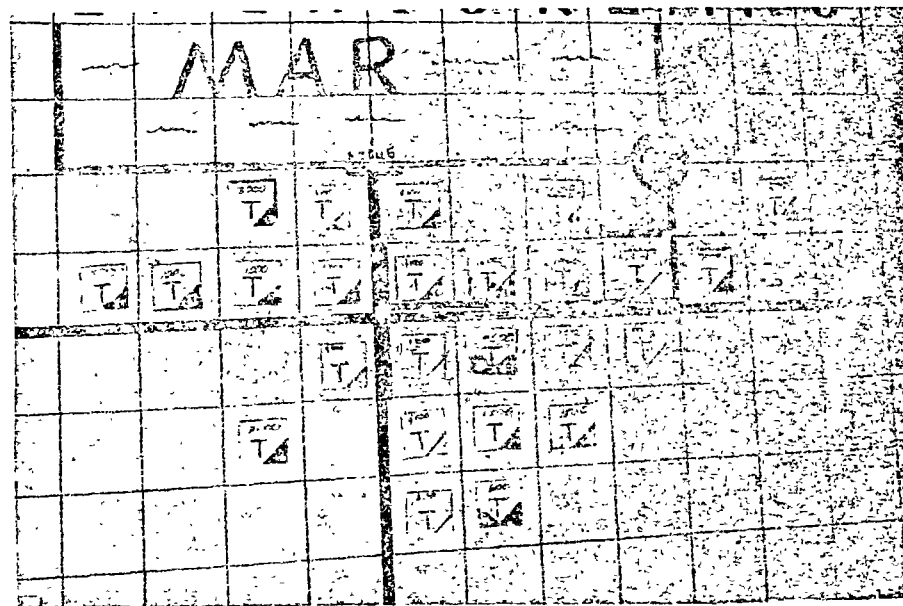


Figura II.5. Línea de Servicios. Ciclo I.

este tipo, se decidió colocar uno en una de las parcelas desocupadas (6-H), quedando a cargo del mediador. Del mismo modo se ubicaron dos residencias tipo R4 en las parcelas 3-J y 3-L. Esto se muestra en la figura II.7.

Paso 5. Ingreso.

En base a sus inversiones y de acuerdo con la tabla II.1, cada equipo obtiene sus respectivas ganancias, las cuales se muestran en la tabla II.7.

Tabla II.7 Relación de Ingresos.

Equipo	Construcción	Ganancia
Amarillo	MI	\$12,000
	O	6,000
Blanco	MI	12,000
	GA	6,000
Morado	GA	6,000
Naranja	MI	12,000
Negro	GA	6,000
	O	6,000
Rojo	MI	12,000
Verde	MI	12,000

Paso 6, Pago de Contratos.

En esta etapa se realizan los pagos de contratos especificados en el paso 4, en base a la tabla II.1.



Figura II.6. Edificios construidos en el Ciclo I.

Paso 7. Transporte.

Los pagos por transporte se efectúan de acuerdo a la tabla II.2, donde se indica el factor de peso para cada clase particular de viaje.

Paso 8. Impuestos.

La tasa de impuestos para este ciclo es del 1% sobre todas las propiedades.

En la tabla II.8 se muestra el pago de impuestos que hizo cada equipo.

Tabla II.8 Pago de Impuestos.

Equipo	Impuesto		Total
	Terrenos	Construcción	
Amarillo	\$ 20	\$ 840	\$ 860
Blanco	106	720	826
Morado	120	720	840
Naranja	18	480	660
Negro	75	600	675
Rojo	58	780	1360
Verde	175	600	775

En este primer ciclo de juego puede verse que hubo una tendencia a un rápido desarrollo, lo cual se refleja en la excesiva compra de terrenos por parte de los diferentes equipos, tal vez por el temor de que en el futuro se incremente mucho el valor de la tierra.

Se encuentran casos de malas inversiones en el momento de elegir los terrenos a comprar; por ejemplo, el equipo blanco decidió comprar varios terrenos en regiones donde el precio es más bajo, sin tomar en cuenta la lejanía con la planta de ser-

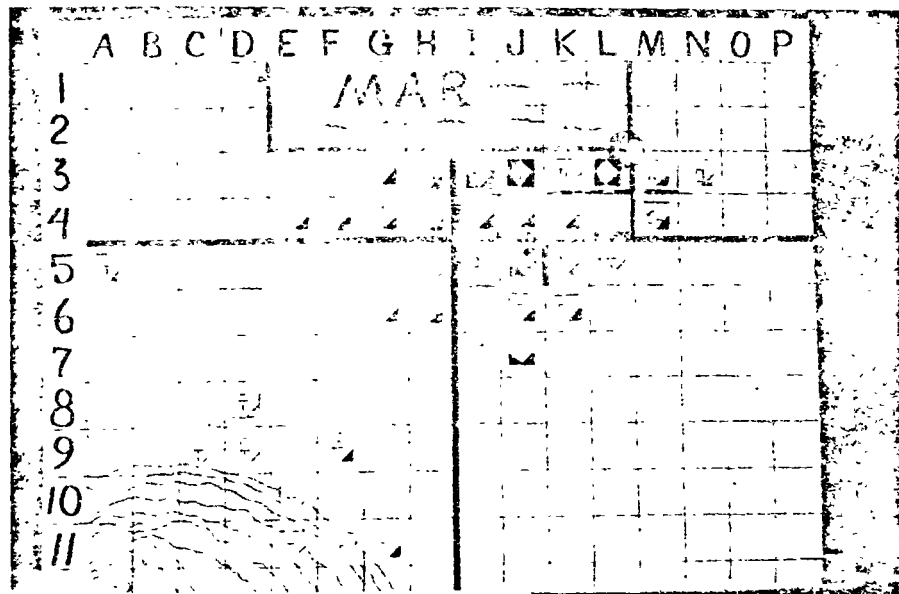


Figura II.7. Edificios construidos en el Ciclo I.

vicios, lo cual le causará fuertes desembolsos, y olvidando también que sus costos de transporte serán más elevados.

En lo que se refiere al uso de la tierra, los equipos se inclinaron a la construcción de industrias, dejando un poco al margen otro tipo de construcciones, surgiendo problemas como el de la falta de residencias y de una tienda local. Esto hace ver que es necesaria la comunicación entre los diferentes equipos para evitar caer en estos errores, los cuales son lógicos al principio del juego, pues los jugadores buscan su provecho personal, habiendo una cerrada competencia entre los equipos. Este es uno de los aspectos que CLUG busca solucionar, esto es, trata de mostrar las ventajas de trabajar en cooperación con los demás, para que, además de sacar provecho personal, se logre un provecho para la colectividad.

Se observa también en este ciclo que la mayor concentración de bienes se encuentra en las zonas cercanas a las fuentes de servicios, al muelle y las supercarreteras. Debe tenerse cuidado con esto para evitar una centralización excesiva.

## II. 7. 2. Ciclo II.

### Paso 1. Adquisición de Terrenos.

Tabla II.9. Ofertas de Terrenos.

Terreno (Localización)	E q u i p o					
	Amarillo	Bianco	Morado	Naranja	Negro	Rojo Verde
5-G			\$ 850	\$ 500	\$ 800	
7-K					\$ 500	
5-F			\$ 600		\$ 800	
6-L					\$ 500	
5-E			\$ 500			
4-N			\$ 500			
5-M	\$ 700					

Tabla II. 10. Compra de Terrenos.

Equipo	Terrenos (Localización)	Costo (\$)
Amarillo	5-M	700
Morado	5-G	850
	5-E	500
	4-N	500
Negro	7-K	500
	5-F	800
	6-L	500

La figura II. II. 8 muestra el tablero de juego al terminar la compra de terrenos en el ciclo II.

Paso 2. Colocación de la línea de servicios.

De acuerdo común, los servicios fueron instalados como se muestra en la figura II.8, por un costo de \$8,000 que se pagó de la recaudación de impuestos.

Paso 3. Construcción.

Tabla II.11. Edificios Construidos.

Equipo	Construcción	Costo (\$)	Localización
Amarillo			
Blanco	R2	30,000	6-I
Morado			
Naranja	R4 *	36,000	5-H
Negro	R1	12,000	5-F
	TL	24,000	6-L
	R1	12,000	7-K
Rojo	MI	48,000	4-G
	R4 *	36,000	5-H
Verde	GA	24,000	4-H

\* Esta residencia fué comprada por el equipo Rojo en asociación con el equipo Naranja, pagando cada uno el 50%.

La situación actual del juego se muestra en la figura II.9.

Paso 4. Contratos.

Los nuevos contratos hechos tendrán validéz únicamente en el presente ciclo.

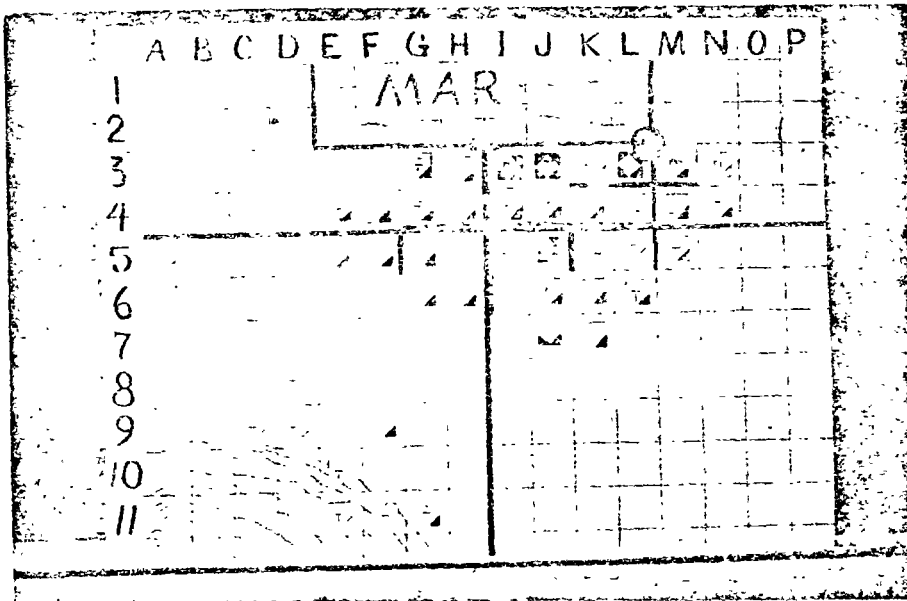


Figura II.8. Compra de terrenos del Ciclo II.

Paso 5. Ingresos

Tabla II.12. Relación de Ingresos

Equipo	Construcción	Ganancia (\$)
Amarillo	MI	12,000
	O	6,000
Blanco	MI	12,000
	GA	6,000
Morado	GA	6,000
Naranja	MI	12,000
Negro	GA	6,000
	O	6,000
	TL	6,000
Rojo	MI	12,000
	MI	12,000
Verde	MI	12,000
	GA	6,000

A continuación, en la misma forma que en el ciclo anterior, se realizan los pagos de contratos y de transportación, correspondientes a los pasos 6 y 7 del juego.

Paso 8. Impuestos.

La tasa de impuestos no fué cambiada para este ciclo.

Equipo	Impuesto Total
Amarillo	867
Blanco	1126
Morado	858.50
Naranja	1020
Negro	1173
Rojo	2200
Verde	1015

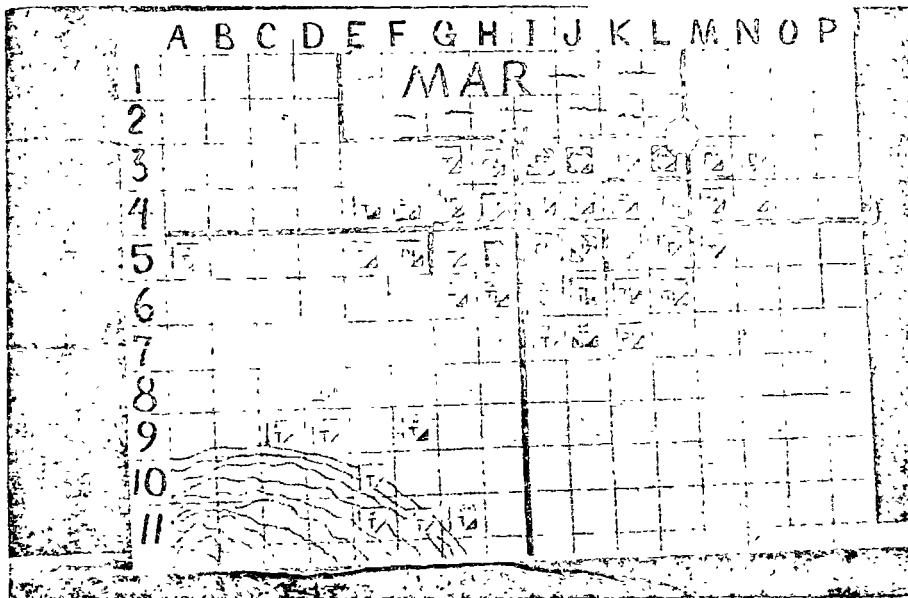


Figura II.9. Edificios construidos en el Ciclo II.

En este segundo ciclo puede notarse que, a diferencia del ciclo I, la compra de terrenos fué bastante reducida, debiéndose esto a la escases de poder adquisitivo de los equipos, los cuales, para poder construir recurrieron a pedir préstamos al banco, teniendo que pagar un 10% de interés sobre un máximo del 25% de los bienes inmuebles obtenidos durante el ciclo I.

Los préstamos fueron los siguientes:

<u>Equipo</u>	<u>Cantidad</u>
Amarillo	\$21,500
Blanco	20,650
Morado	21,450
Naranja	12,450
Negro	17,350
Rojo	20,950
Verde	25,400

En cuanto a las construcciones hechas durante este ciclo, los equipos tuvieron la tendencia hacia el uso de tierra residencial, lo cual no habían hecho en el ciclo anterior. Esto se debió a que tenían que pagar por las residencias el precio que fijara el mediador, pudiendo ser menor al tener otras residencias.

La concentración cerca del foco de servicios, carreteras, etc., se sigue acentuando, o sea que los equipos no se han dado cuenta aún del problema, lo que es parte de los objetivos de CLUG, o sea, mostrar este tipo de errores y buscarles una mejor solución.

## II. 7.3. Ciclo III.

### Paso 1. Adquisición de Terrenos.

Tabla II.14. Ofertas de Terrenos.

Terreno (Localización)	E q u i p o						
	Amarillo	Blanco	Morado	Naranja	Negro	Rojo	Verde
6D				\$500			
6E				\$500			
5D				\$500			
3F							\$500

Tabla II.15 Compra de Terrenos.

Equipo	Terreno (Localización)	Costo (\$)
Naranja	6D	500
	6E	500
	5D	500
Verde	3F	500

La figura II.10 muestra el tablero del juego al terminar las compras del ciclo III.

### Paso 2. Colocación de la línea de servicios.

No hay extensión de líneas de servicios.

### Paso 3. Construcción.

No se realizan construcciones en este ciclo.



El mediador del juego, tratando de solucionar en algo este problema, propuso crear un parque recreativo, colocandolo como se muestra en la figura II.10, esto con el acuerdo de todos los equipos, pues el costo fué saldado con la recaudación de impuestos.

Con estos tres ciclos se pretende ilustrar el objetivo de este juego, tratando de dar a entender que, a medida que el juego progresa, se van presentando diferentes aspectos de la planeación, los cuales, conforme se vaya adquiriendo experiencia, serán resueltos de una mejor forma.

### CAPITULO III

#### INTRODUCCION A METROPOLIS

##### III.1 El Modelo Básico

El METROPOLIS es un juego de administración financiera urbana, centrado en un programa de mejoramiento de capital (CIP), un aspecto de gobierno local como factor principal en patrones de desarrollo urbano. El medio en el que los jugadores hacen sus decisiones es una abstracción de una área metropolitana de tamaño moderado (población aproximada de 215.000 gentes), de un tamaño y riqueza que cambiarán con el tiempo, dependiendo de las decisiones de los jugadores y de influencias exógenas las cuales están fuera del control de los jugadores. La ciudad está dividida en tres "distritos" en los que se reparte la población homogéneamente aunque algunas diferencias en las características de la población existen entre cada uno de los distritos. Mediante una escala de tiempo, tal que a una hora le corresponda un año en la vida de la comunidad, el juego permite a los participantes experimentar con diferentes estrategias y forzarlos a vivir con las consecuencias de sus propias decisiones.

Dado que estas decisiones afectan y son afectadas por la iniciación de algunos proyectos que se dan al principio del juego, el punto de vista de la comunidad de los jugadores está ligado con el desarrollo del programa de mejoramiento del capital.

Algunos proyectos específicos que se necesitan, son sugeridos por el periódico distribuido al principio de cada ciclo así como también el de cualquiera de los jugadores; está también por parte de los participantes asumiendo los papeles de Políticos, Administradores o Especuladores (un papel opcional disponible existe en el juego a mano para la Mesa Directiva de una Escuela) afrontar los conflictos que se presentan entre los intereses respectivos que ellos representan y de esta forma, hacer el mejor uso de los recursos de la ciudad.

El METROPOLIS es, en esencia, algunos juegos menores unidos, permitiendo el juego simultáneo del juego principal. Los roles se unen en los papeles de:

- (1) El administrador y su equipo, el que debe recomendar el tipo de plan financiero (CIP) para el futuro de la ciudad;
- (2) los tres políticos (uno para cada distrito) los cuales deben hacer decisiones financieras dentro de un contexto político cada año, así como también el de decidir cuales de los proyectos específicos van a ser realmente iniciados; y
- (3) los especuladores del estado, quienes intentarán influenciar en la localización de los varios proyectos de forma que se haga máximo el rédito de las inversiones.

Los Administradores, que corresponden a la gerencia de la ciudad y los varios departamentos que dependen de los mismos, son responsables de planear el programa de mejoramiento de capital (CIP) para la consideración de los políticos en el siguiente ciclo del juego. Ellos están entonces, trabajando un año adelante de los otros papeles y son orientados hacia la solución de futuras necesidades y problemas. Los administradores están presumiblemente buscando la satisfacción del yo a través de acometer su trabajo proplamente.

Ellos tenderían a ser motivados por estándares profesionales al hacer sus recomendaciones, excepto cuando éstas pudieran ser mitigadas por su conocimiento de la situación política y la responsabilidad de la población a problemas particulares. Los alicientes financieros se relacionan con esta ocupación, tanto en la forma normal y legítima de salario (y aumentos de salario) como en la menos frecuente e ilegal de sobornos y favores; pero estas son consideradas como las menores de las dos motivaciones. Como una consecuencia, el medio de intercambio del Administrador está representado por "puntos" de satisfacción. Estos puntos crecen y caen con la condición de la ciudad y la habilidad del Administrador para estimar necesidades y recursos futuros e influenciar a los demás jugadores a tomar "aceptados" cursos de acción.

Se presume que los Políticos operan primordialmente bajo una diferente motivación - aquella de obtener y mantener fuerza política (la cual puede ser convertida en segundo término como una recompensa económica, un fenómeno no presentado directamente dentro de la mecánica del juego). Esto está operacionalmente definido como un conjunto de probabilidades para reelección en cada uno de los tres principales distritos.

Por manipulación de favores y por una ejecución general en el cargo (particularmente en términos de sus capacidades para encontrar demandas críticas de la población), el nivel de estas probabilidades está dentro del control de los políticos. Contribuciones a la campaña, una legitimada y recurrente forma de soborno, puede también ser aceptada por el Político y convertida para mejorar las probabilidades en un local dado aplicando estos fondos a alguna forma apropiada de campaña.

Paso 4. Contratos.

Los nuevos contratos tendrán validéz solo para este ciclo.

Paso 5. Ingresos.

Se reciben las mismas utilidades que en ciclo anterior, ya que para este ciclo no se hicieron nuevas inversiones productivas.

Igual que en los ciclos anteriores se hacen los pagos correspondientes a contratos y transporte.

Paso 8. Impuestos.

Se sigue manteniendo la misma tasa de impuestos.

Tabla II.16. Pago de Impuestos

Equipo	Impuesto Total
Amarillo	867
Blanco	1126
Morado	858.50
Naranja	1035
Negro	1173
Rojo	2200
Verde	1020

Al llegar al final de este último ciclo ejemplificativo, puede verse que la planificación de la ciudad es atroz en cuanto a funcionamiento urbano; se encuentran mezcladas zonas industriales con zonas residenciales con un desorden total. Esto es debido a que los equipos participantes buscan exclusivamente el provecho personal lo cual es lógico por tratarse de un grupo inexperto.

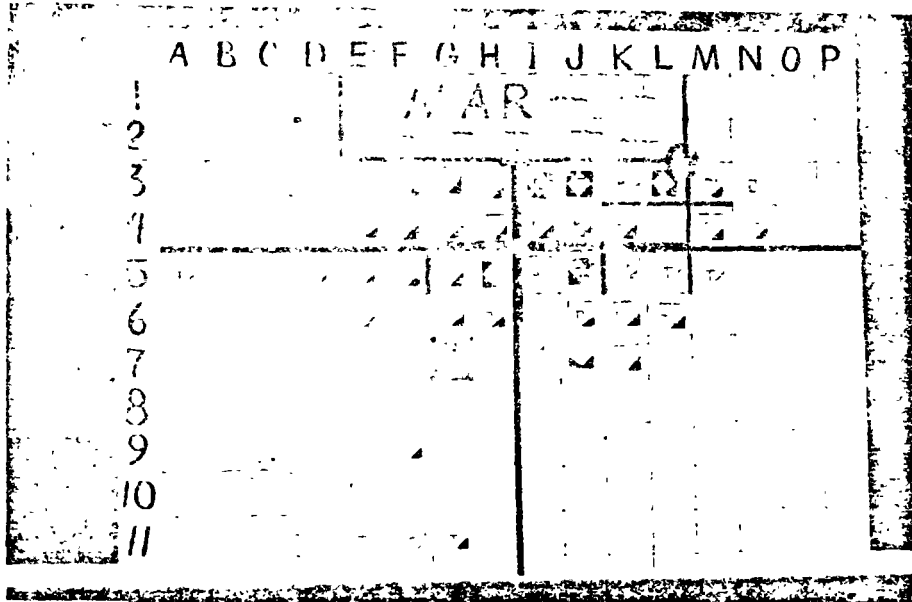


Figura II.10. Compra de Terrenos del Ciclo III.

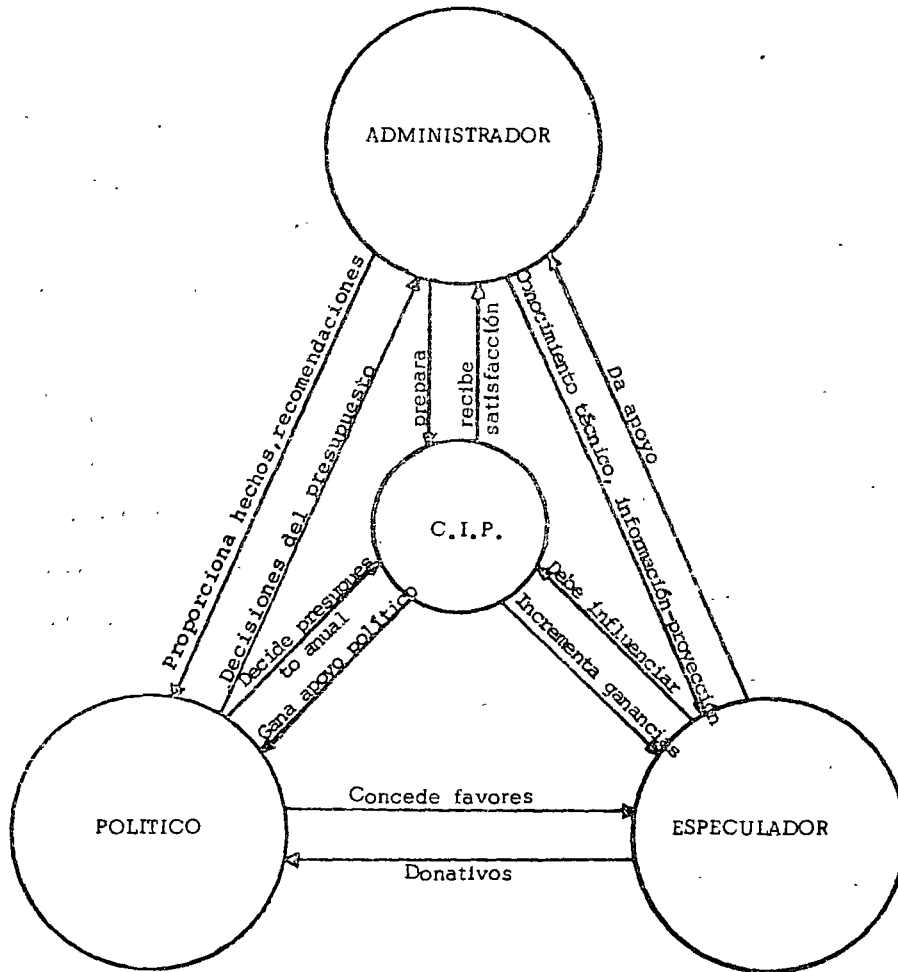


FIG. III.1. Diagrama de Interacción Funcional.

Usualmente, al menos una de éstas tres ediciones requiere de alguna clase de proyecto de mejoramiento de capital; otras son enunciados de política social o son ediciones "ruidosas" las cuales complican la toma de decisiones.

Dos votos de tres para una alternativa particular determinan el éxito de la edición y, para aquellas ediciones que involucran proyectos, se comisiona a los Políticos para presupuestar el proyecto en el siguiente ciclo. Las ediciones pueden posponerse por un año si los tres papeles no son de simpatía general, la segunda vez que la edición se presente, sin embargo, debe aceptarse o rechazarse una vez y por todos.

La fig. III.2 ilustra el vínculo de los papeles a través del tiempo, e ilustra la dinámica de la secuencia del programa.

Cada ciclo de juego comienza con la distribución de la "Gaceta del Ciudadano". Este periódico contiene información del estado y de condiciones nacionales así como también la necesidad para mejoras de capital en las diferentes áreas del pueblo. Los jugadores están también llevando a cabo información para la computadora del ciclo inmediatamente precedente y votar por la nueva encuesta de la Opinión Pública.

Después de que los votos sobre las ediciones han sido completados, cada papel o puesto hace sus propias decisiones, las cuales antes de que el siguiente ciclo comience. En una "corrida" estándar del METROPOLIS, seis o siete ciclos deben ser completados antes de establecer la sesión de crítica para discutir los eventos del juego.

Los Políticos inician el CIP en respuesta a necesidades y querencias expresadas por sus constituyentes o determinadas por el administrador. Los Políticos deben decidir el grado de manipulación de la tasa de impuesto necesitada para mantener los proyectos y satisfacer los constituyentes, así como también para determinar qué proyectos acometer. Los proyectos pueden ser mantenidos en parte a través de entradas sin impuesto las cuales dependen de la estabilidad económica del área y de la expansión de la población. La habilidad de los Políticos al trabajar con estos factores determina en gran parte la posibilidad de reelección, por la que debe permanecer cada ciclo.

Finalmente, el especulador debe ser primordialmente motivado por el incentivo de hacer una ganancia de su inversión, aunque esto tome la forma de interés a corto plazo o quizá un esclarecido interés a largo plazo que se finique en una creciente ganancia de una comunidad que llegue a ser más próspera a través del tiempo.

El especulador es un operador de bienes raíces que trata con opciones de tierra - él está dentro y fuera del mercado dentro del año, ya sea sacando ganancias de la tierra, sobre lo cual él estudia la opción (entonces venderla), o perder su inversión inicial. El trabajo del especulador es invertir su efectivo en uno o más de los tres distritos, en una o más de las categorías del uso de la tierra: residencial, comercial, o industrial. La posibilidad de un retorno de su inversión depende de las acciones de los otros jugadores de cómo resuelven los problemas de la comunidad o instituir mejoras de capital público, así como también un factor aleatorio representando la ideosincracia del mercado de bienes raíces

### III.2 Vinculación de los Roles.

Estos tres papeles están ligados mecánicamente por medio del programa de mejoramiento de capital, en donde cada uno sostiene una influencia en él y por lo tanto, son influenciados por él mismo. Esto está ilustrado esquemáticamente en la fig. III.1 Los vínculos mostrados sugieren los tipos de interrelación que existen en realidad; la principal significancia es que estos funcionan como un sistema. Algunas prestaciones son eventualmente balanceadas, y las decisiones resultantes, al nivel de cada rol y al nivel de la comunidad, son influenciados en diversas formas, uno por el otro.

En este punto, una diferencia significativa entre el METROPOLIS y los típicos juegos de negocios debe enfatizarse. Mientras que los juegos de dirección de empresas emplean equipos que operan competitivamente, el METROPOLIS es esencialmente no competitivo. En la especialidad de la teoría de juegos, las ganancias de un jugador no son necesariamente las pérdidas de otro jugador. De hecho, una cooperación inteligente (dispuesto un arreglo para las recompensas del juego de cada individuo) puede conducir a un substancialmente más alto climax para todos los equipos. Esta es la esencia de lo que ha sido pensado.

Los roles están ligados por otro medio; además de sus decisiones individuales, cada papel, como representante de la fuerza de la élite de la comunidad, debe emitir su voto para una de las tres alternativas de solución a problemas públicos presentados en la encuesta de Opinión Pública.

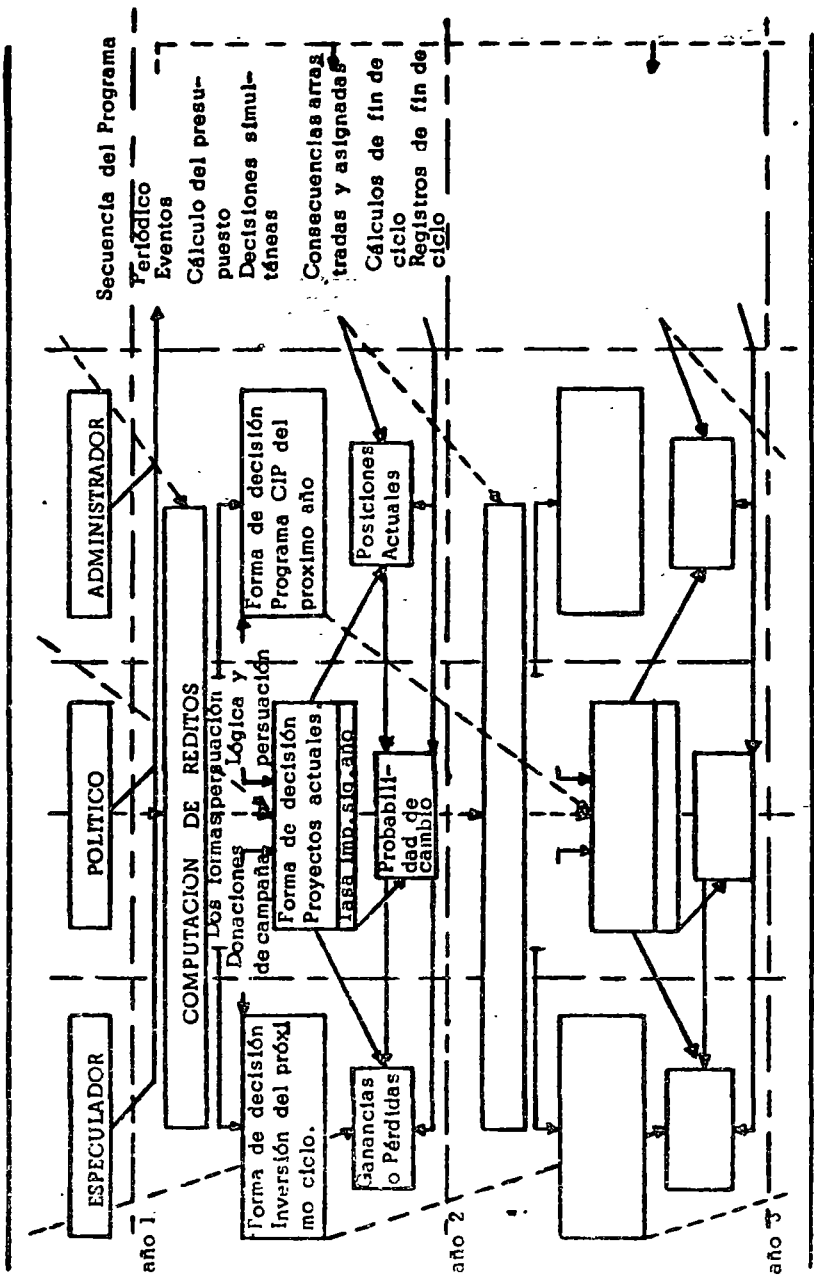


FIG. III.2. METROPOLIS ESQUEMATICO.

La mecánica del juego es tal que permite el funcionamiento de cada relación estática como se ilustra en la tabla III.2 (esto es, dos caminos de comunicación entre los tres papeles y dos caminos de influencia entre cada papel y el CIP).

TABLA III.1. VINCULOS DE INFLUENCIA EN METROPOLIS.

Jugador	elementos usados	decisiones requeridas	Jugadores		
			administrador influenciado por	Político influenciado por	especulador influenciado por
Administrador	Gaceta del ciudadano. Proyectos recomendados por los jefes de depto. Presupuesto anterior. Registro de proyectos terminados. Voto.	Programa de mejora de capital. Reditos proyectados. (proyectos por distrito)		Voto. CIP. Sanción por proyectos no logrados.	Voto; Infraestructura acumulativa.
Político.	Programa de mejora de capital. Forma de reditos. Probabilidades de distrito. Gaceta del ciudadano.	Gastos de proyectos. Tasa de impuestos.	Voto. Tasa de impuestos. Proyectos presupuestados.		Voto. Tasa de impuestos. Proyectos presupuestados por localidad.
Especulador.	Probabilidades de distrito. Gaceta del ciudadano. Bonificaciones extras. Voto.	Inversiones por distrito.	Voto. Listado de inversiones por distrito.	Voto. Listado inversiones por distrito. Contribuciones de campaña	

### III.3 Los roles jugados.

Dentro de la altamente abstracta comunidad del METROPOLIS, descrita anteriormente, los jugadores asumen uno de los siguientes papeles en el juego: Político, Administrador, o Especulador (o, en el juego operado a mano, el papel opcional de representante del consejo escolar para hacer decisiones anuales basados en el programa de mejoramiento de capital y la relación entre el CIP y el crecimiento y desarrollo de la comunidad. Como la comunidad simulada, los papeles son versiones altamente abstractas de su real equivalencia.

#### III. 3. a. Políticos.

El político es algo análogo al concejal real de una ciudad, elegido por un grupo específico de electores para formar parte del cuerpo legislativo de la ciudad.

Debería haber, en el METROPOLIS, tres Políticos, de tal forma que uno pueda representar cada uno de los distritos en la ciudad. La función primordial de los políticos es presupuestar proyectos de mejoramiento de capital, basándose en los Administradores y en las demandas de la población que se encuentran en el periódico, para saber que presupuesto acatar.

Aunque los políticos pueden establecer la tasa de impuestos para la ciudad, ellos deberían estar enterados de que ellos comparten las rentas públicas con el sistema de escuela, sobre el que ellos no ejercen control. Las escuelas inicialmente consumen aproximadamente un 63% de las rentas de la ciudad. De los fondos restantes, un porcentaje constante (88%) debe ser gastado en detrimento del sistema operativo de la ciudad, tal como policía e incendios, mantenimiento de trabajos públicos, y gastos administrativos generales. La cantidad de fondos discrecionales de la que los Políticos disponen para pagar por proyectos de

capital, es más bien pequeña y frecuentemente insuficiente para aceptar las demandas de la gente por servicios. Entonces el político tendrá que hacer juicios para saber qué demandas aceptar y cuáles ignorar. Una mirada general de la situación financiera que ha prevalecido durante la década pasada es mostrada en las tablas III.2 y III.3.

TABLA III.2. Impuesto y otros Réditos.

Año	Estado real del impuesto	Réditos Totales	Otros Réditos	Porcentaje de réditos fuera de impuestos
1960	\$ 4,290	\$ 10,160	\$ 5,870	57.8
1961	4,771	11,010	6,239	56.7
1962	5,527	12,408	6,881	55.5
1963	6,013	13,788	7,775	56.4
1964	7,240	14,949	7,709	51.6
1965	8,692	16,129	7,957	49.3
1966	8,692	17,164	8,472	49.4
1967	8,931	17,665	8,734	49.4
1968	10,374	18,848	8,474	45.0
1969	11,681	23,048	11,367	49.3
1970	11,959	23,263	11,304	48.6

TABLA III.3. VALOR DEL INGRESO Y TASA DE IMPUESTOS.

Años	Valor del ingreso en 000's			Tasa de impuesto/1000			
	Real	Total	% de incremento	Ciudad	Escuela	Total	% de incremento
1960	\$111,400	\$161,200		17.5	12.0	27.5	
1961	116,700	174,800	8.4	18.7	13.2	31.9	16.0
1962	122,200	189,900	8.6	18.7	12.9	31.6	- 1.0
1963	125,600	196,800	3.6	18.7	18.1	36.9	16.8
1964	128,900	202,800	3.0	18.7	21.5	40.2	8.9
1965	147,500	216,000	6.5	17.5	22.6	40.1	- 0.2
1966	157,100	232,900	7.8	18.5	19.6	38.1	- 5.0
1967	167,400	256,300	10.0	18.5	21.7	40.2	5.5
1968	170,900	262,600	2.5	18.5	24.4	42.9	6.7
1969	185,500	277,900	5.8	18.5	24.8	43.3	0.9
1970	196,000	283,600	2.1	18.5	28.5	47.0	8.6
1971	207,900	291,000	2.6	18.5	29.1	47.6	1.3

Los Políticos deben emitir también un voto por cada proyecto que aparezca en cada ciclo de la encuesta de la opinión pública. Algunos de estos proyectos requieren la instalación de capital de servicios. Si el voto de todos los puestos favorece a un proyecto, ese proyecto debe ser incluido en el presupuesto del siguiente año y así tantos años, como tome en construcción. (el número de años requerido para cada proyecto es encontrado en la lista de proyectos, Forma 14). Además esta obvia consecuencia del presupuesto del resultado de la encuesta de la Opinión Pública, los constituyentes de los Políticos responden el resultado, a menudo diferente de un distrito a otro. Cada Político puede subir o caer dependiendo del resultado del voto en cada proyecto. Los Políticos deben negociar entre ellos mismos de forma tal que obtengan una decisión conjunta en la encuesta de la Opinión Pública; ellos pueden también negociar con uno o

ambos de los otros dos representantes con el objeto de obtener los dos votos de tres, los cuales deciden finalmente un proyecto. (En versiones en la que el papel opcional del consejo escolar sea usado simplemente una mayoría de votos es requerida; en el caso de un empate, los Políticos del distrito que sea afectado por el proyecto determinarán el resultado).

Los Políticos tendrán que decidir sus propias metas y las medidas a tomar para evaluar el progreso hacia estas metas. Una meta obvia escogida por muchos es simplemente la reelección; medidas de éxito son los puntos acumulados hacia el total que aseguraría la reelección. De cualquier forma, otras metas son posibles. Por ejemplo, un Político puede desear "hacer derecho" indemnizando a los residentes del distrito I en situación desventajosa, de grandes gastos públicos. Un Político puede medir su éxito por el grado de influencia que ésta pueda ejercer sobre otros jugadores, que tan a menudo los resultados de la encuesta de la Opinión Pública refleja sus puntos de vista o cuánto dinero de la bolsa pública es gastado en su distrito. El puede tener metas no personales, tales como una rápida tasa de crecimiento para la ciudad o igualdad en los gastos públicos entre los tres distritos, o él puede tener casi completamente metas personales tales como permanecer en el oficio o influir en los otros jugadores. Los jugadores deberían formular alguna clase de metas para ellos mismos antes de que el juego sea empezado.

### III.3.b El Administrador.

El administrador tiene quizá el papel más difícil en el METROPOLIS. El no tiene poder para gastar dinero o para hacer política. Debe votar en la encuesta de



la Opinión Pública, como todos los demás lo hacen, pero su principal responsabilidad es de hacer recomendaciones de proyectos de mejoramiento de capital que el considere que el Político deba presupuestar en el siguiente ciclo. El trabaja un año adelante de los demás jugadores, tratando de estimar los réditos que en un futuro estarán disponibles y responder a necesidades que surgirán con el tiempo. El administrador es ayudado en su trabajo por la provisión de la "Edición bola de Cristal" del periódico (noticias locales un año por adelantado). Como el Político, el Administrador tendrá que hacer alguna clase de juicios de valor acerca de qué proyectos incluir en sus recomendaciones y cuales excluir, dado que es difícil que los réditos futuros serán suficientes para afrontar todas las nuevas necesidades.

Probablemente la parte más difícil de la tarea del Administrador (pero la más importante) es la estimación de los réditos para el siguiente año. Estos réditos dependen de un número de variables: la tasa futura de crecimiento de la población; la salud económica de la comunidad, medida por el ingreso per cápita; las decisiones de los Políticos sobre la tasa de impuesto que generará los réditos del siguiente año; y finalmente, los cambios que pueden ocurrir en rentas públicas impropias. Obviamente el problema es uno de gran incertidumbre. El aspecto del problema más susceptible de manipulación es la decisión de la tasa de impuesto, pero aún así, está fuera del control real del Administrador. Alguna ayuda en esta difícil tarea puede ser encontrada por el Administrador identificando tendencia en los réditos como se refleja en los cuadros de información, particularmente en el cuadro de información No. 8, mostrando los réditos, fondos discretos totales.

Además, una historia de tasas de impuestos y valores fijos, "La comunidad del METROPOLIS", se proporciona más adelante.

Las recompensas del Administrador en vida son menos tangibles que las del Político y el Especulador. Para indicar una vaga medida de su éxito, el Administrador está dando puestos para alguna de sus actividades y para algunos de los resultados del juego que caigan dentro de su campo de interés, aunque el único control que el tiene sobre éstos es su habilidad para persuadir a otros de tomar un curso "propio". El Administrador puede tratar de influenciar en los votos sobre la Opinión Pública para favorecer soluciones de alternativas que él sienta que son deseables. El puede tratar de influenciar en el establecimiento de los impuestos hecho por los Políticos para presupuestar los proyectos que él ha recomendado. Sus metas pueden ser similares a algunas de aquellas posibles para los Políticos o ellas pueden ser completamente diferentes. En cualquier evento, el jugador en el papel de Administrador se debe fomentar el definir algún conjunto de metas para él mismo antes de que el juego principie.

### III.3.c. El Especulador.

El especulador juega el papel de oportunista de tierras. El compra opciones sobre tierras, las cuales él espera o piensa que se apreciarán significativamente en valor. El siempre regresa a un estado puro de dinero en efectivo al final de cada año, ya que sus opciones son ya sea aceptar la tierra y venderla con una ganancia, o permitir que se olvide y la inversión se pierda. Sobre la base de un "mercado de tierra" simulado, la computadora completará la operación que el Especulador empieza con su inversión inicial en opciones. Cada opción es comprada al 10% del valor real de la tierra.

Al gastar su dinero para comprar opciones, el Especulador tendrá que decidir en cual de los tres distritos la inversión parece ser la mejor, haciendo un ojo clínico sobre los proyectos en la encuesta de la Opinión Pública, la cual tiene mayor influencia en las ganancias sobre la tierra. El tratará de influenciar el voto de los otros papeles tal que la encuesta sea favorable a sus intereses; fracasando al llevar a cabo esto, el pueda al menos tratar de estudiar como fué el voto de forma que evite la pérdida de la inversión. Además de decidir dónde (en qué distrito) invertir, el Especulador debe ampliar sus inversiones ya sea en la categoría del uso de tierra residencial, comercial o industria; entonces, habrá nueve categorías de posibles inversiones de las que él puede elegir. La alternativa de que uso de tierra escoger es gobernada entera y exclusivamente por un pequeño juego de azar. Las únicas variables que vienen en el juego son las representadas en la Tabla III.4.

TABLA III.4. BONIFICACIONES DEL ESPECULADOR.

Uso de tierra	porcentaje de pago	Probabilidad	Suma requerida en los dados
Residencial	10%	12/18	5,6,7,8,9
Comercial	20%	5/18	3,4,10,11
Industrial	50%	1/18	2,12

Entonces, si el Especulador selecciona una propiedad residencial en un distrito dado, él puede esperar un pago de dos de tres veces (ciclos), pero solamente ascenderá al 10% del bono. Recíprocamente, la inversión en la industria redituará un pago mucho más atractivo, pero raramente ocurre. Este pago es siempre positivo o nulo, nunca negativo; ello representa en una forma cruda los bonos a menudo obtenidos por el Especulador en unión con una venta lucrativa poco usual. El Especulador puede, evidentemente, ampliar su inversión igualmente entre todos los nueve usos de tierra en los tres distritos si así lo prefiere; pero obviamente esto no será lo mejor.

El especulador tiene una opción adicional que no la tienen los demás jugadores esto es, dar contribuciones a las campañas de los Políticos. Estas contribuciones deben ser en incrementos de \$5,000 cada una, tales contribuciones suman un punto a las oportunidades de reelección del político (en el juego a mano, pueden ser asignadas a un político particular).

Las ganancias y la tasa de incremento de lo que éste gana son medidas obvias del éxito del Especulador como el papel ha sido definido para él. Sin embargo, los jugadores individuales en este papel, como en los otros, pueden encontrar otras medidas de satisfacción.

El "golpe" del político representado por las decisiones de influencia o al asegurar la reelección de un político "buen tipo" es estimado por algunos jugadores.

Los jugadores del papel del especulador pueden diseñar estados finales deseados diferentes a la acumulación de riquezas.

### III.3.d Consejo Escolar.

A menudo, durante el juego del METROPOLIS en la versión de tres jugadores, los jugadores con mayor conocimiento optan por la asignación arbitraria del dinero de impuestos para la educación Consejo Escolar. Ellos argumentan, correctamente que la localización de las escuelas en una comunidad creciente afecta fuertemente las decisiones tanto de los Administradores y Políticos, como las de los urbanizadores. Aunque los consejos escolares son tradicionalmente autónomas, su introducción, aún en forma muy abstracta, a menudo mejora la dinámica del juego.

La función del consejo escolar está limitada a dos cosas: aumentar los fondos y estimar las necesidades de la escuela para el siguiente año. Los fondos para mejoras de capital se aumentan a través de la emisión de bonos en la encuesta de la opinión Pública. El consejo escolar debe trabajar con los demás grupos fuertes para asegurar su mantenimiento. La estimación de las necesidades de la escuela está basada en el crecimiento de la población y estimas de los costos futuros per cápita para la educación. El papel del consejo escolar está mucho más simplificado que su equivalente en el mundo real; sin embargo, este agrega complejidad y realismo al juego. Las decisiones del consejo escolar afectan a todos los papeles en forma directa o indirecta. Sus gastos se disputan del dinero disponible de la ciudad para mejoras de capital.

Los materiales disponibles para los jugadores del consejo escolar incluyen: un diagrama mostrando las relaciones con los demás papeles (diagrama de interacción funcional - multipapeles, fig. III.3), una historia de los gastos de la escuela en la ciudad (Tabla III.5); una gráfica mostrando los gastos per cápita

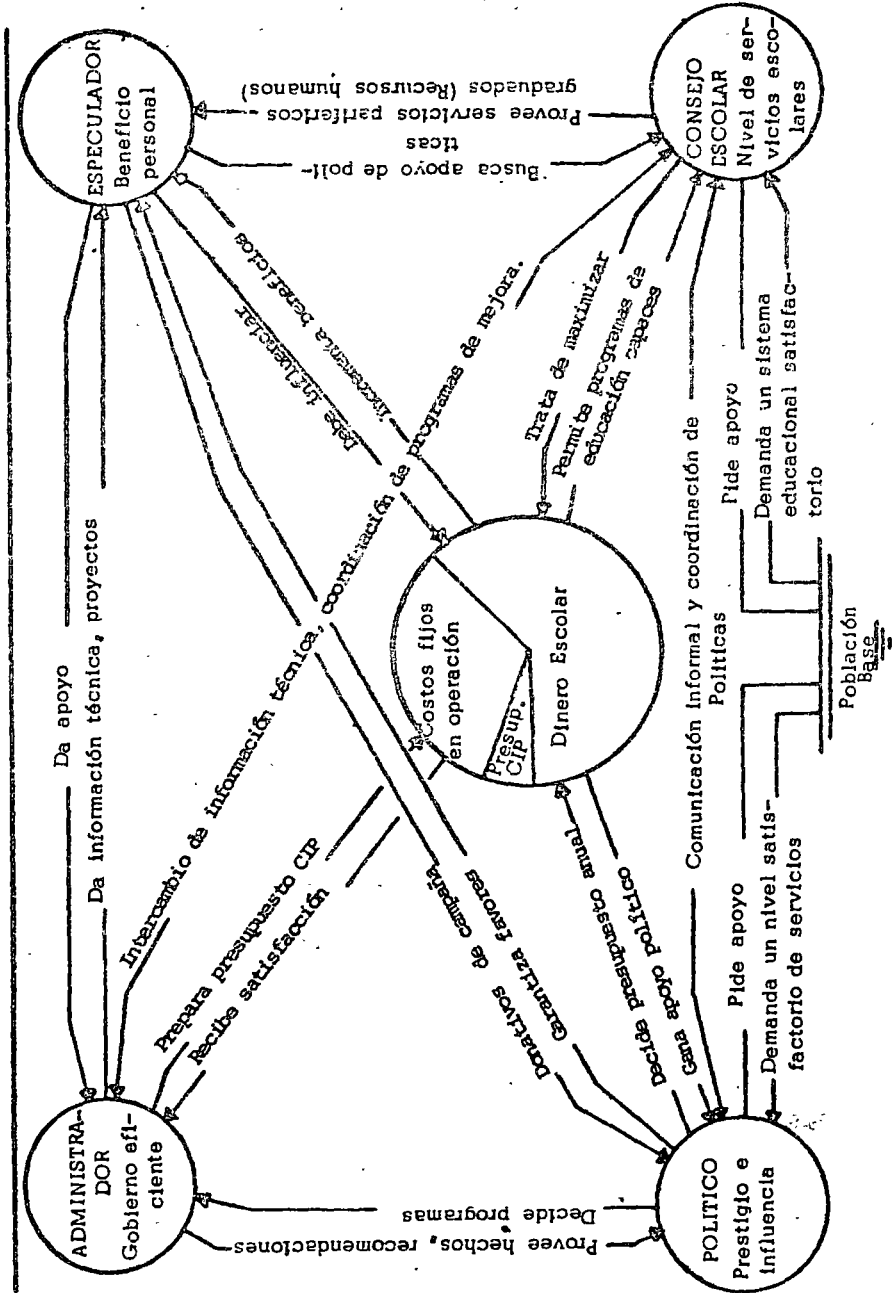


FIG. III.3. Diagrama de Interacción funcional. (Multitrol).

proyectados (tabla III.6); y finalmente, un cuadro de información titulado "Emisión de Bonos de la Encuesta de la Opinión Pública" la cual indica las mayores mejoras ya programadas (cuadro de información II). Este cuadro de información final, también sirve como un registro de los avalúos especiales totales para un año dado. Las recompensas para el consejo escolar son el resultado de la acción favorable tomada sobre las ediciones de la encuesta de la Opinión Pública, las cuales son usualmente bonos para financiar las mejoras del capital. Las sanciones son el resultado de la carestía de habilidad para estimar la población y el porcentaje de fondos disponibles necesarios para mantener a las escuelas.

TABLA III. GASTOS ESCOLARES EN METROPOLIS.

Año	Población 000's	Réditos escolares 000's	Costo es- colar per cápita	Costo por niño es- colar (*)	% de rédi- tos de la ciudad
1960	165	\$ 3,982	\$ 24.0	\$ 130.0	39.2
1961	169	4,434	26.2	144.0	40.5
1962	173	4,963	28.6	155.5	40.0
1963	177	5,492	31.0	168.3	39.8
1964	180	6,652	37.0	201.3	44.5
1965	185	7,666	41.4	225.0	47.5
1966	190	8,807	46.4	250.4	51.4
1967	195	9,474	48.6	264.0	53.8
1968	200	10,105	50.5	278.6	54.6
1969	205	12,475	61.0	332.0	54.2
1970	210	13,656	60.2	353.0	62.0
1971	215	15,239	66.2	385.0	62.3

(\*) La relación promedio de niños escolares a población total se considera 18.4%.

Una sanción por un demastado rápido crecimiento es cargada contra la comunidad a través del mecanismo de un extra porcentaje siendo agregado a los "fondos disponibles" para escuelas, para compensar por el desembolso del capital agregado necesitado en tiempo de un crecimiento rápido. Esto es logrado a través de un factor de expansión que es el crecimiento de la población dividido por cinco mil. Si el factor es menor que uno, es ignorado. Si es uno o más, es agregado al porcentaje preestablecido como la cuota del impuesto total que se acumula para las escuelas.

El papel del representante del consejo escolar se asemeja al de un miembro elegido de la misma. Los asuntos que le atañen al educador, son mantener y cuando sea posible, ascender la calidad de su sistema de jurisdicción particular y mantenerse en el ejercicio del mismo.

TABLA III.6. GASTOS ESCOLARES PROYECTADOS. (Estimación Nacional per Cápita).

Año	Costo
1970	\$ 360
1971	420
1972	460
1973	490
1974	520
1975	550
1976	600
1977	650
1978	710
1979	780
1980	850

Estimados por la agencia federal de educación de futuros gastos escolares públicos.

NOTA: Historicamente, los gastos escolares per cápita de METROPOLIS han igualado, o excedido, el promedio nacional.

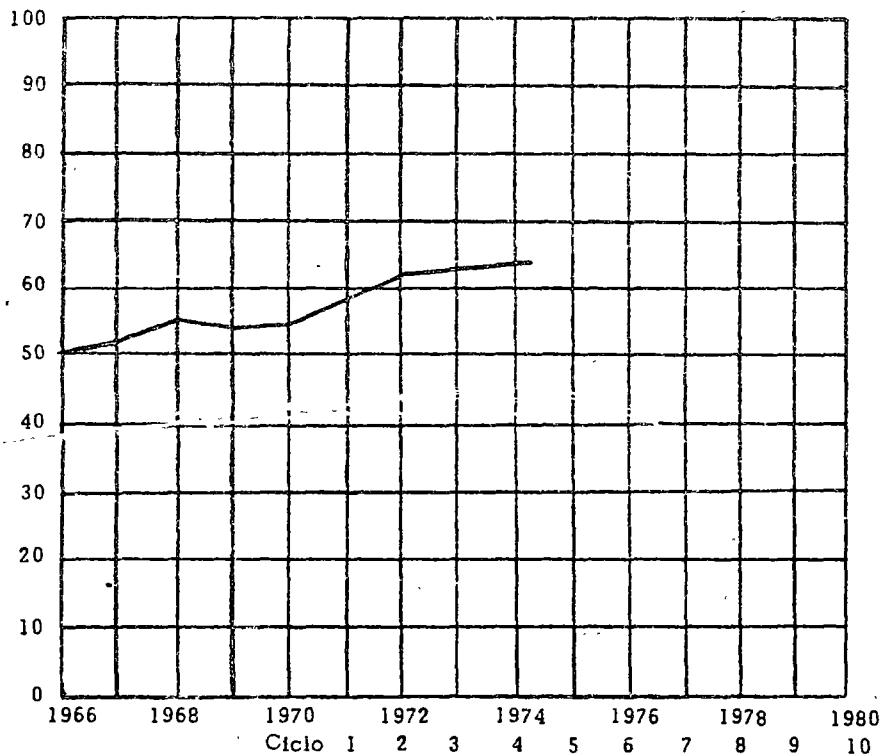


FIG. III.4. Gastos del Consejo Escolar. (Como porcentaje de los réditos totales de METROPOLIS).

Para lograr sus objetivos, el educador debe estar enterado de las restricciones financieras existentes y, por lo tanto, estudiar los cálculos de los réditos proyectados para la ciudad y estar alerta de las oportunidades para incrementar las cuotas de la escuela del presupuesto urbano total.

El indicador más importante del que el educador debe enterarse en el "Índice de crecimiento" el cual puede utilizarse en los cálculos futuros de la edad de la población escolar (para ponerse cada ciclo en el cuadro de información 1)

#### III.4 Información Inicial.

Al principio del juego, los jugadores reciben información general la cual los ayuda a entender la comunidad como un todo así como también su papel específico en ella.

##### (1) Lista de Proyectos (Forma 14)

La lista de proyectos es de un gran valor para todos los jugadores; ésta da los números de identificación, la descripción, el distrito a ser afectado, el costo y el número de años para completar la construcción y operación para todos los proyectos que los jugadores pueden iniciar en el METROPOLIS. (La lista de proyectos está en el apéndice A. Ocasionalmente, un jugador puede desear un proyecto no encontrado en la lista, en cuyo caso el operador pueda decidir agregarlo a la lista de proyectos. Tales modificaciones, sin embargo, dependen de las restricciones de tiempo durante la operación del juego)



Jugador	Administrador	Político	Especulador
Evento 1-1	Nueva casa del ayuntamiento (Proyecto 501, localización distrito 1, I-110). Esta eficientemente planeada nueva estructura como parte integral del proyecto de renovación de la CBU. La actual casa del ayuntamiento tiene aproximadamente 100 años. Las oficinas están dispersadas en viejos edificios en el área central.		Alternativas 1. Construcción apoyada (proyecto 501) 2. Posponer y reconsiderar. 3. Oponerse a la construcción.
Evento 1-2	Comisión de derechos civiles. Líderes negros, apoyados por la comunidad de la Universidad que ha ayudado en varias demostraciones, pretendiendo la formación de una comisión efectiva para asegurar una casa de prácticas, igual que un empleo y un tratamiento adecuado de la policía.		Alternativas 1. Formación de la comisión. 2. Posponer y reconsiderar. 3. Ningún comentario. Prefiere evitar elemento.
Evento 1-3	Carreteras interestatales El departamento estatal de caminos desea format aprobación de una ruta conectora interestatal planeada para Metrópolis.  (Localización K-100-160)		Alternativas 1. Fomentar rutas 2. Posponer y reconsiderar. 3. Oponerse a la ruta.

- 16 -

FIGURA III.7.

Encabezado de

02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Ciclo 2 Equipo 1 Demostración para el Operador potencial de METROPOLIS

\*\*\* Noticias Locales \*\*\*

Distrito 1

Mejoras al Centro Cívico declaradas urgentes - Urge convención para expansión de servicios (Loc. J-110, proyecto no. 402).  
La cámara de comercio demanda sistemas de calles mejorados (Loc. J-140, proyecto no. 401.)  
Parque de servicios destruido por el fuego - se pide reemplazo inmediato (Loc. K-120, proyecto no. 124)

Distrito 2

Problemas de drenaje inoportunos a los propietarios - El drenaje en bruto fluye en las cunetas. (Loc. Q-70,140 proyecto no. 256.)  
Los residentes del Norte demandan un parque. (loc. D-105, proyecto no. 231).

Distrito 3

Padres molestos piden banquetas después de que tres niños han sido heridos.  
El desarrollo de "estados contemporáneos" detenido por falta de drenaje.  
Estado Lakeview, el último sitio disponible del lago principal, ofrecido a la ciudad a generoso precio.

Edición Bola de Cristal Especial para el Administrador.

(Loc. I-220, proyecto no. 381)  
(Loc. FJ-65, proyecto no. 368)  
(Loc. F-270, proyecto no. 366)

FIGURA III.6.

- 06 -

Ciclo 1  
Equipo 1

METROPOLIS CICLO 1 - Demostración con decisiones Propuestas.

Resultados de la encuesta de la opinión pública.

Ciclo. Evento. Acción...	Acción... del proyecto...	Local	Años...	Comentarios...	Sanctón o Premio	Político	Distrito			
								(a) Localización	(b) Costo	(c)
1	1	Aprobado	I-110	420000.	6	Nueva casa del ayuntamiento	5	0	1	1
1	2	Rechazado	ninguno	0.	0	Comisión de derechos civiles.	0	-2	1	-1
1	3	Aprobado	K-100,160	0.	0	Ruta de Consejo Interestatal.	5	-2	1	1

(f) Indices de crecimiento calculado = 1

(g) Indices de crecimiento, siguientes 5 años 2 1 2 1 1

FIGURA IV.1.

CAPITULO IV

JUGANDO METROPOLIS

IV.1 Ciclo 1 (Descripción de los resultados).

Los resultados dados a los jugadores cada ciclo describen los resultados de las decisiones hechas por ellos en el ciclo anterior. Estos resultados están reservados específicamente para un papel dado; otra información disponible para los jugadores es más general, pues describe el estado actual de la comunidad.

IV.1.a Resultados de la encuesta de la opinión pública.

En esta primera hoja de resultados (fig. IV.1) se dan los resultados de los votos sobre la encuesta de la opinión pública del último ciclo jugado. Los resultados de cada evento se determinan por dos de los tres votos de los papeles representados en el juego. Si cada rol vota por una alternativa diferente, el evento se pospone automáticamente. Una votación que aprueba un proyecto fuerza a éste a formar parte del presupuesto del ciclo siguiente al cual el presupuesto fué aprobado (esto es, un evento aprobado en el ciclo 1 entrará en el presupuesto del ciclo 2). Para cada evento presentado, se proporcionan los siguientes datos:

a) Localización del proyecto: Las coordenadas con las que se localiza el proyecto requerido sobre el mapa. Más de dos coordenadas operando indican que el proyecto es lineal, extendiéndose entre dos puntos sobre una línea. Por ejemplo, la nueva casa del ayuntamiento se localiza en I-110; la ruta conectora interestatal está localizada a lo largo de la coordenada K, extendiéndose de la coordenada 100 a la 160.



- b) Costo local: Se refiere al costo total del proyecto, el cual debe financiarse de los fondos locales. Si no aparece un valor aquí, el proyecto será financiado de las fuentes estatales y federales, no requiriendo contribución local. Un ejemplo de esto es la ruta conectora interestatal.
- c) Años: Indican el número de años que un proyecto financiado localmente debe ser llevado en el presupuesto. El costo total dividido entre los años indica el pago anual que debe hacerse. Por ejemplo, la nueva casa del ayuntamiento se construirá en seis años, por lo que el costo anual es \$70,000.
- d) Premios o sanciones del administrador: Indican la visión de los administradores hacia los resultados de los votos del evento. Por ejemplo, la nueva casa del ayuntamiento y las supercarreteras se consideran como "cosas buenas", mientras que la formación de comisiones de los derechos civiles no es visto como parte de la responsabilidad del administrador y es por lo tanto valuado más bajo por las sociedades profesionales.
- e) Premios o sanciones de los políticos: Indican la visualización de cada distrito frente a los resultados del evento. Ya que las características de población varía de distrito a distrito, los distintos políticos pasarán diferentemente sobre los resultados de los distintos eventos. Por ejemplo, la imagen de la ciudad es importante para los residentes de los distritos 2 y 3 de tal forma que la nueva casa del ayuntamiento es vista favorablemente por ellos; esto no ayuda ni afecta a los residentes del distrito 1, quienes, por lo tanto, no tienen reacción.

La ruta conectora, por otro lado, suprime una gran cantidad de alojamientos baratos en el distrito 1, ayuda a los viajeros en el distrito 3 y proporciona trabajos de construcción a los habitantes del distrito 2, resultando diferentes reacciones a los resultados de los diferentes distritos.

Tanto para los administradores como para los políticos, el voto individual no da lugar a premios o sanciones, sino el voto del resultado del evento. Los puntos de premios o sanciones del administrador varían de + 10 a - 10, mientras que los del político varían de + 2 a -2. Los del especulador varían de -5 a + 30.

- f) Índice de crecimiento calculado: Se refiere al porcentaje de crecimiento de la población que ha ocurrido durante el ciclo inmediato anterior.
- g) Índice de crecimiento para los próximos cinco ciclos: Son tasas estimadas de crecimiento de la población, en porcentaje, para los siguientes cinco años, basados en patrón de decisión representado por las decisiones del evento. Algunas decisiones inducen al crecimiento, como los programas de construcción, mientras que otras pueden retardar el crecimiento, como el rechazo de oportunidades industriales.
- El crecimiento estimado de la población para el siguiente ciclo es particularmente útil para el administrador, quien busca estimar ingresos futuros, y para el representante del consejo escolar, quien lo utiliza para determinar tamaños futuros de la población escolar.

METROPOLIS CICLO 1 - Demostración con decisiones preparadas.  
P O L I T I C O S

(1) Presupuestos de mejora de capital del conserjero de la ciudad.

Los siguientes proyectos han sido aprobados para este año.

Proyecto No.....	Districto.....	Localización.....	Presupuesto.....	Descripción.....	duración.....	Años de	Costo por
			Categoría de		Años de		
			Presupuestados solo para este año.		Costo por		
111	1	H-120	1	Calle	Mejora de puente	1	\$ 200000.
106	1	GL-120	1	Servicios	Alcantarillado sanitario	1	\$ 200000.
245	2	LP-140	1	Servicios	Alcantarillado de temporal	1	\$ 200000.
248	2	M-120	1	Recreación	Parques, recreación	1	\$ 150000.
376	3	HO-100	1	Calle	Vía pública secundaria	1	\$ 50000.
388	3	K-80	1	Recreación	Parques, recreación	1	\$ 40000.
371	3	H-85	1	Recreación	Parques, recreación	1	\$ 40000.
385	3	J-90	1	Recreación	Parques, recreación	1	\$ 40000.
TOTAL							\$ 920000.

(2) Proyectos a largo plazo presupuestados

403	2	P-80	3	Calle	Calle locales	3	\$ 150000.
501	1	L-110	6	Diversos	Nueva casa del Ayunt.	6	\$ 70000.
TOTAL							\$ 220000.

Total CIP presupuesto de este año

\$1140000.

(3) Proyectos recomendados no presupuestados por el político.

126	1	K-130	1	Diversos	Protección para fuego	1	\$ 20000.
373	3	II-210	1	Calle	Calle locales	1	\$ 50000.
382	3	J-20,60	1	Servicios	Alcantarillado Sanitario	1	\$ 250000.
365	3	I-290	1	Recreación	Parques, recreación	1	\$ 40000.
TOTAL							\$ 310000.

IV.1.b. Resultados para cada papel.

a) Políticos (Figura IV.2).

- Presupuestos de mejora de capital del conserjero de la ciudad: La primera tabla recibida por los políticos lista los proyectos para un año que fueron presupuestados por ellos, dando el número del proyecto, localización en el mapa del mismo, la categoría del presupuesto, el título del proyecto y el costo anual.
- Presupuesto para proyectos a largo plazo: la siguiente tabla recibida por los políticos lista los proyectos a largo plazo llevados en el presupuesto. El total de los costos anuales del proyecto se encuentra en el total del presupuesto CIP de este año. Los proyectos que se encuentran en la segunda tabla automáticamente serán llevados en el presupuesto los años que indica la columna "años de duración" los políticos pueden calcular cuantos años tendrán que llevar un proyecto restando 1 de los años de duración. Los administradores pueden calcular cuantos años más deben tener cuidado en considerar cada proyecto a largo plazo en sus recomendaciones, esto lo hacen restando dos de los años de duración.
- Proyectos recomendados no presupuestados por los políticos: Listan todos los proyectos que aparecieron en las recomendaciones del administrador del ciclo anterior (en el ciclo 1, por ejemplo, recomendaciones hechas en el ciclo cero para ser presupuestadas en el ciclo 1), pero las cuales no pueden aparecer en las dos tablas anteriores. Los políticos pueden presupuestar cualquier proyecto que escojan y no necesitan del consejo del administrador. Sin embargo, ya que los electores deben saber lo que se ha recomendado, alguno puede responder desfavorablemente a las recomendaciones, lo cual

(4) Inventario de Gastos

	Districto 1	Districto 2	Districto 3	Total Districtos
Calles	200000.	150000.	50000.	400000.
Servicios	200000.	200000.	0.	400000.
Recreación	0.	150000.	120000.	270000.
Diversos	70000.	0.	0.	70000.
<b>T O T A L E S</b>	<b>470000.</b>	<b>500000.</b>	<b>170000.</b>	<b>1140000.</b>

(5) Tasa de impuesto para el siguiente ciclo 48.8 milésimas de dólar.

(6) Fondos no gastados de este año más interés \$ 62400. Han sido añadidos al ciclo 2.

(7) Puntos de Premio o Sanción.

	Districto 1	Districto 2	Districto 3
Posición de los políticos, fin de ciclo 0	5	2	6
(8) Encuesta de la opinión pública	-4	3	1
(9) Proyectos recomendados ignorados	0	0	-1
(10) Desigualdades de Presupuesto	0	1	-2
(11) Impuestos	0	0	0
(12) Contribuciones de campaña	0	0	0
Posición de los políticos, fin de ciclo 1	1	6	4

FIGURA IV.3.

tendría un impacto adverso en la posición de reelección de los políticos.

4. Programa de gastos (fig. IV.3); Cubre el presupuesto total CIP de acuerdo con el distrito y la categoría del presupuesto en que se encuentren los proyectos. Nótese que en el ciclo 1 se gastaron \$470,000 en el distrito 1, \$500,000 en el distrito 2 y sólo \$170,000 en el distrito 3. Estas desigualdades pueden tener un efecto adverso sobre el político cuyo distrito es menos favorecido a un positivo efecto sobre el político cuyo distrito fué más favorecido.
5. Tasa de impuestos para el siguiente ciclo: Mostrará cualquier cambio hecho por el político y se aplica al valor fijado para generar ingresos de impuestos para el siguiente ciclo.
6. Fondos no gastados de este año: Estos fondos son añadidos al dinero disponible para gastar el año siguiente. Inversamente, los déficits son restados del dinero disponible para el año siguiente.
7. Puntos de premio o sanción: Indican la oportunidad de reelección de los tres políticos. Los puntos individuales para un político no deben ser más de seis (aunque actividades particulares pueden ganar más de esto) y no pueden ser menos de cero, pues la elección se basa en el tiro de un dado.
8. Encuesta de la opinión pública: Suma los puntos en pro o en contra de los resultados del evento reportados en la primera página.
9. Proyectos recomendados ignorados: Solo pueden ser negativos; reflejan el fracaso de los políticos para presupuestar proyectos que los electores de los distritos esperaban que se llevaran a cabo.

- (1) Posición del administrador al final del ciclo precedente = 20  
 (2) Puntos de Premio = 6  
 (3) Sanción por exceso o falta de gastos = 10  
 (4) Puntos de la encuesta de la opinión pública = 10  
 Posición actual del administrador = 26  
 (5) Proyectos recomendados por el administrador para el año siguiente.

Proyecto No...	Distrito...	Localización.....	Presupuesto.....	Descripción.....	Años de duración.....	Costo por año
124	1	K-120		Recreación	1	\$ 20000.
231	2	D-105		Recreación	1	\$ 100000.
368	3	FJ-65		Servicios	1	\$ 100000.
366	3	F-270		Recreación	1	\$ 50000.
401	1	I-140		Calles	3	\$ 150000.
402	1	I-110		Diversos	4	\$ 50000.
403	2	P-80		Calles	2	\$ 150000.
501	1	I-110		Diversos	5	\$ 70000.
508	1	F-20		Servicios	6	\$ 200000. p/dist.
				Presupuesto CIP recomendado para el año siguiente		\$1290000.

Categoría de	(6) Inventario de lo presupuestado		
	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
TOTALES	490000.	450000.	350000.
Calles	150000.	150000.	0.
Servicios	200000.	200000.	300000.
Recreación	200000.	100000.	700000.
Diversos	120000.	0.	170000.
TOTALES	490000.	450000.	1290000.

FIGURA IV.4.

10. Presupuestos desiguales: Pueden resultar tanto en puntos positivos como negativos. Se deben a gastos desbalanceados en los distritos.
11. Impuestos: Pueden ser cambiados por pequeñas cantidades (milésimos de dólar o menos) que no tengan efecto sobre la posición del político. Grandes incrementos en los impuestos pueden resultar en puntos negativos.
12. Contribuciones de campaña: Hechas por el especulador en incrementos de \$5,000, aumenta puntos al político clasificado más bajo: un punto por toda contribución de \$5,000. Ya que el número máximo de puntos que puede tener un político es 6, el especulador puede asegurar la reelección de los tres políticos contribuyendo con \$90,000, pero la realidad económica hace esto muy difícil.
- b) Administradores (fig. IV.4): El administrador debe familiarizarse con los resultados mostrados en las páginas siguientes, así como de las notas explicatorias aquí dadas.
1. Posición del Administrador: Difiere de la posición del político en que, teóricamente, no existe un límite superior en el número de puntos que puede tener, aunque en una corrida estandar de seis o siete ciclos no es usual que su posición exceda setenta puntos.
  2. Puntos de premio: Reflejan el éxito del administrador en tener en el presupuesto del político los proyectos que ha recomendado para el último ciclo. Alguna correspondencia (\$500,000) es segura e inevitable. Detras de esto, cada \$100,000 logrados merece un punto de premio.

3. Sanciones por falta o exceso de gastos: Solo pueden ser negativos y reflejan una significativa disparidad entre las recomendaciones del administrador y la cantidad de dinero que tiene disponible el político para gastar en proyectos en el momento en que las recomendaciones están siendo consideradas en el presupuesto. Cada punto de error es un punto de premio negativo. La subestimación de réditos disponibles es un error tan grave como la sobre estimación, ya que en ambos casos las recomendaciones del administrador no son la guía adecuada para los políticos. Siempre habrá un ciclo de retraso al estimar esta sanción. Por ejemplo, si las recomendaciones para el ciclo 2 son bastante mayores o menores que los fondos disponibles al final del ciclo 1, la sanción será puesta en los resultados del ciclo 2, cuando los réditos son calculados, aun cuando el error fué cometido actualmente en la estimación del administrador del ciclo 1.
4. Puntos de la encuesta de la opinión pública: Como para cada político, se suman de la primera página de resultados.
5. Proyectos recomendados por el administrador para el siguiente año (Figura IV. 4): Muestra las decisiones (proyectos) del administrador para que el político los considere en su presupuesto siguiente. El total de los costos anuales de esos proyectos se comparará con los fondos disponibles al calcular las sanciones por sobre o subestimación que serán estimadas el próximo ciclo. Estas recomendaciones del administrador son de particular importancia para el político en la visualización del ciclo siguiente.

6. Descripción de lo presupuestado: Hace lo mismo para los proyectos recomendados que el programa de gastos para los proyectos presupuestados actualmente.
- c) Especuladores (fig. IV. 5): El especulador debe familiarizarse con los resultados generales descritos antes, así como de sus propios resultados, descritos a continuación:
1. Factores de crecimiento del especulador: Resumen los réditos de las inversiones del especulador del ciclo precedente. Estos deben ser estimados por el especulador para el ciclo siguiente al tomar sus decisiones. Los factores se muestran para las nuevas posibles categorías de inversión: residencial, comercial e industrial, para cada uno de los tres distritos.
  2. Encuesta de la opinión pública: Igual que los políticos y los administradores, el especulador puede ganar o perder, dependiendo del resultado de la encuesta de la opinión pública. Cualquier decisión de la encuesta que tienda a tener un impacto positivo sobre el valor del terreno, resultará en un incremento positivo de los réditos de las inversiones del especulador. Por otro lado, las decisiones de la encuesta que tiendan a hacer un mercado tambaleante, tal como una recesión, puede tener un impacto negativo. La encuesta de la opinión pública tiene el mayor impacto sobre las ganancias y es el factor simple que está, en cierto grado, dentro del control del administrador. El especulador debe estimar el impacto de cada evento sobre su probabilidad de réditos y puede tratar de enterarse de cómo fué la votación antes de hacer sus decisiones de inversión. La encuesta de la opinión pública afecta las inversiones del especulador únicamente en el ciclo en que la decisión del evento fué hecha.

3. Tiro de Dados: Es un carácter de azar introducido en el cuadro de beneficios del especulador, que refleja la incertidumbre del mercado de bienes raíces. Las oportunidades de atinar al tirar los dados son 12 a 18 para tierra residencia, 5 de 18 para tierra comercial y 1 de 18 para tierra industrial. Las ganancias conseguidas al azar están en orden inverso: 10% para tierra residencial, 20% para tierra comercial y 50% para tierra industrial. El tiro de los dados es siempre positivo o cero, nunca es un valor negativo.
4. Localización del presupuesto: Muestra el porcentaje de incremento (1% a 7%) en los precios de la tierra para cada distrito que resulta de las mejoras públicas. Este factor cuenta para una porción menor de los réditos del especulador, usualmente cerca de la mitad de su 10% desembolso inicial para compras opcionales.
5. Totales de 1, 2 y 3 anteriores.
6. Inversiones del ciclo actual: Recapitula las decisiones del administrador sobre inversiones en cada una de las nueve posibles categorías de inversión.
7. Réditos: Es el pago del especulador, en cada categoría de inversión; por ejemplo, inversiones residenciales de \$5,000 reditúa un pago del 34.7%.
8. Valor neto al final del ciclo 0: Es un dinero en efectivo persistente que representa el total de efectivo de que dispone el especulador para gastar en el ciclo 1.
9. Cantidad invertida este ciclo (ciclo 1): Es la suma de las inversiones en las nueve posibles categorías de inversión. (Figura IV.5, Inversión 6).

Ciclo 1  
Ejemplo 1

METROPOLIS CICLO 1 - Demostración con decisiones propuestas

Posición de los Especuladores

(1) Factores de crecimiento del Especulador.

Distrito	1			2			3		
	res	com	Ind	res	com	Ind	res	com	Ind
(2) Inyección	0.200	0.200	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(3) Tiro de dados	0.100	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000	0.100	0.000	0.000
(4) Localización del proyecto	0.047	0.047	0.047	0.050	0.050	0.050	0.017	0.017	0.017
(5) Total	347								

(6) Inversiones del ciclo actual

Total de Inversiones previas.

Distrito	Residencial...Comercial...Industrial...Total			Distrito...Residencial...Comercial...Industrial...Total		
	1	2	3	1	2	3
1	5000.	5000.	15000.	0.	0.	0.
2	10000.	0.	5000.	0.	0.	0.
3	5000.	10000.	0.	0.	0.	0.
Total	20000.	15000.	15000.	0.	0.	0.

- (8) Valor neto al final del ciclo. 0 \$ 50000.
- (9) Cantidad invertida este ciclo \$ 45000.
- (10) Contribución a políticos \$ 0.
- (11) Efectivo en reserva \$ 5000.
- (12) 4% de Intereses sobre el efectivo en reserva \$ 200.
- (13) Rédito de la inversión \$ 67099.
- (14) Valor neto al final del ciclo. \$ 72299.

FIGURA IV.5.

MLL: FUNDOS CICLO 1 - Demosntración con diferentes propuestas.  
 Acumulaciones de Infraestructura de Metropolis.

Incremento acumulativo de proyectos programados.

Ciclo.....	Factor.....	Districto 2.....	Factor.....	Districto 3.....	Factor
1	470000.	4,700.	500000.	5,000.	170000.
					1,700.

REDITOS PARA EL CICLO 2

(a) La población de Metropolis creció a		214200.	
(b) Valor estimado per cápita. =		\$ 1350.	
(c) Valor estimado total de Metropolis.		\$ 289170048.	
(d) Tasa de impuestos en millésimas de dólar.		48.8	
(e) Ingreso total de la ciudad por impuestos de la propiedad.		\$ 14111494.	
(f) + Réditos fuera de impuesto.		\$ 14111494.	
(g) = Ingreso total de la ciudad.		\$ 28222988.	
(h) - Ingreso asignado a escuelas.		\$ 17808704.	
(i) = Ingreso neto de la ciudad.		\$ 10414286.	
(j) Fondos discrecionales totales.		\$ 1249713.	
+ Fondos no gastados del ciclo 1.		\$ 62400.	
= Fondos discrecionales netos.		\$ 1312113.	
(u) - Fondos comprometidos para proyectos a largo plazo.		\$ 220000.	
(p) = Fondos disponibles para nuevos proyectos.		1092113.	

Asignación de Fondos Discrecionales

Categoría de Presupuesto	Fondos disc. netos	Incomentados para largo plazo.	Fondos disc. disponibles.
(k) Calles	\$ 262422.	\$ 150000.	\$ 112422.
(l) Servicios	\$ 394634.	0.	\$ 394634.
(m) Recreación	\$ 131211.	0.	\$ 131211.
(n) Diversos	\$ 524845.	700000.	\$ 444845.
TOTAL.	\$ 1,312,112		

FIGURA IV. 6.

10. Contribución para los políticos: Muestra el total de las contribuciones de campaña en incrementos de \$5,000.
11. Reserva en efectivo: Es lo que sobre del valor neto después de inversiones y contribuciones de campaña. Puede ser negativo si el especulador elige pedir un préstamo para gastar más dinero del que tiene (cuesta un 20% por año); limitado en cantidad por la decisión del operador.
12. Porcentaje de interés sobre la reserva en efectivo: El interés sobre la reserva en efectivo es el 4%.
13. Réditos de inversiones: Se calcula para cada categoría de inversión sumando los factores de crecimiento pertenecientes a la categoría, multiplicando el total por 10 y multiplicando este nuevo total por la inversión en dicha categoría. Por ejemplo, para una tierra residencial en el distrito 1, en el ciclo 1,  $0.347 \times 10 \times \$5,000 =$  rédito sobre la inversión en tierra residencial del distrito 1. Cuando se ha hecho esto para las nueve categorías, se suman los resultados para obtener el total de los réditos sobre inversiones.
14. Valor neto al final del ciclo 1: Es la cantidad de efectivo que tiene el especulador para jugar en el ciclo 2.  $(11 + 12 + 13 = \$72,299)$ . En los resultados del ciclo 2, esta figura aparece en lugar del valor neto al final del ciclo 0.

d) Acumulación de Infraestructura (fig.IV.6): Esta figura muestra el incremento acumulativo de proyectos programados, el cual indica el total de gastos de capital para cada distrito según avanza el juego. El factor para cada distrito

es un cienmilésimo del promedio de gastos del ciclo para el distrito y puede ser usado para medir el valor a largo plazo de las decisiones de inversión pública a través de los distritos.

#### IV.2 Ciclo 2 (Empezando con el presupuesto).

##### IV.2.a. Réditos para el ciclo 2.

La fig. IV.6 muestra la generación del dinero disponible para los políticos para gastar en el ciclo 2.

- a) Población: Es la cantidad para el año actual.
- b) Valor estimado per cápita: Es el valor total estimado "C", dividido entre la población "A".
- c) Valor total estimado: Es la base de impuestos para la ciudad.
- d) Tasa de impuestos: Fijada por el político.
- e) Ingreso total de impuestos sobre la propiedad: Se encuentra aplicando el impuesto ordenado por los políticos al valor estimado, esto es, 0.001 veces el valor estimado.
- f) Ingresos de las fuentes de impuestos sobre la no propiedad: Es el rédito de impuestos de ventas, licencias, multas y reembolsos federales y estatales. Es inicialmente el 100% de los réditos de impuestos sobre la propiedad, pero variará en ciclos futuros.
- g) Ingreso total de la ciudad: Se divide entre el sistema escolar, el cuál toma una gran parte, y la ciudad.
- h) Ingreso asignado a las escuelas: Es gastado por una agencia autónoma, el consejo escolar, el cual puede ser simulado en la computadora o un papel actual en el juego manual.

i) Ingreso neto de la ciudad: Es gastado en su mayor parte sobre programas de negocios y servicios sobre los cuales los políticos no tienen control discrecional, por ejemplo, pago de bomberos y policía, mantenimiento de la propiedad y cosas similares, dejando solo el 20% para gastos sobre proyectos de capital. Este 20% del ingreso neto de la ciudad está designado a los fondos para calles (20% de los fondos discrecionales), fondos para servicios (30% de los fondos discrecionales), fondos para recreación (10% de los fondos discrecionales), y el fondo general (40% de los fondos discrecionales).

j) Fondos discrecionales totales: Son los que están actualmente disponibles para gastar; sin embargo, los fondos para calles, drenaje y recreación están destinados a ser gastados solo sobre proyectos de la misma categoría.

La distribución del total de los fondos discrecionales entre las cuatro categorías de presupuesto (k, l, m, n), refleja la destinación de fondos para tipos particulares de proyectos y no deben ser violados seriamente. Los fondos generales pueden usarse para complementar las cantidades mostradas para calles, servicios y recreación.

- o) Fondos depositados: Son el total de proyectos a largo plazo ya depositados. Cuando esta cantidad se sustrae de los fondos discrecionales totales, el residuo resulta ser los fondos discrecionales netos que están disponibles este ciclo para ser encomendados a nuevos proyectos.
- p) Fondos disponibles para nuevos proyectos: Están disponibles para el político, incluyendo cualquiera que haya sido requerido por la última encuesta de la opinión pública.



.....

Ciclo 2 Equipo 1 Demostración con decisiones preparadas.

\*\*\* Noticias Locales \*\*\*

Districto 1

Mejoras al Centro Cívico declaradas urgentes - Urge conveniencia para expansión de servicios (Loc. J-110, proyecto no. 402). La cámara de comercio demanda sistemas de calles mejoradas (Loc. J-140, proyecto no. 401). Parque de servicios destruido por el fuego - se pide reemplazo inmediato (Loc. K-120, proyecto no. 124).

\*\*\* Noticias Estatales \*\*\*

Las prácticas de revaloración de la propiedad salen bien. Los legisladores autorizan el estudio de prácticas locales. Los costos escolares continúan elevándose. No hay alivio a la vista. El Gobernador dirige una conferencia sobre problemas de los ancianos. Las ciudades necesitan de más habitación apoyada públicamente.

Districto 2

Problemas de drenaje inoportunan a los propietarios. La avería en bruto lluye en las cunetas. (Loc. Q-70, 140 proyecto no. 256.) Mas residentes del Norte demandan un parque. (Loc. D-105, proyecto no. 231).

\*\*\* Noticias Nacionales \*\*\*

Continúa un disparatado estoc del mercado. El presidente de Intercambio teme una recesión no garantizada. Los supermercados exceden todos los picos medios. El empleo logra una alta tasa de desempleo.

Districto 3

Padres molestos piden banquetas después de que tres niños han sido heridos (Loc. I-220, proyecto no. 381). El desarrollo de "estados contemporáneos" detenido por falta de drenaje. (Loc. I-65, proyecto no. 368). Estado Lakeview, el último sitio disponible del lago principal, ofrecido a la ciudad generoso precio. (Loc. F-270, proyecto no. 366).

\* \* \* \* \*

FIGURA IV.7.

IV.2.b. Completando las formas de decisión.

En esta sección se completan una serie de formas como medio de ejemplo; antes de completar las formas de decisión en cualquier ciclo dado, los jugadores normalmente deben de leer el periódico (fig. IV.7); el administrador debe leer la edición "Bola de Cristal" (fig. IV.8) y deben completar la encuesta de la opinión pública (fig. IV.9).

a) Político: El político debe completar su forma siguiendo una secuencia.

1. Verificar los resultados de la encuesta de la opinión pública para ver qué alternativas se seleccionaron durante el ciclo anterior. En este ciclo, solo la aprobación de la propuesta de la casa del ayuntamiento ocasiona la iniciación de un proyecto; el político debe entonces verificar las series 500 sobre la lista de proyectos, obtener el número del proyecto de la casa del ayuntamiento (número 501) y escribir sobre la forma este número, con el correspondiente valor en dólares bajo la categoría de presupuestos diversos. En este ciclo, los políticos no solo listaron el proyecto obligatorio de la casa del ayuntamiento, pero, habiendo discutido la votación de este ciclo de la encuesta de la opinión pública con los otros jugadores, propusieron el trámite del proyecto de la planta de tratamiento de las aguas negras anotando el número 508 sobre la forma.
2. Al completar sus formas de decisión (fig. IV.10), los políticos deben verificar sus resultados para ver que proyectos a largo plazo están en operación. En el ciclo de ensayo, el proyecto 403 es un proyecto persistente (debe notarse que todos los proyectos de las series 500 y 600 son proyectos a largo plazo) y está listado en la parte superior de la form

Jugador	ADMINISTRADOR I I	POLITICO I I	ESPECULADOR I I
EVENTO 2-1	Construcción primaria en la vía pública. Tráfico excesivo este-oeste en el sur demanda ayuda para una nueva construcción. Como una alternativa, un par de caminos de un solo sentido pueden construirse por un 10% del costo de la construcción nueva.		ALTERNATIVAS 1. A favor de la nueva ruta 2. Posponer y reconsiderar 3. A favor del par de caminos.
EVENTO 2-2	Impuesto de ingresos de la ciudad. El impuesto de ingresos de impuestos de la ciudad propuesto del uno por ciento influencia a todos aquellos que trabajan o viven en la ciudad, y el ingreso será usado para compensar las pérdidas de los impuestos de propiedad reducidos.		1. A favor del impuesto 2. Posponer y reconsiderar 3. Oponerse al impuesto
EVENTO 2-3	Planta de tratamiento de Aguas negras. (Proyecto no. 508, todos los distritos, localización E-20) Mayor expansión de los servicios de tratamiento de aguas negras, diseñado para adaptarse al crecimiento de la siguiente década. La planta actual ha estado operando en exceso de capacidad, requiriendo desviaciones del desagüe. El estado amenaza si la construcción se dilata. (\$200,000/año por 6 años).		1. Apoyar el proyecto no. 508 2. Posponer y reconsiderar 3. Rechazar el proyecto no. 508

FIGURA IV.9.

113

Encabezado de

Metropolis Ciclo 1 - Demostración con decisiones propuestas.

Ciclo 3 Equipo 1 METROPOLIS CICLO 1 - Demostración con decisiones propuestas.

\*\*\* Noticias Locales \*\*\*

Distrito 1

Lider negro deplora la condición del parque local.  
Solicita mejoras (Loc. H-112, proyecto no. 109).

Edición Bola de Cristal  
Especial para el Administrador.

Distrito 2

Desarrollo obstaculizado cerca del intercambio -  
extensión del alcantarillado requerida (Loc. A-E-123, proyecto no. 228).  
La ciudad incrementa en delincuencia, urge la expansión de actividades recreativas (Loc. M-110 proyecto no. 247).

Distrito 3

El tráfico a la ciudad sufre congestionamientos diarios debido a que las inscripciones rompen todos los récords. El presidente dice que es obligatorio ayudar a través de la mejora del pueblo (Loc. K-225, proyecto no. 390).  
Se solicita un proyecto de un campo de verano para remediar los problemas juveniles. (Loc. F-275, proyecto no. 367).  
Camión escolar sumergido en una inundación - Un héroe rescata 12 niños, el chofer perece. (Loc. G-70, proyecto no. 369).

FIGURA IV.8.

112

político. Después el político checa con el administrador para encontrar los proyectos que ha recomendado para este ciclo (esto se encuentra sobre los resultados del administrador). Ellos encuentran que los únicos proyectos a largo plazo que no han iniciado todavía son los números 401 y 402; también notan que estos proyectos benefician al distrito 1, donde los políticos están más débiles, eligiendo entonces presupuestar estos proyectos.

3. El administrador recomendó también cuatro proyectos a un año, los cuales están esparcidos sobre los distritos y ayudan a balancear el presupuesto, el cual tiene hasta ahora la recreación descuidada.

4. Como los políticos están aún inseguros y el presupuesto de este año es bueno dentro de la asignación de los fondos discrecionales de la ciudad, deciden dejar la tasa de impuesto en 48.8 en ciclos futuros. El político puede encontrarse con que los fondos requeridos para sostener su presupuesto no están disponibles, en cuyo caso será necesario que haga reducciones. Si esto ocurriese, se recomienda que el político intente mantener un balance de gastos, tanto sobre las categorías de presupuesto como sobre los tres distritos.

b) Administrador: Al completar su forma (fig. IV.11), el administrador debe estimar los créditos de la ciudad para un año adelante. Para hacer esto, el administrador debe checar primero los créditos totales de este ciclo y el periódico para informarse sobre las tendencias económicas que señalan actualmente. (Un vistazo al cuadro de información 8, que muestra los créditos de la ciudad, indicará las tendencias recientes).

Forma 3, Ciclo 2

Forma de decisión del político

Número de proyecto	Asignación del presupuesto			
	A calles	B servicios	C recreación	D diversos
1. Lista de todos los proyectos recomendados por la encuesta opinión pública				
A. 501		600,000		70,000
B. 508				
2. Lista de todos los demás proyectos a largo plazo aún vigentes.				
A. 401	150,000			
B. 402				50,000
C. 403	150,000			
D. 404				
3. Lista de las recomendaciones del administrador.				
A. 124			20,000	
B. 231			100,000	
C. 366		100,000	50,000	
D. 368				
E.				
F.				
G.				
H.				
I.				
J.				
4. Total de prueba (1 + 2 + 3)				
	300,000	700,000	170,000	120,000
5. Presupuesto disponible				
	262,422	393,634	131,211	524,845
6. Exceso o déficit (5 - 4)				
	-37,578	-306,366	-38,789	404,845
7. Exceso total 22,112 o déficit total \$ (6A + 6B + 6C + 6D)				
8. Tasa de impuestos a usar el siguiente año (ciclo 4) 48.8 milésimas de dólar				

FIGURA IV.10.

Esto le dará una idea del tipo de presupuesto que debe esperar. Para el porcentaje de cambio, el administrador debe confiar en su propia percepción del estado económico. El administrador debe completar su forma siguiendo una secuencia:

1. Estimar el presupuesto total que se proyecta estará disponible el siguiente ciclo y asignarlo a las cuatro categorías de presupuesto.
  2. Enlistar todos los proyectos requeridos por la encuesta de la opinión pública. Esto requerirá una investigación que revele como se decidió la encuesta de la opinión pública este ciclo.
  3. Enlistar todos los proyectos a largo plazo previamente incluidos por los políticos, pero que aún no han expirado.
  4. Enlistar todos los proyectos sugeridos por la edición "Bola de Cristal".
  5. Hacer un total de prueba de 2 + 3 + 4.
  6. Suprimir proyectos de la edición "Bola de Cristal" si el total de prueba excede el presupuesto estimado. Aumentar proyectos si es menor.
- c) Especulador: En este ciclo de muestra, el especulador ha invertido conservadoramente. Sus consultas con los políticos revelaron que los proyectos iniciados este ciclo afectaron los distritos 1 y 2, sin tener ninguna inversión en el distrito 3.

El toma una opción de \$10,000 sobre tierra residencial en el distrito 1, sabiendo que las inversiones residenciales tienen la mayor probabilidad de réditos. El invierte también \$20,000 sobre tierra residencial y \$10,000 sobre tierra comercial en el distrito 2. La mayor cantidad en el distrito 2 es sugerida por el evento de la encuesta de la opinión pública de una nueva supercarretera

Forma 4 Ciclo 2

Forma de decisión del Administrador

No. de proyecto	Asignación del presupuesto estimado					E. Total (A+R+C+D)
	A. Calles (20 PCT de 1E)	B. Servicios (30 PCT de 1E)	C. Recreación (10 PCT de 1E)	D. Diversos (40 PCT de 1E)	R. Total (A+B+C+D)	
1. Estimación	350,000	700,000	150,000	140,000	1340,000	
2. Lista de todos los proyectos requeridos por la encuesta de la opinión pública						
A. 501		600,000			70,000	600,000
B. 508						
3. Lista de todos los demás proyectos recomendados a largo plazo						
A. 401	150,000				50,000	150,000
B. 402						50,000
C. 403	150,000					150,000
D.						
E.						
4. Lista de todos los proyectos de la edición "Bola de Cristal"						
A. 109			40,000			40,000
B. 228		50,000				50,000
C. 247			20,000			20,000
D. 367			50,000			50,000
E. 369		50,000				50,000
F. 365			40,000			40,000
G. 126				20,000		20,000
H. 372	50,000					50,000
I.						
J.						
K.						
5. Total de prueba	350,000	700,000	150,000	140,000	140,000	1,340,000

(2 + 3 + 4)

Nota.- Solo la Col. E es obligatoria, las otras son para planeación detallada del presupuesto.

FIGURA IV. 11.

interestatal, el cual cree el especulador será aprobado y producirá un incremento en el valor de la tierra.

La forma de decisión del especulador (fig. IV.12), debe completarse siguiendo una secuencia:

1. Transferir el valor neto (capital en efectivo real) de los resultados.
  2. Restar cualquier efectivo que no se desea invertir.
  3. Restar todos los fondos de campaña anunciados públicamente.
  4. El total del costo opcional es el dinero disponible para invertir este ciclo.
  5. Asignar el costo opcional a los distritos en base al juicio que haga el especulador sobre los lugares donde hallan ocurrido los mayores incrementos en el valor de la tierra.
  6. Distrito por distrito, asignar el costo opcional por el uso de tierra disponible.
- d) Consejo Escolar: Al completar esta forma de decisión (Tabla IV.1), se debe seguir una secuencia.
1. El representante del consejo escolar debe estimar el número de niños escolares que tendrá METROPOLIS el siguiente ciclo. Para hacer esto, debe conocer primero la población actual (del cuadro de información 9) y el índice de crecimiento (del cuadro de información 1). Si esta figura de crecimiento aparece estable, él puede contar con aproximadamente el mismo porcentaje de incremento en población de año a año. Están incluidas las tablas de datos que pueden ayudarle a calcular esos porcentajes.

Forma no. 5, ciclo 2

FORMA DE DECISION DEL ESPECULADOR

1. Valor neto (transferir de los resultados)
2. Efectivo (Liste el efectivo para tenerlo a la mano)
3. Contribuciones de campaña (Múltiplos de \$5,000)
4. Costo opcional total (Línea 1 menos línea 2 + 3)
5. Asignar costo opcional (de línea 4) a los distritos.

\$ 72,299  
\$ (-) 38,299  
\$ 40,000  
\$ (-) 0  
\$ 40,000

Sub-Total

neto

Costo opcional  
asignado

Distrito 1 \$ 10,000  
 Distrito 2 \$ 30,000  
 Distrito 3 \$ 0

6. Asignar costo opcional a uso de tierra (La cantidad asignada en el paso 5, dividida entre las categorías de uso de tierra).

Uso de tierra	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
Residencial	10,000	20,000	
Comercial		10,000	
Industrial			
Costo opcional asignado del paso 5	10,000	30,000	

TABLA IV.1. Forma de decisión del Consejo Escolar.

FORMA DE DECISION DEL CONSEJO ESCOLAR (Estimación de réditos para el siguiente ciclo 3)		Forma 6 Ciclo 2
1. Estimar la población de la ciudad para el siguiente ciclo (del cuadro de Información 9)		<u>225,000</u>
2. Proporción estandar de niños escolares.		<u>N. 184</u>
3. Población escolar total estimada (línea 1 por línea 2)		<u>41,400</u>
4. Estimar el costo por niño escolar:		
a) Estimación nacional per cápita	\$ <u>490</u>	
b) 1. Costo real del último año.	\$ <u>17,808,704</u>	
*2. Población escolar del último ciclo	<u>40,480</u>	
3. Per cápita real del último ciclo (2) (Línea 4b1 entre línea 4b2)	<u>440</u>	
c) Estimar el per cápita real del próximo ciclo. (Se requiere juicio profesional).	\$ <u>465</u>	
5. Gastos escolares totales estimados para el ciclo siguiente (3). (Línea 3 por línea 4c)	\$ <u>19,251,000</u>	
6. Porcentaje de cambio esperado.		
a) Costo estimado del año siguiente (línea 5)	\$ <u>19,251,000</u>	
b) Costo real este año (2) (línea 4b1)	\$ <u>17,808,704</u>	
c) Diferencia (Línea 6a menos línea 6b)	\$ <u>1,442,296</u>	
d) Por ciento de cambio (línea 6c entre línea 6b)	\$ <u>8%</u>	
* La población mostrada en el cuadro de información 9 multiplicada por 0.184.		

2. En este ciclo ejemplificativo, el representante escolar ha notado un incremento estable de la población en varios años anteriores. Ya que el índice de crecimiento se ve bastante estable, él ha supuesto un incremento similar durante este ciclo y lo ha anotado sobre la línea 1 de su forma (de una población actual de aproximadamente 220,000 a una estimada de 225,000).

3. Multiplicando esto por 0.184, que es la proporción estandar de niños escolares, el estima un total de 41,400 niños de escuela para el siguiente ciclo.

4. Otra labor que le queda al representante escolar: estimar el costo de educación por alumno. El mira la tabla 5 del capítulo 3 y descubre que el costo de educación per cápita a fluctuado ampliamente durante la década pasada. Su siguiente fuente de información es el político, quien le dice que la ciudad está gozando actualmente de un período de prosperidad, que él puede planear sobre un gran incremento de dinero disponible por alumno. El representante finalmente mira el periódico y lee las predicciones de crecimiento de los costos escolares en la ciudad; después de revisado, él selecciona un costo per cápita de \$465. El costo total estimado de cerca del 8% para el año.

IV.3 Ciclo 3. Resultados completos de las decisiones del ciclo 2.

1) Resultados de las decisiones del ciclo 2. Habiendo hecho las decisiones descritas en la sección anterior, los jugadores recibir los resultados detallados de sus actividades (Ver figuras IV.13 a IV.18).

Ciclo 2  
Equipo 1

METROPOLIS VI - Simulación de juegos urbanos.

METROPOLIS CICLO 2 - Exposición con decisiones propuestas.

Resultados de la encuesta de la opinión pública.

Ciclo	Evento	Acción	Localización del proyecto	Costo local	Años	Comentarios	Sancciones o Premios Administrador	Premios Político distrito 1..2..3
2	1	aprobado	vía pública	0	0	Construcción de una vía pública primaria	5	0 -2 0
2	2	rechazado	ninguno	0	0	Revisión de impuestos de ingresos de la ciudad.	0	0 0 0
2	3	aprobado	E-20	3600000.	6	Planta de desagüe en el área Metropolitana.	10	1 1 1

Índice de crecimiento calculado = 3

Índices de crecimiento, próximos 5 ciclos      2   2   2   2   2

- 123 -

FIGURA IV.13.

- 2) El primer ciclo jugado (completando las formas, figuras IV.19 a IV.24).  
Una vez que se han visto los resultados de las decisiones hechas en el ciclo ejemplificativo, se está listo a considerar las decisiones que se harán para el ciclo 3. Una forma de la encuesta de la opinión pública y formas de decisión para todos los papeles se proporcionan después, además de una copia del periódico.  
Antes de empezar a jugar, complete todas esas formas de decisión usando los resultados del ciclo 2 como una base para sus decisiones. Estas decisiones de ensayo sirven para familiarizarse con las formas y para probar que tanto se ha entendido de la mecánica del juego.

Inventario de Gastos

	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	Totales
Calles	150000.	150000.	0.	300000.
Servicios	200000.	200000.	300000.	700000.
Recreación	20000.	100000.	50000.	170000.
Diversos	120000.	0.	0.	120000.
<b>Totales</b>	<b>490000.</b>	<b>450000.</b>	<b>350000.</b>	<b>1290000.</b>

Tasa de Impuestos para el siguiente ciclo.

Fondos no gastados este año más intereses, \$ 22997. Han sido aumentados al ciclo 3

Puntos de Premio o Sanción

	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
Posición de los políticos, fin del ciclo 1	1	6	4
Encuesta de la opinión pública	1	-1	1
Proyectos recomendados ignorados	0	0	0
Desigualdades en el presupuesto	0	0	0
Impuestos	0	0	0
Contribuciones de campaña	0	0	0
Posición de los políticos, fin del ciclo 2	2	5	5

125

FIGURA IV.15

Ciclo 2  
Tipo 1

METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones propuestas.

P O L I T I C O S

Presupuestos de mejora de capital del consejero de la ciudad.

Los siguientes proyectos han sido aprobados para este año

Proy. No.	Distrito	Localización	Categoría de presupuesto	Descripción	Años de duración	Costo por Año
Proyectos presupuestados solo para este año						
124	1	K-120	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 20000.
231	2	D-105	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 100000.
368	3	FJ-65	Servicios	Alcantarillado sanitario	1	\$ 100000.
366	3	F-270	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 50000.
Total						\$ 270000.
Proyectos a largo plazo presupuestados						
401	1	J-140	Calles	Calles locales	3	\$ 150000.
402	1	J-110	Diversos	Centro cívico	4	\$ 50000.
508	todos	E-20	Servicios	Planta de tratamiento de desagüe	6 por distrito	\$ 200000.
403	2	P-80	Calles	Calles locales	2	\$ 150000.
501	1	L-110	Diversos	Nueva casa del Ayunt.	5	\$ 70000.
Total						\$1020000.
Presupuesto total CIP este año						\$1290000.
Proyectos recomendados no presupuestados por el político:						
Total						\$ 0.

FIGURA IV.14.

126



METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones prepuestas

Posición del Especulador

Factores de crecimiento del especulador

Distrito Uso de tierra	1			2			3		
	res	com	ind	res	com	ind	res	com	ind
Encuesta pública	0.000	0.000	0.000	0.100	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000
Tipo de datos	0.100	0.000	0.000	0.100	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000
Asignación del proyecto	0.049	0.049	0.049	0.045	0.045	0.045	0.035	0.035	0.035

Inversión del ciclo actual

Total de inversiones previas

Distrito	Residencial	Comercial	Industrial	Total	Distrito	Residencial	Comercial	Industrial	total
1	10000.	0.	0.	10000.	1	5000.	5000	5000.	15000.
2	20000.	10000.	0.	30000.	2	10000.	0.	5000.	15000.
3	0.	0.	0.	0.	3	5000.	10000.	0.	15000.
Total	30000.	10000.	0.	40000.	Total	20000.	15000.	10000.	45000.

Valor neto final del ciclo 1	\$ 72299.
- Cantidad invertida este ciclo	\$ 40000.
- Contribución al público	\$ 0.
= Efectivo en reserva	\$ 32299.
+ 4 por ciento de Interés sobre el efectivo en reserva	\$ 1291.
+ Rédito de la inversión	\$ 98399.
Valor neto al final del ciclo	\$ 131991.

FIGURA IV.17.

METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones prepuestas.

ADMINISTRADORES

Posición de los administradores al final del ciclo precedente =	26
Puntos de premio =	7
Sanción por exceso o falta de gastos =	0
Puntos de la encuesta de la opinión pública =	15
Posición actual del administrador =	48

Proyectos recomendados por el administrador para el próximo año.

Proy. no.	Distrito	Localización	Categoría de presupuesto	Descripción	Años de duración	Costo por año
109	1	H-112	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 40000.
126	1	K-130	Diversos	Protección para el fuego	1	\$ 20000.
228	2	AE-120	Servicios	Alcantarillado sanitario	1	\$ 50000.
247	2	M-110	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 20000.
373	3	H-210	Calles	Calles locales	1	\$ 50000.
369	3	G-70	Servicios	Alcantarillado de temporal	1	\$ 50000.
365	3	F-200	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 40000.
367	3	F-275	Recreación	Parques-recreación	1	\$ 50000.
401	1	J-140	Calles	Calles locales	2	\$ 150000.
402	1	J-110	Diversos	Centro cvico	3	\$ 50000.
403	2	P-80	Calles	Calles locales	1	\$ 150000.
501	1	L-110	Diversos	Nueva casa del ayuntamiento	4	\$ 70000.
508	todos	E-20	Servicios	Planta de trat. de desagüe	5 por dist.	\$ 200000.

Presupuesto CIP recomendado para el próximo año

\$1340000.

Inventario de Gastos

	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	Totales
Calles	150000.	150000.	50000.	350000.
Servicios	200000.	250000.	250000.	700000.
Recreación	40000.	20000.	90000.	150000.
Diversos	140000.	0.	0.	140000.
Total	530000.	420000.	390000.	1340000.

Encabezado de

.. .. .  
 .. .. .  
 .. .. .  
 .. .. .  
 .. .. .

Ciclo 3 Equipo 1

METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando demostraciones prepuestas.

\*\*\* Noticias Locales \*\*\*

Distrito 1

Líder negro deplora la condcción del parque local.  
 Solicita mejoras (Loc. H-112, proyecto no. 109).

Distrito 2

Desarrollo obstacultizado cerca del intercambio -  
 extensión del alcantarillado requerida (Loc. M-110,  
 proyecto no. 247).

Distrito 3

El tráfico a la ciudad sufre congestionamientos  
 diarios debido a que las inscripciones rompen  
 todos los récords. El presidente dice que es obli-  
 gatorio ayudar a través de la mejora del pueblo  
 (Loc. K-225, proyecto no. 390).  
 Se solicita un proyecto de un campo de verano para  
 remediar los problemas juveniles. (Loc. F-275, pro-  
 yecto no. 367).  
 Camión escolar sumergido en una inundación - Un  
 héroe rescata 12 niños, el chofer perece. (Loc.  
 G-70, proyecto no. 369.)

\*\*\* Noticias Estatales \*\*\*

La legislatura lucha con la legislación autónoma.  
 La incorporación revisada de estatutos es el re-  
 sultado probable. El jefe de bomberos investiga  
 el fuego en un sanatorio particular, en el cual mu-  
 rieron 5.  
 La legislatura aprueba la legislación que habilita  
 a METROPOLIS a financiar el programa de alcan-  
 tarillado de temporal.  
 El gobernador quita los billetes viejos.

\*\*\* Noticias Nacionales \*\*\*

El consejero del presidente de los asesores de la  
 economía predice la mayor agitación económica.  
 Se habla de una recesión como parte de un esfuerzo  
 para desacreditar a la administración.  
 Conflictivos estudios nacionales sobre el futuro  
 de la venta de automóviles. La producción continúa  
 alta en todo momento.  
 El desempleo cae lentamente, por primera vez en  
 dos años.

FIGURA IV.19.

Ciclo 2  
 Equipo 1

METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones prepuestas.

Acumulaciones de infraestructura de Metropolis.  
 Incremento acumulativo de proyectos programados.

Ciclo.....	Distrito 1....	Factor...	Distrito 2....	Factor....	Distrito 3....	Factor
1	470000.	4.700	500000.	5.000	170000.	1.700
2	960000.	4.800	950000.	4.750	520000.	2.600

REDITOS PARA EL CICLO 3

La población de Metrópolis creció a	219700.	
Valor estimado per cápita	\$ 1390.	
Valor estimado total de Metrópolis	\$305383040.	
Tasa de impuesto en milésimas de dolar	48.8	
Ingreso total de la ciudad por impuesto de la propiedad	\$ 14902688.	
+ Réditos fuera de impuestos	\$ 14902688.	Lo cuál es el 100 por ciento sobre ré- ditos sobre la propiedad.
= Ingreso total de la ciudad	\$ 29805376.	
- Ingreso asignado a Escuelas	\$ 18986020.	Lo cuál es el 63.3 por ciento del ingreso total de la ciudad.
= Ingreso neto de la ciudad.	\$ 10819358.	De lo cuál el 12 por ciento es suyo.
Fondos discrecionales totales	\$ 1298322.	
+ Fondos no gastados del ciclo 2	\$ 22997.	
= Fondos discrecionales netos	\$ 1321320.	
- Fondos encomendados a proyectos a largo plazo	\$ 1020000.	
= Fondos disponibles para nuevos proyectos	\$ 301320.	

Asignación de fondos discrecionales

Categoría de presupuesto	Fondos disc. netos	Encomendados para largo plazo	Fondos disc. disponibles.
Calles	\$ 264264.	\$ 300000.	\$ -35736.
Servicios	\$ 396396.	\$ 600000.	\$ -203604.
Recreación	\$ 132132.	\$ 0.	\$ 132132.
Diversos	\$ 528528.	\$ 120000.	\$ 408528.

FIGURA IV.18.

EVENTO 3-1

Reestimación de la Propiedad. La ciudad no ha sido reestimada en forma uniforme desde 1948, en violación a un estatuto que requiere cambios cada cinco años. La administración de la ciudad ha hecho una fuerte súplica para un estudio completo, poniéndose particular énfasis en las estructuras comerciales y en la habitación nueva.

Alternativas

- 1. A favor de la reestimación. I I
- 2. Posponer y reconsiderar. I I
- 3. Oponerse a la reestimación. I I

EVENTO 3-2

Ciudadanos adultos. Una conferencia reciente en la Universidad ha recomendado la formación de una comisión sobre problemas de los adultos.

- 1. A favor de la comisión I I
- 2. Posponer y reconsiderar. I I
- 3. Oponerse a la comisión I I

EVENTO 3-3

Habitación para los ancianos. (Proyecto No. 505, distrito 3, localización J-70) Habitación de bajo costo para los ancianos, con servicios especialmente diseñados. Abastecerá el sector más urgente del mercado. Costaría \$150,000/año por dos años.

- 1. A favor del proyecto no. 505 I I
- 2. Posponer y reconsiderar I I
- 3. Oponerse al proyecto no. 505 I I

FIGURA IV.21.

Encabezado de

\*\*\*\*\*  
Ciclo 4 Equipo 1 METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones propuestas.  
\*\*\*\*\*

Ciclo 4 Equipo 1

METROPOLIS CICLO 2 - Demostración usando decisiones propuestas.

\*\*\* Noticias Locales \*\*\*

Distrito 1

Mejoras al parque solicitadas por un grupo de vecinos. - Facilidades para los ancianos urgentemente necesitados (Loc. H-115, proyecto no.110).

Edición Bola de Cristal Especial para el Administrador.

Distrito 2

La terminación de la supercarretera causa terribles congestionamientos. Motoristas dilatados cuatro horas (Loc. E-90,165, proyecto No. 233). El director de la defensa civil junta la guardia Nacional en apoyo de la armería (Loc. H-150, proyecto no. 243). El parque Arboretum tiene la mayor asistencia - Se requieren mejoras (Loc. M-150, proyecto no. 250).

Distrito 3

Protesta de los residentes por las condiciones de las calles. (Loc. E-80, proyecto no. 361). Area anexada recientemente necesita edificio de policía y bomberos. La tasa de inseguridad subirá hasta que la situación sea remediada (Loc. J-80, proyecto no. 383). Estados contemporáneos, urge al consejero para que termine la cancha de golf. Se necesitan urgentemente el edificio de la comunidad y el campo. (Loc. H-70, proyecto no. 370)

FIGURA IV.20.

Forma de decisión del Administrador

No. de proyecto	Asignación del presupuesto estimado				E. Total (A+B+C+D)
	A. Calles (20 PCT de 1E)	B. Servicios (30 PCT de 1E)	C. Recreación (10 PCT de 1E)	D. diversos (40 PCT de 1E)	
1. Estimación					
2. Lista de todos los proyectos requeridos por la encuesta de la opinión pública					
A.					
B.					
3. Lista de todos los demás proyectos recomendados a largo plazo					
A.					
B.					
C.					
D.					
E.					
4. Lista de todos los proyectos de la edición "Bola de Cristal"					
A.					
B.					
C.					
D.					
F.					
G.					
H.					
I.					
J.					
K.					
5. Total de prueba ( 2 + 3 + 4)					

Suma todos los proyectos de las líneas 2, 3 y 4. Si el total de prueba excede el presupuesto (línea 1), debe eliminar algunos proyectos de la "Bola de Cristal"

Nota.- Solo la Col. E es obligatoria, las otras son para planeación detallada del presupuesto.

FIGURA IV.23.

Forma de decisión del político

Número de proyecto	Asignación del presupuesto			
	A calles	B servicios	C recreación	D diversos
1. Lista de todos los proyectos recomendados por la encuesta opinión pública				
A.				
B.				
C.				
2. Lista de todos los demás proyectos a largo plazo aún vigentes.				
A.				
B.				
C.				
D.				
F.				
3. Lista de las recomendaciones del administrador.				
A.				
B.				
C.				
D.				
E.				
F.				
G.				
H.				
I.				
J.				
K.				
4. Total de prueba (1 + 2 + 3)				
5. Presupuesto disponible				
6. Exceso o déficit (5 - 4)				
7. Exceso total \$ o déficit total \$				(64 + 68 + 6C + 6D)
8. Tasa de impuestos a usar el siguiente año (ciclo 4)				milésimas de dólar

FIGURA IV.22

C A P I T U L O V

LA COMUNIDAD DE METROPOLIS

V.1 Breve Historia de Metrópolis.

Se estableció en el principio del siglo XIX, la metrópolis fué inicialmente un centro de agricultura y de explotación de maderas. A mediados del siglo, la capital del estado se localizó en la metrópolis, el auge en las industrias aumentaron rápidamente en la última parte del siglo XIX. Para ese siglo, la metrópolis tuvo un buen establecimiento en la industria automotriz, la cual continúa siendo como la industria dominante de la comunidad.

La Universidad del estado se estableció hace aproximadamente 100 años, y es ahora una de las más grandes de la ciudad. Su localización en el distrito 3B (ver mapa) influencia fuertemente el desarrollo en esta parte de la comunidad. La Universidad es la tercera fuente de trabajo en la metrópolis, después de las oficinas de gobierno del estado y de las grandes fábricas de automóviles. La metrópolis se localiza o se encuentra en los grandes estados industrializados del medio Oeste, tendiendo una tasa de crecimiento arriba de la tasa media nacional. La economía del estado, sin embargo, depende mucho de las fortunas del mundo automovilístico. La metrópolis es una comunidad progresiva con buenos transportes, incluyendo servicio aéreos, ferrocarriles, conducción de cañerías (líneas) y carreteras, incluyendo dos rutas interestatales.

Forma 5, Ciclo 3

Forma de decisión del Especulador.

1. Valor neto (transferir de los resultados) \$ \_\_\_\_\_  
 2. Efectivo (liste el efectivo para tenerlo a la mano). \$ (-) \_\_\_\_\_

Sub-Total \$ \_\_\_\_\_

3. Contribuciones de campaña (Múltiplos de \$5,000) \$ (-) \_\_\_\_\_  
 4. Costo opcional total (Línea 1 - Líneas 2 + 3) neto \$ \_\_\_\_\_  
 5. Asignación del costo opcional (de la Línea 4) a los distritos.

Costo opcional  
asignado

Distrito 1 \$ \_\_\_\_\_  
 Distrito 2 \$ \_\_\_\_\_  
 Distrito 3 \$ \_\_\_\_\_

6. Asignación del costo opcional al uso de tierra (La cantidad asignada en el paso 5, dividida dentro de las categorías de uso de tierra).

Uso de tierra	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3
Residencial			
Comercial			
Industrial			
Costo opcional asignado del paso 5			

FIGURA IV.24.

Las temperaturas de Verano median arriba de 70° F, en Invierno como 25° F, y en lluvias la media es de como 30°. La comunidad tiene una historia de planificación que data de los años 30 (1930), cuando se elaboró un plan maestro.

Esto fué revisado y se desarrollo un nuevo plan justo antes de la segunda guerra mundial. Plan maestro completamente nuevo basado en un estudio extensivo de la comunidad ha sido recientemente preparado por un consultor de reputación internacional. El grupo de la planificación local lleva los estudios al día. Aumento de congestionamiento en las calles, deteriorización y obsolescencia de la habitación, facilidades comerciales e industriales, baja en los negocios del centro, desgaste del impuesto base, deficiencia en las casas habitacionales, indisposición social, contaminación del aire y el agua, incompatibles y conflictivas usos de tierras son parte de un legado del rápido crecimiento pasado y una inadecuada planeación a largo plazo. Los programas para remediarlo han principiado, pero necesitarán expandirse y mantenerse indefinidamente para la prevención en lo futuro. La capacidad técnica para tratar efectivamente con la mayoría de estos problemas urbanos ya está disponible. Las grandes redes de carretera están definiendo y obteniendo una mayor atención en los trabajos, y programas adecuados para implementar los programas de mejoras necesarios.

#### V.2 Características Generales.

Las tablas siguientes dan los datos específicos de los reportes de censos y otras fuentes de información para Metrópolis. La importancia particular para los jugadores de metrópolis es el sumario de las características específicas (tabla V.1).

TABLA V.1. Características generales de la Población.

Características	Districto 1	Total 2	Total 3	Metropolis total
Población Total	70,594	71,676	71,734	214,004
Blancos	61,515	70,958	69,499	201,972
Población en Institución	1,631	811	13,628	16,070
Población por Familia	2.9	3.4	3.2	3.2
No. de matrimonios	14,660	17,337	14,705	46,702
Total inscritos en Escuelas	16,524	19,036	33,362	69,292
Kindergarden	1,448	2,010	1,310	4,766
1-8	9,680	11,948	8,456	30,084
Secundaria	3,601	3,640	2,894	10,134
Preparatoria	1,800	1,129	20,702	33,680
Media de años Escolares Terminados	10.6	11.8	14.1	12.1
Residencia 1955	30,702	33,385	20,793	74,972
Ingreso medio de la Familia	\$ 5,602	\$ 8,791	\$13,744	\$ 9,469
Total de matrimonios en la población	31,237	35,677	29,750	96,664
Total de separados, viudos, divorciados	9,656	4,660	3,095	17,402
Fuerza laboral	18,433	18,094	18,518	55,693
No. de desempleos	1,076	929	633	2,638
Porcentaje de desempleos	5.8	4.9	3.4	4.7
Mujeres casadas en L.F.	5,445	5,421	5,260	16,126
Total de empleados	29,162	27,005	27,461	83,629
Empleados en construcción	1,599	1,652	1,086	4,336
Empleados en manufactura	7,307	8,164	3,626	19,092
Empleados en equipo de transporte	4,775	5,448	2,021	12,243
Total de Unidades Habitacionales	25,856	21,528	18,795	66,164
Unidades habitacionales ocupadas por el propietario	12,779	17,818	11,702	42,298
Unidades habitacionales sólidas	21,268	19,170	17,915	58,353
Unidades habitacionales deterioradas	4,117	1,959	754	6,829
Unidades habitacionales arruinadas	472	400	123	994
Número medio de cuartos	4.8	5.1	5.1	5.0
Número medio de personas	2.4	2.9	3.1	2.8
Unidades habitacionales sin automóviles	5,736	1,866	428	8,030
Valor medio de unidades habitacionales	\$12,075	\$17,400	\$29,350	\$ 23,199

Al tiempo en que los regidores asumen la responsabilidad para la dirección de la ciudad en juego, la ciudad tiene una población total urbana (SMSA) de aproximadamente 214,000. Esta población está igualmente dividida entre los tres distritos, cada uno de los cuales está representado por un político.

Los límites de los distritos fueron trazados (para propósitos del juego) para asegurar esta distribución igual de la población así como para mantener las características de la población por cada distrito homogéneas. Un mapa muestra las tierras y los límites de los distritos (ver mapa). El distrito 1 es la parte más vieja de la ciudad y tiene la densidad de población más alta. Este distrito también contiene a casi todos los negros del área metropolitana (aproximadamente el 16% de la población del distrito) así, como mucha gente grande y retirada. El ingreso de la familia media del distrito 1 es significativamente más bajo y la tasa de desempleo es completamente alta. Cerca del 14% de residente del distrito 1 pertenecen a la categoría de separados, viudos o divorciados; para la ciudad como un todo el 8% de la población están categorizados así. Cerca del 18% de las ciudades habitacionales están deteriorándose. Y un número similar no tiene automóviles. Cerca de la mitad de los residentes rentan casas. El distrito central de negocios de la ciudad, la capital del estado, el área de fuente de trabajo más grande, las plantas ensambladoras de autos todas se localizan en el distrito 1. Las necesidades públicas son viejas deterioradas o tienen demasiado uso.

El distrito 2 se divide en dos áreas geográficas distintas, una en la parte superior y la otra en la parte inferior del mapa. El promedio del tamaño de la familia es mayor en el distrito 2, que en toda la ciudad, y esto está reflejado en el número de escuelas para niños: excluyendo los estudiantes de secundaria, cerca de la mitad de las escuelas de niños para toda la ciudad, se encuentra en este distrito.

Las unidades habitacionales están en buenas condiciones, aunque el nivel es comparativamente bajo y la mayoría de ellas están ocupadas por sus dueños. El ingreso de la familia mediana es casi el mismo en el distrito 2 que en toda la ciudad. La población tiende a estar interesada en el nivel de impuestos a la propiedad y tienen una opinión baja de las actividades gubernamentales (prefieren los impuestos bajos a un alto nivel de servicios) Los conflictos raciales en el distrito 2 tienden a ser muy conservadores.

El distrito 3 está también dividido en el mapa, la mitad sobre la banda Oeste de la ciudad y la otra mitad en la parte Este. La Universidad del estado ocupa un enorme pedaso de tierra en la parte Este del distrito 3 y a forzado a un desarrollo alrededor de ella, pero la porción norte de las tierras de la Universidad es dedicada a experimentos de granjas. El distrito 3 contiene las mejores áreas residenciales de la ciudad, esto se refleja en el alto valor de la habitación y en el bajo porcentaje de edificios deteriorados. Los ingresos de la familia media son igual o más altos que el promedio de la tasa de desempleo. Las ocupaciones de los residentes del distrito 3 están principalmente en categorías profesionales y gerenciales, y el nivel de educación media incluye más de dos años de secundaria. Aunque interesados con las tasas de impuestos, también piden un nivel alto de servicios gubernamentales y tienden a ser liberales sobre los problemas de los derechos civiles, lo cual al parecer no les cuesta mucho.

### V.3 Población.

La población de metrópolis ha aumentado rápidamente de 1920 a la fecha, con excepción de la década de depresión, 1930-1940, cuando la población se man-

tuvo virtualmente constante, aumentando solo alrededor del 0.5%. En las siguientes dos décadas (1940-1960) la población se incrementó con una tasa estable, un poco mayor que las de los años 40's pero algo menor que durante los 50's y 60's. En el período 1950-1960 la población se dirigió a una área metropolitana, siguiendo el mismo rumbo de la mayoría de las regiones centrales.

Esos caminos incluye:

- La población del área metropolitana se incrementó más que en la nación, 22% comparado con el 18.5%.
- La población de la ciudad central se incrementó solamente el 17% durante el mismo período. Cerca del 70% del aumento de la población de metrópolis ocurrió en las orillas adyacentes.
- La población suburbana consiste principalmente de familias blancas con ingresos medios y altos, ambos inmigrantes del centro de la ciudad.
- La gente negra en la ciudad central fué más que el doble durante la década como resultado de las altas tasas de nacimiento e inmigración. Los negros alcanzaron el 6.5% de la población de la ciudad en 1967 comparado con el 3.3% en 1950. Por 1970, los negros alcanzaron el 9% de población de la ciudad.
- Hubo más incremento femenino que masculino (debido principalmente a la emigración de los hombres), en el grupo de edades entre 20 y 30 años. También, la concentración de trabajos de oficinas en el área de metrópolis es en su mayoría un ítem para el sexo femenino joven de las regiones de alrededor.
- La población llegó a ser más joven porque la estructura se cambió a una gran proporción de personas abajo de los 45 años. El porcentaje más grande aumentó en los grupos muy jóvenes (abajo de 15 años) y los muy grandes (arriba de 70 años).

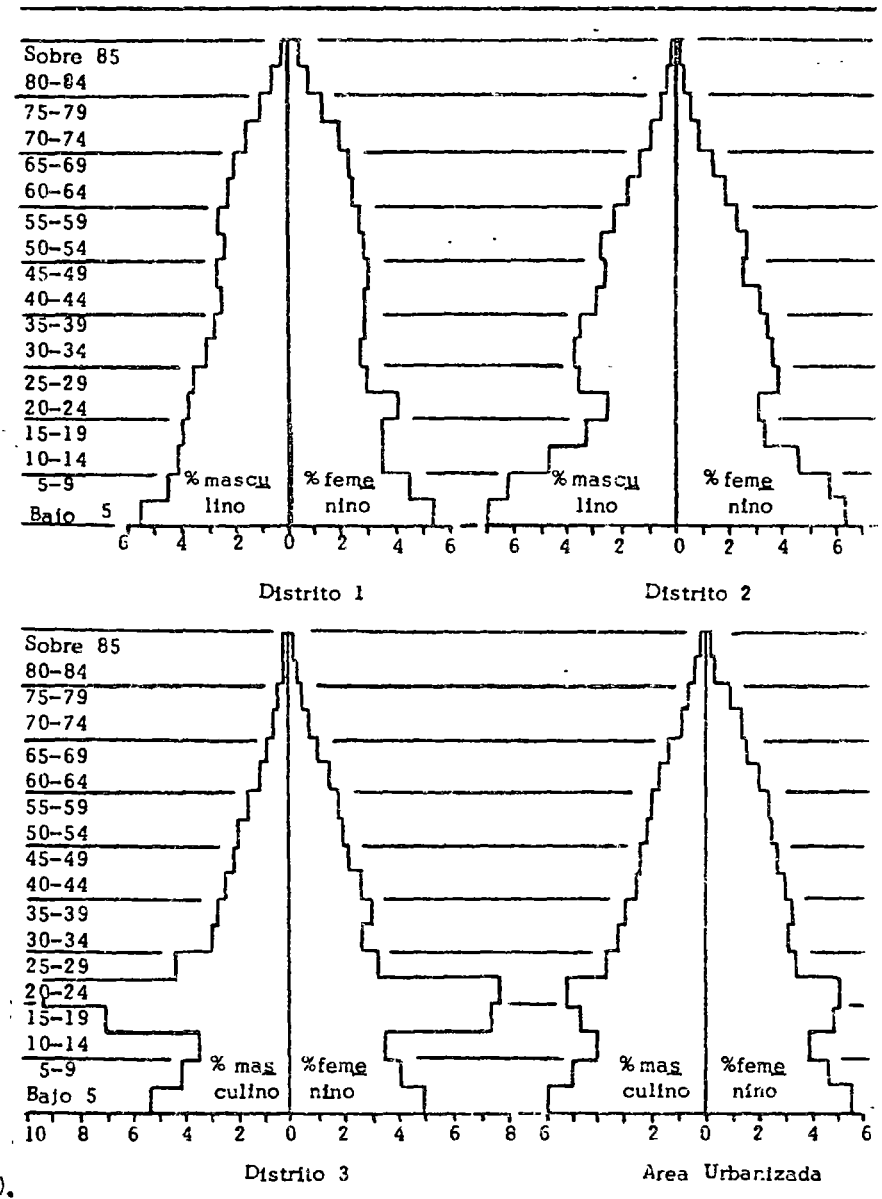


FIG. V.1. Edad de la Población, por sexo, como porcentaje de unidad.



Las tendencias demográficas actuales, acopladas a una perspectiva económica favorable, indican que la población de METROPOLIS debería incrementarse en un 72% en los próximos 25 años. Sin embargo, la población futura de la ciudad depende mucho de futuros nexos políticos. Factores significantes que influyen en el crecimiento de la población se enlistan a continuación:

- Si los actuales nexos políticos se mantienen en el futuro, se anticipa que la población de la ciudad aumentará de un 45% a un 50% para 1990.
- Se espera que las familias aumenten debido a la estructura relativamente joven.
- Se espera que el tamaño promedio de las familias se reduzca progresivamente de 3.17 en 1960 a 3.11 en 1990, debido a la incrementada longevidad de los mayores, la aplicación de planeación familiar a los grupos con ingresos bajos y medios, y la creciente construcción de apartamentos.
- La proporción de la población en los grupos de edades abajo de 15 y arriba de 65 se espera que aumente constantemente en dicho período.
- Se anticipa que la población de negros de la ciudad será el triple dentro de dos décadas, aumentando de 12,000 a 36,000 aproximadamente.

#### V.4. Educación.

En 1960, la media de años escolares completados en METROPOLIS era de 12.0. La ciudad estuvo siempre sobre el promedio regional (11.9 años).

Por 1970, la media de años escolares completados en la región ha crecido a 12.3. En 1970 el 12% de las personas de 25 años para arriba tenían una educación menor de octavo grado.

Las demandas de una nueva y más completa tecnología requerirán de una educación más formal y el número promedio de años escolares terminados en el área continuará hasta llegar a 14.0 para 1990.

#### V.5. Base Económica.

Manufactura, distribución, gobierno y educación son los principales componentes de la economía. Estas actividades proporcionan el principal apoyo económico para la población, generando un poco más de la mitad de empleos y la mayoría de los ingresos en el área metropolitana.

La ciudad es el principal centro de trabajo de la región. Cerca de 84,000 trabajos están localizados dentro de las fronteras de la ciudad, de los cuales cerca de 30,000 están ocupados a viajeros, quienes viven fuera de los límites de la ciudad. Esta es la mayor fuente de pagos en la economía local.

La manufactura, que emplea a 36,600, proporciona cerca del 30% de los trabajos del área metropolitana y cerca del 43% del total de empleos de la ciudad.

Vehículos motores, una industria de altos salarios, proporciona cerca del 70% del total de los trabajos de manufactura en el área metropolitana.

El gobierno es la segunda fuente de trabajo en el área metropolitana. El gobierno estatal solo emplea a cerca de 18,000, incluyendo empleados universitarios.

En la ciudad, el gobierno y el comercio generan casi la misma cantidad de empleados, empleando cada uno una tercera parte de lo que emplea manufactura. La economía como un todo puede tipificarse como de alto rendimiento, altamente mecanizada, altamente experimentada, de altos ingresos y orientada al mercado nacional. La mayoría de las industrias grandes son líderes en avance tecnológico, Los requerimientos de habilidad han ido aumentando mientras que los requerimientos de poca habilidad han disminuido.

Cerca del 30% de los trabajos están ocupados por viajeros que llegan a la ciudad. El empleo de los residentes ha sido principalmente en servicios, gobierno y ocupaciones profesionales. La mayoría de los trabajos de manufactura han sido ocupados por los viajeros; el empleo de los residentes en manufactura ha declinado en años recientes. La mayoría de los empleos de los residentes ha sido en actividades tradicionales de salarios bajos, mientras que los viajeros se colocan en aquellas de salarios altos;

Las tres principales fuentes de ingresos de METROPOLIS son la Universidad, la planta de ensamble de automóviles y el gobierno estatal. Estas tres industrias básicas fomentan el apoyo a las industrias cuya economía depende de ellas.

La Universidad es una industria que emplea predominantemente a profesionales altamente experimentados y personal técnico.

El gobierno del estado tiende a generar empleos muy estables. La planta de automóviles fluctúa considerablemente con el ciclo de negocios, creciendo o disminuyendo rápidamente.

De los 84,000 trabajos en la ciudad, 54,000 están ocupados por residentes de la ciudad. Debido a que es una economía balanceada, METROPOLIS ha disfrutado de una de las menores tasas de desempleo en el estado: 4.7% en 1970. Grupos minoritarios en la ciudad cuentan para más del 50% del presente desempleo, aunque representan solo el 12% de la población.

METROPOLIS ha adquirido una combinación de recursos, servicios, habilidades y factores de localización industrial que aseguran la participación del área en amplio rango de la actividad económica nacional. Vínculos económicos con otras áreas industriales están bien establecidos. Se pronostica un crecimiento sustancial en todos los componentes principales de la base económica. El crecimiento pasado en empleos, producción e ingresos ha sido más rápido en el área de METROPOLIS que en el estado, en la región o la nación. Los factores principales que influyen esto son:

- El potencial para un crecimiento continuo y diversidad en manufactura ha sido mejorado por recientes mejoras en el transporte, particularmente el sistema de carreteras interestatal.
- El área se ha ido convirtiendo en un prominente centro de distribución regional. La localización central del área en el estado y la terminación de la autopista interestatal lograrán que aumente la importancia del área como centro de distribución.
- El crecimiento del gobierno del estado continuará en base a los servicios demandados por la creciente población regional y en base a los programas estatales y federales para solucionar dichas demandas.

Las tendencias desde 1960 indican que los cambios en empleo residencial de la clase de trabajador y ocupación han causado una pérdida de población de la clase media.

A pesar de esta emigración, la ciudad ha mantenido la mayoría de los trabajos de la región.

La capacidad de proporcionar tierra industrial para expansión y el plan de una mayor expansión de servicios municipales resulta en el volumen de generación de empleos proyectado dentro de los límites de la ciudad. Con la excepción de la agricultura, se pronostica un crecimiento substancial de todos los componentes de la base económica.

#### V.6. Ingreso

El área, históricamente, ha tenido mayores ingresos que otras regiones en el estado. En 1970, el área tenía el lugar 52 en los E. U., con un ingreso promedio de \$9,469 por familia. El ingreso per cápita fué de \$2,997 para la ciudad. Rápidos beneficios en el ingreso se anticipan como el resultado del crecimiento en las industrias de salarios altos y en los servicios profesionales y técnicos dentro de la región. Se espera que el ingreso per cápita aumente a más del doble en términos del poder de compra real para 1990. Se espera que el ingreso de la familia mediana aumente el 80% para 1990 (a \$17,000).

Descubrimientos de la comisión de planeación indican que los gastos familiares para aquellas cosas básicas tales como comida, ropa y bebidas decrementarán proporcionalmente, mientras que la cantidad de ingresos debida a cuidados médicos, viajes, recreación, habitación, transporte y educación aumentará proba-

blemente.

#### V.7. Habitación.

En los cinco años pasados, las condiciones de la economía en general han resultado en una rápida expansión de oportunidades de trabajo y en un aumento de la migración de familias a la ciudad, especialmente en el grupo de ingresos más bajos. Al mismo tiempo, expansiones de las fábricas principales, la construcción del sistema de autopistas interestatales y la expansión del complejo capitolio del estado han resultado en una incrementada tasa de demoliciones de unidades habitacionales, predominando aquellas de bajo valor.

La combinación de estos factores mas una alta tasa de formación de familias ha resultado en un extremadamente alto surtido de viviendas de ingreso bajo y moderado, por lo que es evidente una marcada deteriorización del valor de la vivienda. El mercado privado, debido a una rebaja en el precio de costo, no ha podido construir para esa demanda. La construcción reciente de viviendas públicas y casas de ingreso moderado en la ciudad ha ayudado a remediar la situación; sin embargo, las tendencias indican que la vivienda adecuada para los grupos de ingresos moderados y bajos seguirá siendo un problema en el futuro. Una gran proporción de la población de la ciudad reside en casas separadas.

En la siguiente década habrá una gran demanda por nuevos alojamientos. La comisión de planeación dice que esto se deberá al incremento del ingreso per cápita y a un marcado incremento de personas jóvenes que alcanzan la edad para casarse.

La comisión proyecta una necesidad de más de 70,000 unidades habitacionales adicionales para 1990, por lo que, aunque se preferan las casas particulares, aumentará la demanda de apartamentos y multifamiliares, debido al aumento del costo de la tierra y a las limitaciones financieras individuales.

METROPOLIS es una comunidad típica del medio oeste en el sentido que el 72% de las familias viven en casas particulares y aproximadamente el 68% de las familias son propietarios de sus casas. Sin embargo, los propietarios están disminuyendo debido al marcado incremento de construcción de unidades multifamiliares desde 1964.

#### V.8. Tendencias del crecimiento futuro.

La terminación del sistema de supercarreteras interestatal influenciará bastante las tendencias del crecimiento futuro. Puede esperarse una intensa actividad económica cerca de los comercios principales sobre el sistema de supercarreteras. El sistema interestatal actual y mejoras a arterias en la ciudad han fomentado el crecimiento de muchas comunidades residenciales en los alrededores de METROPOLIS, y esas comunidades atraen un gran número de empleados de METROPOLIS, particularmente aquellos con ingresos medios.

El crecimiento de comunidades suburbanas ha dado como resultado la descentralización de actividades de venta al menudeo y un descenso de dicha actividad en el distrito central de negocios de METROPOLIS. Dos centros de compras regionales que se están construyendo al este y al oeste servirán como núcleos para futuros desarrollos residenciales.

Esfuerzos de desarrollo principiando en el área central, concentración de servicios gubernamentales estatales y una expansión continua de una comunidad estudiantil en el núcleo urbano, ayudarían a disminuir el descenso en el distrito de negocios central. Las condiciones de suciedad y drenaje y la economía de desarrollo dictaminarán que el crecimiento ocurra principalmente al este, sur y oeste del complejo urbano actual.

#### V.9. Finanzas Municipales.

Una historia de los gastos y réditos de la ciudad se muestra en las tablas V.2 y V.3. En la década pasada, el sistema escolar ha incrementado su demanda en aproximadamente 50% de todos los réditos a más del 60%. Se espera que esta tendencia continúe.

Los réditos derivados del impuesto a la propiedad en la década pasada, tanto para el sistema escolar como para el presupuesto municipal, han aumentado del 40% al 50% del total de los réditos; esto coloca un severo gravamen para el propietario. En suma, ha habido un consistente programa para revalorar más alto toda la propiedad para reflejar el verdadero valor de mercado. Durante este tiempo, la tasa de impuestos también ha crecido bruscamente de 27.5 a 47.6 milésimas de dólar.

Año	ESCUELAS				FONDOS GENERALES										Total \$
	Imp. sobre la propie- dad		Otros **		Imp. sobre la propie- dad		Ayuda es- tatal ***		Servicios		Basura		Diversos****		
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	
1960	1,945	19.1	2,037	20.0	2,345	23.1	814	8.0	697	6.9	55	.5	2,267	22.3	10,160
1961	1,968	17.9	2,466	22.4	2,803	25.5	917	8.3	746	6.8	62	.6	2,048	18.6	11,010
1962	2,301	18.5	2,635	21.2	3,266	26.3	1,015	8.2	760	6.1	65	.5	2,366	19.1	12,408
1963	2,466	17.9	3,026	21.9	3,547	25.7	1,262	9.2	1,113	8.1	90	.7	2,284	16.6	13,788
1964	2,565	23.8	3,087	20.7	3,675	24.6	1,414	9.5	1,130	7.6	91	.6	1,987	13.3	14,949
1965	4,383	27.2	3,283	20.4	3,789	23.5	1,423	8.8	1,196	7.4	91	.6	1,964	12.2	16,129
1966	4,918	28.7	3,889	22.7	3,774	22.0	1,498	8.7	1,242	7.2	91	.5	1,752	10.2	17,164
1967	4,626	26.2	4,848	27.4	4,305	24.4	1,693	9.6	1,480	8.4	141	.8	572	3.2	17,665
1968	5,635	30.5	4,470	23.7	4,739	25.1	1,656	9.0	1,396	7.4	113	.6	839	4.5	18,848
1969	6,827	29.6	5,648	24.5	4,854	21.1	1,655	7.2	1,386	6.0	120	.5	2,558	11.1	23,048
1970	6,821	29.2	5,835	25.1	5,138	22.1	1,811	7.8	1,336	5.7	125	.5	2,197	9.4	23,263
1971	8,153	33.6	6,086	25.1	5,241	21.6	1,835	7.6	1,436	5.9	200	.8	1,281	5.3	24,232

- \* En miles de dólares
- \*\* Contiene diversas ayudas estatales, fondos federales etc.
- \*\*\* Incluye impuesto de ventas, impuestos intangibles e impuestos de gasolina.
- \*\*\*\* Incluye réditos departamentales, licencias, rentas y diversos.

TABLA V.2 Presupuesto de Gastos de la Ciudad\*

Año	FONDOS GENERALES														Gastos Totales \$
	Escuelas		Calles		Alcanta- rillado		Bomberos		Recreación		Admin.		Diversos**		
	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	\$	%	
1960	5,601	55.1	974	9.5	743	7.3	1,130	11.1	400	3.9	346	3.4	966	9.7	10,160
1961	5,798	52.6	1,309	11.8	788	7.1	1,269	11.5	471	4.2	389	3.5	989	9.3	11,010
1962	6,591	53.1	1,393	11.2	810	6.5	1,442	11.6	472	3.8	434	3.4	1,266	10.4	12,408
1963	6,769	49.0	1,579	11.4	980	7.1	1,591	11.5	611	4.4	474	3.4	1,784	13.2	13,788
1964	7,593	50.7	1,599	10.6	897	6.0	1,757	11.7	688	4.6	582	3.9	1,833	12.5	14,949
1965	8,563	53.1	1,635	10.1	913	5.7	1,848	11.5	628	3.9	552	3.4	1,990	12.3	16,129
1966	9,508	55.4	1,521	8.9	767	4.5	1,903	11.1	603	3.5	561	3.3	2,301	13.3	17,164
1967	9,628	54.5	1,501	8.5	1,244	7.0	2,132	12.1	770	4.4	647	3.7	1,743	9.8	17,665
1968	10,724	56.9	1,395	7.4	1,440	7.6	2,315	12.3	901	4.8	810	4.3	1,263	6.7	18,848
1969	14,889	64.6	1,498	6.5	1,274	5.5	2,393	10.4	849	3.7	951	4.1	1,194	5.2	23,048
1970	14,355	61.7	1,695	7.3	1,156	5.0	2,526	10.9	963	4.1	977	4.2	1,591	6.8	23,263
1971	15,043	62.1	1,420	5.9	1,424	5.9	2,563	10.6	1,012	4.2	1,015	4.2	1,755	7.1	24,232

En miles de dólares  
Incluye el fondo de reserva para construcción, aeropuerto, estacionamientos y fondos de elección.

## CAPITULO VI

### FUNCIONAMIENTO DE METROPOLIS

Existen muchas versiones diferentes de metrópolis, dos de ellas, las versiones manual y de computadora. Todas las versiones son muy similares, y los procedimientos básicos para el funcionamiento del juego son idénticos en cada caso.

#### VI.1 Facilidades.

El espacio no es un factor crítico, y el juego puede realizarse con diferentes colocaciones. Se selecciona un cuarto que sea lo suficientemente grande para dar cabida al grupo, y en la que el jugador tenga abundante maniobrabilidad. El espacio seleccionado debe estar bien ventilado y debe mantenerse a una temperatura agradable cuando esté lleno de gente. El cuarto debe ser cuadrado o rectangular, con pequeñas mesas móviles y sillas cómodas. Es necesario tener un pizarrón (para propósitos de crítica) y un espacio en la pared para exhibir los papeles. (Si se trata de la versión por computadora, una copia completa de cada ciclo debe exhibirse en la pared. Se es posible, deben usarse pequeñas mesas redondas o trapezoidales, con un rol o papel (tres jugadores) en cada mesa. Un arreglo típico se muestra en la fig. VI.1. Note que el operador requiere una mesa grande y espacio para dejar su material. También note que el administrador (uno de los tres roles básicos) debe estar localizado lo más cercano posible a los cuadros de información. Hay tres razones para esto:

1. El Administrador necesita ese material más urgentemente que los otros roles.
2. El Administrador debe asistir al operador en llevarlos al corriente.

3. El Administrador se desarrollará mejor durante el juego teniendo la mayor información disponible.

Muchas clases de equipo pueden ser útiles, pues el juego, óptimamente, se llevará de seis a ocho horas jugándolo continuamente; es deseable tener cerca café y otros refrescos.

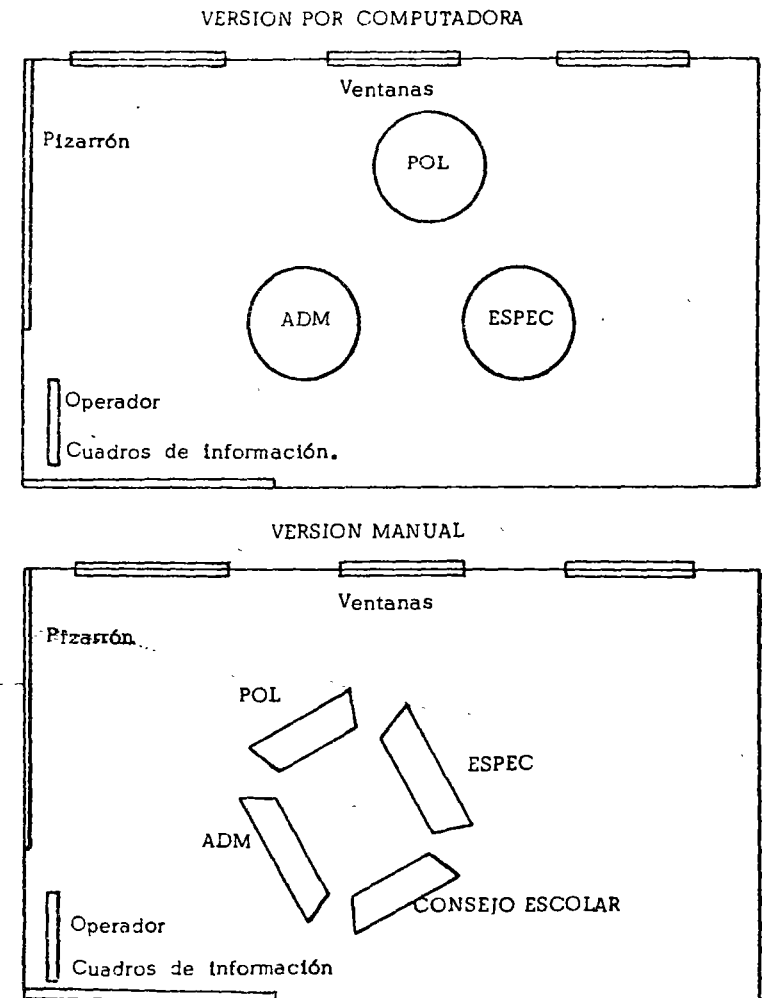
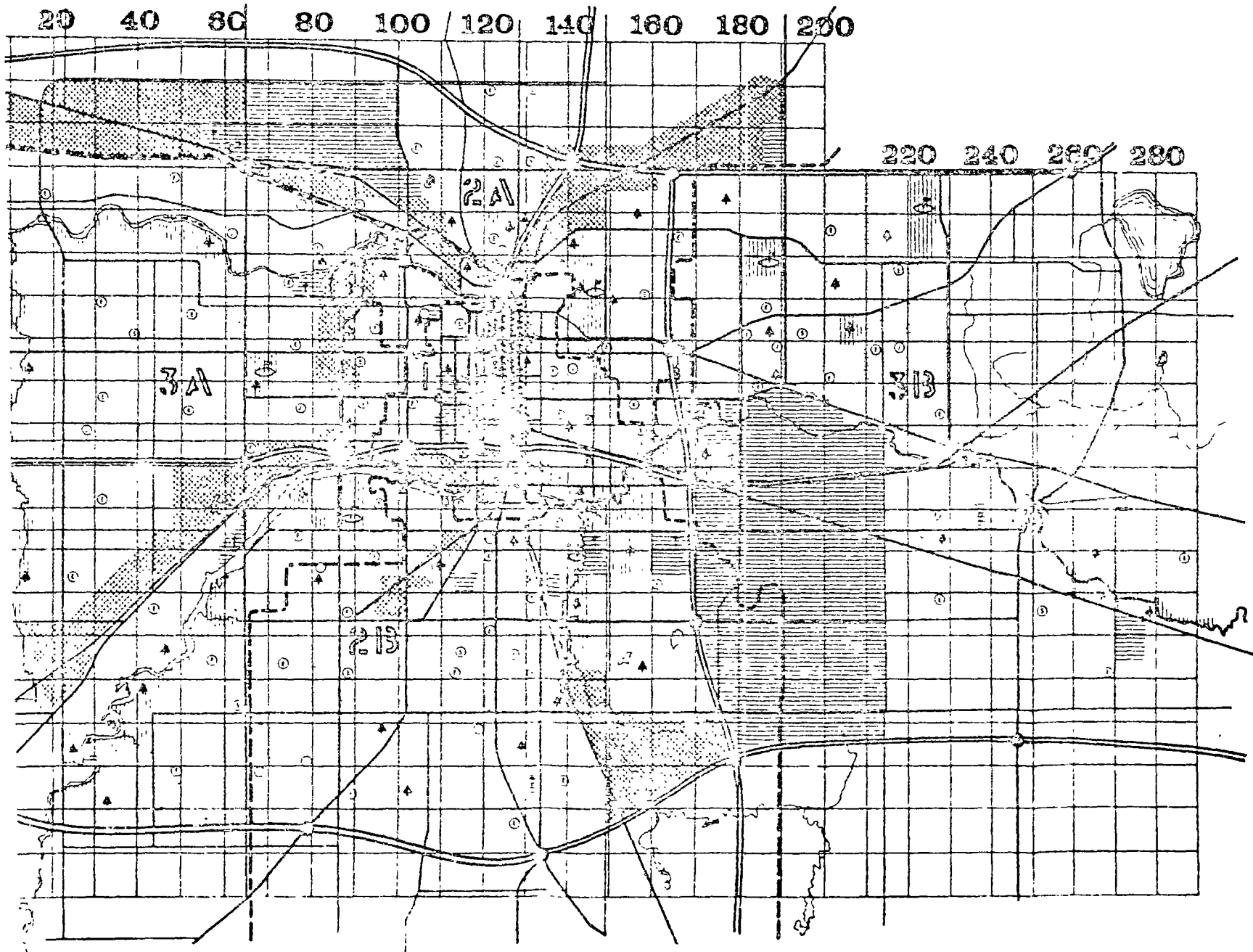


FIGURA VI.1. Arreglos típicos.

# MAPA DE METROPOLIS



-  RESIDENCIAL
-  COMERCIAL
-  INDUSTRIAL
-  PUBLICO
-  CEMENTERIO
-  CAMPO DE GOLF
-  PARQUE - RECREAC
-  CARRETERA LIBRE
-  AVENIDA
-  CALLE
-  VIA DE FERROCARRI
-  CRUCERO
-  ESCUELA PRIMARIA
-  ESCUELA SECUNDA
-  ESCUELA PREPARATO
-  LIMITE DE DISTRIT

Esto es importante, pues al avanzar el juego, los jugadores van involucrándose profundamente; si se les permitiera abandonar en cualquier momento, mucho del impacto del juego se pierde. Es importante tenerlos juntos y solo permitir descansos después de los ciclos 3 y 7.

Es una gran conveniencia tener calculadoras de escritorio; una por equipo es óptimo, pero con una para el operador es suficiente. Otros materiales que pueden ser útiles son:

- a) Tachuelas
- b) Cinta adhesiva
- c) Tijeras
- d) Lápices y blocks
- e) Ceniceros
- f) Dados
- g) Lápices de color (rojo, azul y verde)
- h) Un trozo de cordón
- i) Un asistente energético.

## VI.2 Escenificación.

Metrópolis puede realizarse ya sea como un ejercicio continuo (6 a 8 horas continuas) o en una serie de 6 a 9 sesiones de una o dos horas cada una. La primera de ellas es la mejor pues con ella se logra la mayor eficiencia; la experiencia es muy intensa, pues los jugadores se entregan profundamente a sus roles. No obstante, el ejercicio discontinuo es usado seguido y se presta muy bien para programas académicos.

Hasta que el operador obtenga experiencia en la mecánica del juego manual, este solo debe jugarse en forma discontinua, con tiempo para elaboración entre ciclos.

Se requiere que el operador presente el juego en cuatro estados distintos: Introducción, concurso, conclusión feliz y crítica.

La Introducción debe ser breve. Experimentos anteriores han acarreado esfuerzos introductorios muy exóticos y elaborados. Desafortunadamente, esto ha probado no tener más valor que el aprovechamiento mínimo absoluto.

El manual de los jugadores está diseñado para dar la información necesaria antes del juego; los jugadores deben leerlo y completar las formas de decisión para todos los roles antes de asistir a una sesión de juego.

La Introducción debe restringirse a una exposición mínima acerca de las facilidades y procedimientos durante el juego, seguida por un breve período de preguntas y respuestas acerca de las dudas de los jugadores acerca del material.

Entonces debe jugarse el ciclo 3, con deliberada y estricta adherencia al orden de juego y bajo un tiempo anunciado de una hora.

Hay que recordar que el juego es cíclico, cada ciclo representa un año de crecimiento para la comunidad. Una vez que los jugadores han pasado por un ciclo completo (año 3), podrán dominar rápidamente la mecánica y el juego se realizará rápidamente.

La fase de concurso resulta de una crisis introducida arbitrariamente, la cual deben resolver los jugadores.



Esta crisis debe ser suficientemente severa para probar el entendimiento de los jugadores tanto de los factores básicos de finanzas urbanas como la dinámica entre roles. El procedimiento es el de permitir un ciclo 4 normal, el cual permite a los jugadores desarrollar su postura dentro de sus respectivos roles; la introducción de una recesión económica en el ciclo 5, y al menos un ciclo más de juego para permitir una recuperación. La conclusión feliz es importante. Primero, los jugadores deben haber realizado ciclos suficientes para resolver la crisis (la cual tendrá mayor o menor dificultad dependiendo de una combinación de factores que difieren de juego a juego) y lograr un patrón financiero estable. Es importante que el juego, como un medio de aprendizaje, sea seguro; esto es, el jugador debe ser motivado a experimentar, aún con el riesgo de equivocarse. Si el juego se detiene arbitrariamente antes de que el jugador halla adquirido una oportunidad razonable de recuperarse de sus errores, la integridad de la experiencia del juego se reducirá.

El número de ciclos que se requiere para lograr una conclusión feliz es variable. Un grupo pequeño, cooperativo y sofisticado podrá detenerse en el ciclo 6. Grupos grandes, neófitos, requieren que el juego llegue hasta el ciclo 9. Como una regla general, el ciclo 7 es el punto final.

La crítica es el elemento simple más importante del juego. Propiamente concebida, la crítica es tanto una serie de mini-críticas al final de cada ciclo como una crítica final más formal. El propósito del juego es ayudar al estudiante a obtener un conocimiento de la dinámica urbana. La minicrítica que preceda cada ciclo debe tener dos propósitos principales; primero, resolver cualquier problema (mecánico o conceptual); segundo, reenfocar la atención sobre los objetivos básicos.

La minicrítica no debe tomar, normalmente, más de diez minutos. Si el juego es discontinuo, la minicrítica debe ser mayor y precede la iniciación del juego, para hacer que los jugadores se reestablezcan en el medio ambiente artificial del juego Metrópolis.

La crítica final es esencial, da la oportunidad a los jugadores de resolver aquellas dudas que subsistan, pero, más importante, da la oportunidad de examinar el sistema analíticamente. Se vuelve, entonces, en un intenso seminario sobre la naturaleza de los procesos de financiamiento urbano. El juego debe ser detenido deliberadamente aquí, y debe enfocarse la atención en la realidad. Un buen procedimiento a usar para la crítica es revisar los resultados, rol por rol, de tal forma que todos los jugadores conozcan lo que ha sucedido.

Si se han jugado varias jugadas simultáneamente, deben hacerse comparaciones. También se debe motivar a los jugadores a hacer comparaciones con fenómenos de la vida real.

### VI.3 Organización del Jugador.

Metrópolis ha sido jugado por un amplio rango de audiencias, desde estudiantes de secundaria hasta alcaldes de grandes ciudades, pero se ha probado que es igualmente útil con estudiantes de secundaria, estudiantes graduados y grupos de ciudadanos.

Es importante para el operador considerar el carácter, habilidad y propósito de la audiencia.

Generalmente, cuando la audiencia es poco sofisticada, el juego debe presentarse más simple, con una correspondiente lentitud en el desarrollo del juego.

Con grupos sofisticados, el juego debe jugarse rápidamente, aunque la crítica posterior debe ser muy concienzuda, un seminario de alto nivel.

Hasta que el operador haya adquirido alguna experiencia, debe trabajarse con grupos de reducido tamaño y debe jugarse la versión menos complicada del juego.

El tamaño del grupo encontrado raramente puede ser controlado arbitrariamente por el operador. Un probable tamaño del grupo puede ser estimado, pero el número actual no se puede conocer sino hasta que comienza el juego.

El tamaño óptimo del grupo es de nueve o combinaciones de nueve jugadas como juegos separados. Siempre que sea posible, todo rol dado será jugado por tres personas actuando como una sola. (Uno, cinco y siete son también combinaciones manejables, pero tres da el mejor resultado). La tabla VI.1 muestra combinaciones de tamaños de grupos de 3 a 29. Por el uso de juegos múltiples, pueden acomodarse rápidamente combinaciones arriba de 87. (Un solo operador no debe atender más de tres juegos simultáneos).

El operador debe estimar el tamaño del grupo, entonces resuelve una estrategia de distribución de jugadores con el criterio más urgente. Después de que los jugadores hayan completado el ciclo 4, es conveniente empezar a mezclar procedimientos (fig.VI.2), de tal forma que cada equipo contenga un jugador de cada uno de los equipos anteriores. Esto garantiza una básica familiaridad con las reglas de cada papel de por lo menos un miembro de cada grupo recién formado.

Cada ciclo los equipos deben ser reformados selectivamente para asegurar que cada jugador será posible en un rol diferente (y si es posible en todos los roles). Cualquier jugador que fracasa al desempeñar adecuadamente un rol será cambiado a otra posición.

Cada jugador es asignado con un número de 1 a 3, que corresponde a su posición en la sala.

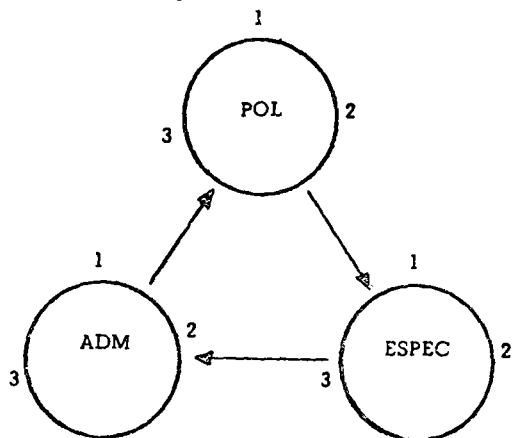
TABLA VI.1.DISTRIBUCION DE JUGADORES.

Opción No.	Clase de tamaño	No. de jugadores cada rol			Consejo es	** Reporter
		Político	Administrador	Especulador		
1	3	1	1	1	-	-
2	4	1	1	1	1	-
3*	9	3	3	3	-	-
4*	10	3	3	3	1	-
5	11	3	3	3	1	1
6*	13	3	3	3	3	1
7	17	5	5	5	1	1
8*	19	5	5	5	3	1
9	21	5	5	5	5	1
10	21	5	5	5	5	1
11	27	7	7	7	5	1
12	29	7	7	7	5	3

\* Los juegos múltiples son óptimos porque permiten un nivel más intenso y un análisis entre ciudades durante la crítica. Si se tienen 3 juegos simultáneos, la opción 3 requiere 27 jugadores, la opción 4 requiere 40, la opción 6 requiere 39, la opción 8 requiere 57, etc.

\*\* El reportero es un pseudo-rol; el operador debe establecer actividades y cargos según sea apropiado para la circunstancia particular.

FIG. VI.2. Rotación típica de Jugadores.



Ciclo 4, como se muestra  
 Ciclo 5, rotación de 1  
 Ciclo 6, rotación de 2  
 Ciclo 7, rotación de 3

Ciclo 8, rotación de 1  
 Ciclo 9, rotación de 2  
 Ciclo 10, rotación de 3

Si hay 5 jugadores por equipo se asignan los números 2a, 2b y 3a, 3b. Estos números tienen 3 propósitos:

- 1) Cada jugador tiene una parcela (un área geográfica en la cual vive y con la cual experimenta una identidad).
- 2) En el momento de rotación, aquellas que deben moverse pueden establecerse por número, más que por el nombre, acelerando el paso.
- 3) Los políticos, en el tiempo de elección, deben ponerse para elección en su sitio particular.

Los jugadores deben ser alentados a cambiar roles para mejorar su propio conocimiento y para mejorar la eficacia del juego.

#### VI.4 Pasos del Juego. (Secuencia típica)

Un ciclo de Metrópolis siempre sigue la secuencia siguiente. En la versión por computadora, todos los cálculos son automáticos y nada laboriosos. En la versión manual, estos cálculos son algo reducidos en complejidad, pero deben ser realizados por el operador. Es importante tener en mente que no importa cuantas personas caractericen un rol particular en un equipo, habrá una decisión para el rol político, una para el rol del administrador y una para el rol del especulador. Todas las formas presentadas al operador son confidenciales: una decisión de uno de los roles no será revelada a los otros jugadores. Todos los jugadores de un equipo tienen libertad de hablar con los otros jugadores tanto como lo deseen.

Una vez que todas las decisiones de un equipo están hechas, deberán ser metidas a la computadora (versión por computadora) o entregadas al operador (versión manual), y se distribuirán nuevas series de formas.

Normalmente se requiere de aproximadamente una hora para completar un ciclo, aunque es posible que aumente algo en los últimos ciclos. Es conveniente no decir a los jugadores con anticipación cual será el último ciclo, para evitar casos extremos de estrategización de fin de juego. Normalmente, un mínimo de siete ciclos es obligatorio.

#### VI.4.a. Distribución de la Gaceta del Ciudadano.

La gaceta del ciudadano es una descripción de los proyectos específicos o necesidades de la comunidad.

Esencialmente, hay tres categorías de noticias: (1) Noticias locales, pensadas para avisar a las distintas demandas de los ciudadanos. Estas noticias indican las áreas problema por distrito dentro de la ciudad. (2) Noticias estatales, pensadas para dar algunas guías para decisiones inminentes y para servir como un marco de referencia para aquellas decisiones encontradas en la encuesta de la opinión pública. (3) Noticias nacionales, pensadas para indicar el estado de la economía y otras influencias externas apropiadas que deben ser consideradas al hacer varias decisiones internas.

Si se le pone cuidadosa atención al periódico, los jugadores pueden anticipar varias crisis e iniciar cursos de acción apropiados. La mayor limitación del periódico es que de tiempo en tiempo ocurren situaciones durante el juego que hacen obsoletas partes del mismo. La alternativa de desarrollar un periódico para cada ciclo durante el curso del juego es deseable, pero requiere una gran ingeniosidad del operador.

#### VI.4.b Terminación de la encuesta de la Opinión Pública.

La encuesta de la opinión pública la completa cada equipo; se permite comunicación entre los equipos, pero se mantiene estricto secreto sobre las distintas decisiones logradas por cada equipo. Los acuerdos logrados en la votación de un evento dado representa la decisión final de un equipo. Los eventos que son introducidos por el voto de la opinión pública intentan reflejar el tipo de eventos que pueden encontrarse con frecuencia en una comunidad típica. Hay tres eventos cada vez: eventos críticos que requieren desembolso o fondos sobre períodos extensos; eventos menos críticos cuyo resultado influenciará el estado de un rol dado; eventos menores que están destinados a complicar el proceso de decisión, requiriendo que los jugadores hagan juicios de valor en cuanto a qué decisiones son críticas.

Sobre un evento dado, solo se presentan tres alternativas: Apoyo inmediato, aplazamiento y rechazo completo final. En aquellos casos en que se logran acuerdos, la acción es final y consecuencias apropiadas se introducen al juego. Eventos en las que el convenio no se logra, son aplazadas y deben resolverse en el siguiente ciclo. Cuando esto ocurre, se da un castigo contra los jugadores por su indecisión. Para acelerar el juego, no se permite un segundo aplazamiento para un evento.

La encuesta de la opinión pública tiene una profunda influencia sobre el juego a través del tiempo. De las decisiones resultan tres tipos de efectos principales:

- Después de que un acuerdo es logrado, se fijan apropiadas consecuencias para años futuros; para los proyectos más significantes estos aspectos pueden extenderse hasta seis años. Dependiendo de que alternativa sea elegida, los anuncios consecuentes influenciarán el crecimiento de la población de Metrópolis en años futuros en una forma positiva o negativa.
- Algunos eventos (al menos una cada ciclo), si son aprobadas, resultan en la obligatoria inclusión en el presupuesto del año siguiente. Los jugadores pueden entonces ejercer considerable presión sobre la política, forzando proyectos para ser incluidos, o cooperando en posponer o rechazar proyectos.
- Finalmente, cada evento lleva castigos o premios para los distintos roles, el impacto de eso es recibido en el año de decisión.

#### VI.4.c. Distribución de las formas de decisión.

##### a) Forma de decisión del Administrador. (Forma 4)

Esta forma es, en efecto, el segundo año de un programa de mejora de capital de cinco años. Esto es porque, aunque está siendo recomendado para el año siguiente, los jugadores no están enterados de las decisiones del presupuesto para el año actual. Este retraso de dos años está diseñado para conducir algunas de las dificultades que el administrador afronta al proyectar gastos futuros, mientras que al mismo tiempo el artificio es suficientemente simple para evitar trabajo excesivo por parte del jugador.

La administración proporciona dos ayudas en su favor: una lista de proyecto de la cual ellos pueden elegir (forma 14) y un grupo de proyectos recomendados por sus jefes de departamento, la edición de la gaceta del ciudadano llamada "Edición Bola de Cristal". Estos últimos son elegidos para coincidir con los eventos locales incluidos en el boletín informativo de aquí a un año y representan información por adelantado para la administración. La administración debe primero estimar los réditos que estarán disponibles y después listar los proyectos deseados, teniendo cuidado de las decisiones presupuestales afrontadas por los políticos. Una consideración opcional es la distribución por distritos.

##### b) Forma de decisión del Político (Forma 3).

Requiere, primero, que todos los proyectos obligatorios sean incluidos. Estos son de dos categorías: todo proyecto para años múltiples, una vez empezado, debe continuarse hasta su terminación normal. Todo proyecto nuevo introducido como el resultado de la decisión de un evento en la en-

cuesta pública debe también ser terminado. Los políticos pueden gastar los fondos sobrantes como quiera que ellos elijan, mientras que los fondos asignados están restringidos a proyectos apropiados.

El político puede desarrollar proyectos (favores) por distritos para promover su aceptación en un distrito dado.

La decisión final que se requiere es la de determinar la tasa de impuesto que se usará en el presupuesto del siguiente año. En efecto, esto constituye la iniciación del siguiente ciclo para el político. Hay un retraso normal de un año en la colección de réditos después de que la tasa es puesta. (El presupuesto resultante representa fondos disponibles para el siguiente ciclo).

c) Forma de decisión del especulador (Forma 5). Requiere primero que una decisión sea hecha en cuanto al efectivo que debe guardarse a la mano. Este dinero puede ser usado para "contribuciones para campaña" o puede simplemente mantenerse hasta que los prospectos sean más favorables. Si los nuevos prospectos son cuidadosamente interpretados, esto puede tener una influencia considerable sobre el rédito generado por la inversión.

Los fondos invertidos son primero asignados por distrito y después, dentro del distrito a tipos de uso de términos.

El cálculo de los réditos se describirá detalladamente más adelante.

Generalmente, el especulador tenderá a invertir en distritos donde el espera fuertes salidas de capital o distritos donde los eventos se resolverán en favor de alguna construcción pública mayor.

d) Forma de decisión del consejo escolar (Forma 6) (es usada solo en la versión manual).

Requiere, básicamente, una exacta estimación de los gastos escolares para el siguiente ciclo.

Esto se logra estimando primero la población total de la comunidad, calculando la población estudiantil con una tasa estandar (.184%), estimando el costo promedio por niño estudiante, y multiplicando por un gasto total. Es también urgente que el consejo escolar busque apoyo para los eventos relacionados con la escuela en la encuesta pública.

#### VI.4.d. Cálculo del Presupuesto (Forma 8).

El presupuesto para el año actual es función de muchos factores, muchos de los cuales están directamente influenciados por la realización de juego. Los factores críticos son: (1) El nivel de población de la comunidad, el cual es en parte función del índice de prosperidad, un dispositivo que pretende simular el rango de cambio de crecimiento reflejado por agresividad general de la comunidad al contender con sus problemas.

Para todo evento que se decide en la encuesta pública se aplican correspondientes premios o castigos contra el índice de prosperidad y, a su vez, resulta en un mayor o menor incremento en población. (2) Un parámetro en el cálculo del presupuesto, el cual está bajo el control del operador.

Este es el factor llamado "rédito del impuesto sobre la no propiedad", el cual permite al operador del juego manipular el nivel general de prosperidad en la comunidad.

La computación de réditos resulta en la determinación de fondos discretos disponibles para proyectos de capital. Esto se deriva de una manipulación matemática simple de seis variables, tres de las cuales están pre-determinadas completamente dentro del control de los jugadores. Estas variables están descritas en el orden de aparición en la hoja de computadora:

a) Población.- Es función de la importancia de la encuesta pública sobre tendencias de crecimiento pasadas. Mientras más grande sea la población, mayor serán los réditos generados y mayor será la necesidad de servicios (costo público).

b) Impuesto Promedio por Persona.- Está predeterminado y se deriva de los datos básicos de la comunidad. Representa una valuación típica sobre bases per cápita como una función dirigida.

c) Tasa de Impuestos.- Se aplica al valor total de impuesto para determinar la cantidad total disponible antes de gastos escolares. El político es libre de poner esta tasa en cualquier punto que él elija; sin embargo, hay muchos castigos en el juego para desviaciones muy bruscas de los patrones existentes. Los castigos por fluctuaciones excesivas en la tasa de impuestos son severas y se reflejan en la probabilidad de reelección del político en los distintos distritos. Los jugadores son informados de las tendencias históricas de la tasa de impuestos para entender que la mecánica del juego proporciona castigos si ciertos niveles críticos son excedidos.

d) Impuesto sobre la no-propiedad.- Es predeterminado o modificado por el operador para representar cambios exógenos en la economía. Inicialmente es igual a los réditos generados por el impuesto sobre la propiedad.

Esta variable es alterada para causar una depresión económica.

- e) Gastos Escolares.- También están predeterminados, excepto cuando se usa la opción del consejo escolar. Estos gastos están incluidos para dramatizar la magnitud de fondos expedidos para este propósito y la naturaleza autónoma de la agencia que controla dichos fondos. Un factor de corrección es incluido para demostrar que cuando el crecimiento de la población exceda un nivel dado (inmigración), los gastos escolares son sensitivos a ello y deben ser compensados. Esta variable también está sujeta al conveniente control del operador.
- f) Fondos discrecionales disponibles.- Se calculan como el 20% de réditos netos de la ciudad y están subdivididos dentro de cuatro categorías que representan los departamentos principales de la ciudad que controlan los gastos en la comunidad: calles, servicios, parques y recreación y el fondo general. Podrían emplearse más categorías, pero esto abrumaría rápidamente a los jugadores. Más aún, estas tienden a ser las áreas de gastos que tienen el mayor impacto sobre las tendencias de crecimiento de la comunidad o las que tienen un mayor impacto emocional (particularmente parques y recreación). Los valores usados son calculados como un porcentaje del presupuesto total de la ciudad y se derivan también de la comunidad base; están, además, sujetos a cambios por el operador.

#### VI.4.e Cálculos de fin de Ciclo.

Estos cálculos implican un gran número de encadenamientos computados específicamente para reforzar las decisiones realísticas por parte de los diferen-

tes equipos. Cuando se han terminado estos cálculos, la posición actual de cada equipo se anuncia públicamente y, cuando sea apropiado, se realiza una elección. Los cálculos de fin de ciclo se completan en dos etapas:

- a) Cálculos generales.- Un listado de proyectos actualmente presupuestados anotados en cantidad de dólares por distrito y un listado similar de proyectos que han sido recomendados en el programa de mejora de capital pero omitidos en el presupuesto anual. Los resultados de estos cálculos son usados en la siguiente etapa.
- b) Cálculo de las posiciones actuales de los respectivos roles (Formas 7, 11, 12, y 13).
- El administrador es penalizado por el grado de porcentaje de error en el cálculo de los fondos disponibles y premiado por todos los proyectos logrados sobre un nivel base. Todos los puntos ganados o perdidos por la resolución de eventos también son asignados.
  - El político es penalizado severamente si la tasa de impuestos excede una cifra determinada (para recalcar la naturaleza crítica de esta variable) y es penalizado por cualquier proyecto no logrado, sobre ciertos límites. Los premios son asignados en cualquier distrito donde los gastos excedan substancialmente los gastos promedio por distrito y severos castigos son aplicados si se permite a cualquier distrito caer debajo de la mitad del gasto promedio por distrito. Este mecanismo permite al político alguna libertad en proporcionar favores, pero teniendo limitaciones para dicha actividad.

- Los réditos del especulador son producto de tres factores: la cantidad de gasto público en un distrito dado; toda bonificación que pueda surgir como el resultado de determinaciones de eventos; y bonificaciones basadas sobre oportunidad, pero relacionadas al probable pago de los tres tipos de terreno usados.
  - El rol del consejo escolar es penalizado o premiado sobre lo correcto de sus estimaciones de réditos disponibles; es también premiado por eventos del consejo escolar que se aprueban y penalizado si fracasan.
- Los registros de fin de ciclo proporcionan datos fáciles de leer que informan como fué afectada la ciudad por las decisiones tomadas en el ciclo que acaba de terminar. Estos registros incluyen: (a) Acumulación de cartas de crecimiento (cuadro de información 1). (b) Probabilidad actual de reelección de los políticos (cuadro de información 2); (c) Un registro de la acumulación de infraestructura (cuadro de información 3), el cual, mientras es informativo para los jugadores, es de interés particular para el especulador como una ayuda para estimar patrones de gastos para el año actual; (d) Un registro de proyectos terminados (cuadro de información 4), el cual indica el estado actual de todo proyecto y es usado por todos los jugadores y el administrador del juego. (e) Patrones de variables físicas críticas: impuesto escolar como un porcentaje de los réditos totales (cuadro de información 5), réditos de impuestos sobre la no propiedad (cuadro de información 6), la tasa de impuestos (cuadro de información 7), réditos disponibles (cuadro de información 8), crecimiento actual de la población (cuadro de información 9 y 10) y, finalmente bonos escolares (cuadro de información 11).

#### VI.4.f. Elección.

Se realiza una elección al final de cada año par, empezando con el año cuatro. Del cuadro de información 2 el operador establece la probabilidad actual de elección para cada político. Cada político tira un solo dado, y si el número resultante es igual o menor que su número de probabilidad, él gana. Si pierde, debe cambiarse a otro equipo.

#### VI.4.g. Mini-Crítica.

La minicrítica sirve como una oportunidad para corregir los problemas mecánicos desarrollados en el juego; para mantener a los jugadores motivados hacia los objetivos establecidos del juego. En una corrida continua, la minicrítica se usa para abrir cada ciclo.

#### VI.5 Escenario.

El propósito del ejercicio es el de ayudar a los jugadores a comprender el sistema físico urbano y la estructura económica que lo controla. Para lograr esto, se requiere un momento de tensión o crisis (después de que los jugadores se familiaricen con la mecánica del juego), el cual fuerza al jugador a los límites del sistema. Esto se logra controlando los fondos discretos disponibles para los políticos. Los valores aproximados a conseguir se muestran en la fig. VI.3. Brevemente interpretada, dicha figura indica un período inicial de gradual aumento en la prosperidad (ciclos 1 a 4), después una brusca depresión (ciclos 5 y 6) seguida de una elevación estable hacia niveles prósperos (ciclos 7 a 10).



Los jugadores fijan la tasa de impuesto cada ciclo y generalmente la aumentan ligeramente para generar más réditos. El operador debe mantener la exposición razonada del ejercicio en mente todo el tiempo y debe observar cuidadosamente las estrategias de los jugadores.

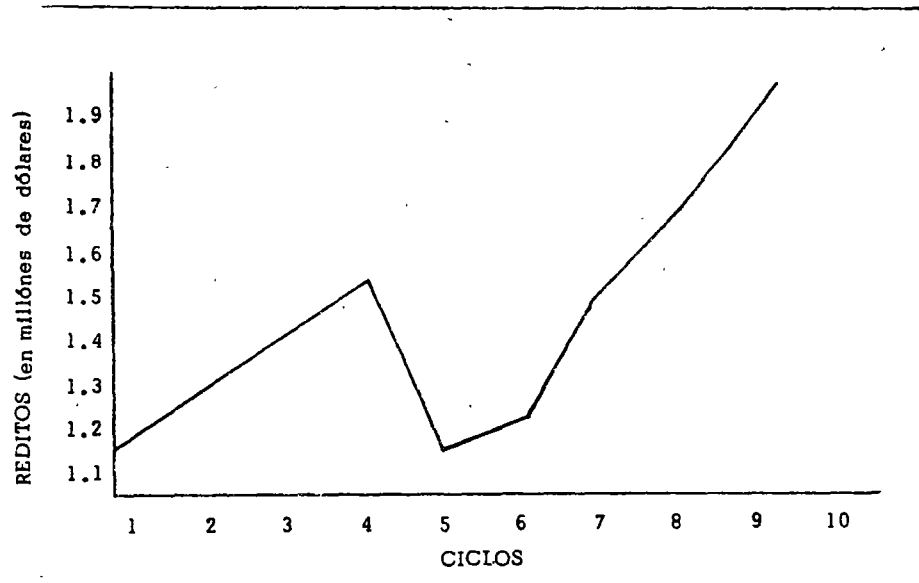


FIG. VI.3. Patrón probable de generación de réditos.

Cuando es tiempo de que ocurra una depresión, el operador puede causarla a pesar de los esfuerzos de los jugadores. El simplemente ajusta una o más de las tres opciones abiertas para él. Estas opciones son:

- 1) Valuación de Impuestos.- Para disminuir réditos, disminuir el valor del impuesto. Esto normalmente ocurrirá solo durante una recesión prolongada; consecuentemente, es la menos usada de las tres opciones.
- 2) Impuesto Escolar.- Para reducir réditos, aumentar el porcentaje del total de réditos dados a las escuelas. Esto es razonable en tiempos de crecimiento muy rápido. Esta variable no debe alterarse arbitrariamente si el rol del consejo escolar se está jugando.
- 3) Réditos de impuestos sobre la no-propiedad.- Para reducir réditos, reducir el porcentaje de réditos de impuestos sobre la no propiedad. Esta es la opción más frecuente y más preferible. Refleja pérdida de impuesto sobre ventas de mini-depresiones.

Cada una de estas opciones tiene una gran influencia y las tres usadas juntas tienen un control absoluto. El operador debe considerar su estrategia y hacer sólo los pequeños ajustes necesarios para realizar la forma de la gráfica como se muestra.

La curva graficada puede ajustarse arriba o abajo, esto se logra en forma simple empezando el ejercicio con una o más de las opciones puestas más alto o más bajo. Dicho ajuste podría ser necesario si el ejercicio necesitara de algún evento o proyecto con propósito especial para hacer algún punto particular.

Así como el operador sabe qué acciones tomar, la forma de la curva de ré-  
ditos está bajo su control directo.

Ya que METROPOLIS es un dispositivo de enseñanza, el uso caprichoso del poder  
del operador resulta siempre inapropiado.

De la discusión anterior, es fácil darse cuenta de que las opciones pueden  
también ser transferidas a miembros selectos de los equipos que están ju-  
gando, a pesar de que el cambio de la tasa de impuestos está en manos del  
político.

Los valores propuestos se muestran en la tabla VI.2.

TABLA VI.2. PARAMETROS DE LOS REDITOS PROPUESTOS \*

Ciclo	Réditos de impuestos sobre no-propiedades.	Valor del impuesto per cápita.	Fondos escolares como % de los réditos totales **
1	1.00	1350	.630
2	1.00	1390	.636
3	1.00	1475	.631
4	.95	1490	.636
5	.65	1490	.641
6	1.35	1500	.646
7	1.00	1510	.651
8	1.00	1530	.660
9	1.00	1580	.670
10	1.00	1660	.680

\* Estos valores son usados en un ciclo dado en el cálculo del presupuesto para  
años siguientes.

\*\* Los valores mostrados son proporciones, que es la forma en que son guardados  
en la computadora y la forma en que deben introducirse si se desea cambiarlos.

Estos son valores usados por el programa durante el ciclo indicado. Nuevos  
valores pueden substituirse (solo para ese ciclo) por los valores propuestos  
durante un ciclo dado.

#### VI.6 Formas Alternativas del Juego.

Es posible, a través de la intervención del operador y de innovación, jugar  
METROPOLIS bajo diferentes formas o estilos de juego. Hay cuatro variantes  
básicas:

- 1) Ciudades Múltiples: Esto implica dispersar a los jugadores en dos o más  
ciudades. El juego procede exactamente igual que antes. Durante la crítica,  
comparaciones entre ciudades se enfatizan. El límite efectivo de ciudades  
que pueden ser jugadas simultáneamente es probablemente tres.
- 2) Manipulación del parámetro "Réditos de Impuestos sobre la no-propiedad":  
Esto debe hacerse en una corrida normal para compensar una situación en  
la cuál la depresión sea demasiado severa como para que los jugadores se  
recuperen, o demasiado suave o como para tener un serio impacto. Esto se  
logra reduciendo o aumentando el valor para el ciclo 6, o ciclos adicionales  
según se requiera.
- 3) Crecimiento rápido de la ciudad: Este tipo de ciudad crea problemas espe-  
ciales a los jugadores que deben contender con ella. Esto se logra fijando  
los factores de crecimiento a seis para cada uno de los tres primeros ci-  
clos y aprobando todos los eventos en la encuesta de la opinión pública para  
los primeros tres ciclos, antes de que los jugadores comiencen.

- 4) Ciudad en decadencia: Esta ciudad tiene una economía agonizante, la cual debe mantenerse de algún modo. Esto se logra fijando los factores de crecimiento a menos de seis para los tres primeros ciclos y reduciendo la variable del valor promedio impuesto per cápita en un 10% cada ciclo, empezando el ciclo 4.

VI.7 Forma para uso del Operador. (Secuencia de Actividades).

1. Jugadores e instructores leen sus respectivos manuales.
2. Distribuir forma 1 y forma 2. Sobre las bases de los resultados del ciclo 2 y el periódico del ciclo 3 (forma 1, ciclo 3), los jugadores completan su encuesta de la Opinión Pública (forma 2, ciclo 3).
3. El operador recoge las encuestas de la Opinión Pública terminadas. (forma 2).
4. El operador distribuye las formas de decisión de los jugadores.
  - Político (forma 3)
  - Administrador (forma 4)
  - Especulador (forma 5)
  - Consejo Escolar (forma 6)
5. El operador tabula los réditos de la encuesta de la Opinión Pública (forma 2) usando la forma 9, columnas E, F y G, entonces, regresa los originales a los equipos apropiados.
6. El operador registra el impacto de las decisiones de la encuesta de la decisión pública. Usando los resultados de la forma 9, el operador selecciona la alternativa correcta y registra los resultados:
  - a) Posición actual del Administrador (forma 12) de la columna A, forma 9.
  - b) Posición actual del Especulador (forma 13) de la columna C, forma 9.

- c) Posición actual del Político (forma 11) de la columna B, forma 9.
  - d) Posición actual del Consejo Escolar (forma 7) de la columna A, forma 9.
  - e) Cuadro acumulador de crecimiento (cuadro de información 1) de la columna D, forma 9.
7. El operador transfiere las decisiones del administrador del ciclo previo (forma 4) al progreso del proyecto (forma 10).
  8. El operador recoge las decisiones del especulador (forma 5) y completa el registro de las posiciones actuales (forma 13).
  9. El operador recoge las decisiones del político (forma 3) y completa el registro del político de posición actual. (forma 11).
  10. El operador completa el progreso del proyecto (forma 10).
  11. El operador termina la computación de los réditos (forma 8); lleva los cuadros de información 5, 6, 7 y 8 a valores del ciclo actual.
  12. El operador recoge las decisiones del consejo escolar (forma 6) y completa el registro de posición actual (forma 7).
  13. El operador recoge las decisiones del administrador (forma 4) y completa el registro de posición actual (forma 12).
  14. El operador anuncia los resultados de cada evento (forma 9)
    - a) ¿Qué alternativa fue elegida (columna G)?
    - b) ¿Cuál fue el impacto sobre cada rol (columnas A, B y C)?
  15. Anuncia los resultados individuales del registro de cada jugador de estado actual (formas 11, 12, 13 y 7) y carta de crecimiento (cuadro de información 1).
  16. Hace una elección sobre los ciclos pares.
  17. Pega los cuadros de información 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 durante todo el ciclo actual.

## C A P I T U L O   V I I

### EL JUEGO MANUAL

El ciclo 3 del juego manual es llenado como un ejemplo para el operador y los jugadores. El operador está capacitado para hacer una carrera de ensayo de todos los mecanismos para el ciclo 3 antes de empezar el juego. El uso actual de las formas es más simple que el que implica en la descripción escrita. Se aconseja al operador correr el ejercicio en serie la primera vez que se usa. (Un período de clase durante el cual se completan las formas, espaciada con por lo menos, varias horas durante las cuales las formas son procesadas) Un operador con experiencia puede completar todas las formas en 15 ó 20 minutos, o durante el período normal del juego. Para desarrollar la habilidad inicial el operador debería remover todas las formas para el ciclo 3 y revisarlas a mano, refiriéndose a la versión del capítulo que describe "como completar las formas", siempre que aparezca una pregunta. En algunos casos se les puede pedir a los jugadores que completen su propio récord para apresurar la computación. Un procedimiento alternativo es hacer que cada equipo compute el récord de otro equipo.

El operador debería remover un paquete completo para iniciar cada ciclo.

#### VII.1 Como completar las Formas.

##### FORMA 1

Gaceta del ciudadano: Distribuir cada una de las 4 copias a los equipos designados en la parte superior del periódico. Asegúrese que al administrador le toque la "Edición Bola de Cristal".

##### FORMA 2

Encuesta de la opinión pública: Distribución de cada una de las 4 copias al equipo que está designado en la forma. Recordar al equipo que el grupo debe hacer uno solo, uniéndolo las decisiones, las cuales serán marcadas por una cruz en el lugar correspondientes.

##### FORMA 3

Forma de decisión de los políticos: Los artículos nombrados en esta forma deben ser completados siguiendo una secuencia:

- 1) La estimación de impuestos que serán usados en el próximo ciclo, deberán ser dados como una decisión del equipo de los políticos.
- 2) El presupuesto disponible se puede obtener de la forma 8 (línea 13).
- 3) Los proyectos de la encuesta de la opinión pública se pueden obtener del cuadro de información 4. Para obtener los proyectos obligatorios ha llevar en este ciclo, vea la columna del "número del año" correspondiente al ciclo actual. Cualquier proyecto marcado con una "o" debe ser aplicado en la forma 3.
- 4) Los proyectos a largo plazo pueden obtenerse del cuadro de información 4, de proyectos terminados. Para obtener los proyectos obligatorios a largo plazo a llevar en este ciclo, vea abajo la columna para el "número del año" que corresponda al ciclo actual. Cualquier proyecto marcado con una "X" debe ser aplicado ahora a la forma 3. (asegurese de eliminar cualquier redundancia de los proyectos catalogados en el paso previo (encuesta de la opinión pública).
- 5) Las recomendaciones del administrador deben ser obtenidas del cuadro de información 4, como se decidió en el ciclo anterior. Los políticos pueden ignorar cualquiera, o todas las recomendaciones, si se prefiere así.

Los políticos pueden adherir cualquier proyecto extra que deseen para seleccionar de la lista de proyectos, forma 14. Todos los proyectos deberán ser totalizados en la línea 6. Si esto se pasa de la línea 2, el político puede escoger entre aumentar un proyecto adicional, o tener un excedente en el presupuesto del año próximo.

- 6) El costo total del proyecto es la suma de las líneas 3, 4 y 5.
- 7) El excedente total es el total del costo del proyecto (línea 6) restado del presupuesto disponible (línea 2).
- 8) El déficit total es el exceso de la línea 6 sobre la línea 2.

#### FORMA 4

Forma de decisión del administrador: Los artículos numerados en esta forma deben ser completados siguiendo una secuencia:

- 1) La decisión más crucial es la línea 1. Solo después de que el administrador haya declarado las estimaciones, puede ser completada el resto de la forma. Para completar la línea 1, el administrador puede usar una forma corta estimando la curva del próximo año en el cuadro de Información 8. Para usar un procedimiento más preciso de estimación, el administrador debería hacer el ensayo de la Forma 8, anticipando todas las variables del año que viene.
- 2) Proyectos requeridos por la encuesta de la opinión pública, deben incluir tanto los aprobados durante el último ciclo, (cuadro 4) como aquellos que han sido decididos actualmente. El administrador debe, sin embargo, adivinar como está siendo resuelta la encuesta de la opinión pública actual: usar medios más útiles para encontrar como votaron los otros equipos.

- 3) Los proyectos a largo plazo pueden ser obtenidos del cuadro de Información 4, registro de proyectos terminados. Seleccionar y llevar el registro de todos los proyectos marcados con una "X" en las columnas para "el número del año" que corresponden al siguiente ciclo que será jugado. Marque también cualquier proyecto marcado con una "R". Estos fueron recomendados previamente por el administrador a los políticos. Si son aprobados por los políticos este año, deben ser anticipados en el presupuesto del próximo año.
- 4) La "Edición de la Bola de Cristal" es la copia de la gaceta de los ciudadanos (Forma 1) la cuál fué distribuida al administrador en el ciclo actual.
- 5) Incluya todos los proyectos nombrados en las líneas 2, 3 y 4.
- 6) Si la línea 5 no corresponde a la línea 1, la línea 5 prevalecerá, esto quiere decir que la suma de los proyectos recomendados actualmente, permanecerán como las estimaciones del administrador de los ingresos disponibles para el próximo año.

#### FORMA 5

Forma de decisión del especulador: Los artículos numerados en esta forma deben ser completados siguiendo una secuencia.

- 1) El valor neto se obtiene de "la posición actual del especulador" (Forma 13, línea 7) preparada al final del ciclo anterior.
- 2) Si el especulador desea retener cualquier dinero, éste debe ser anotado aquí.
- 3) Si el especulador desea contribuir a la campaña de algún político, la contribución debe ser anotada aquí.
- 4) Línea 1, menos las líneas 2 y 3.
- 5) La suma de la línea 4 debe ser asignada a un distrito o distritos por el especulador.

- 6) La suma asignada a los distritos deben ser situadas en alguna categoría de uso de tierras.
- 7) Un par de datos deben ser tirados nueve veces, y los valores registrados.

#### FORMA 6

Forma de decisión del consejo escolar: los artículos nombrados en esta forma deben ser completados siguiendo una secuencia.

- 1) La población total para el próximo ciclo debe ser estimada, proyectando una estimación del cuadro de información 9 (usando la plantilla del cuadro de información 10).
- 2) El factor 0.184 es un estándar dado.
- 3) Línea 1 multiplicada por la línea 2.
- 4) Esto debería ser estimado por el equipo del consejo escolar, su mejor conjetura profesional debe ser registrada bajo 4c.
- 5) Línea 3 multiplicada por la línea 4c.
- 6) Calcular el porcentaje de cambio, como se muestra.

#### FORMA 7

Posición actual del consejo escolar: los artículos numerados en esta forma deberán ser completados siguiendo una secuencia.

- 1) Obtener el costo estimado de los costos escolares de la Forma 6, línea 5 del ciclo actual.
- 2) Insertar el costo actual derivado de la Forma 8, línea H2, de este ciclo.
- 3) Línea 1 más o menos la línea 2.
- 4) Línea 3 dividida entre la línea 2.

- 5) El porcentaje obtenido en la línea 4, debe ser redondeado hasta acercarse al número entero. Este valor siempre es o negativo o cero.
- 6) Obtener este valor de la Forma 9 columna A, para el ciclo actual (solo eventos escolares).
- 7) Computar los puntos ganados del impuesto.
- 8) La línea 6 más la línea 7c, menos la línea 5 si el resultado es negativo, debe anotarse como tal.
- 9) Obtener una posición previa de la línea 10 (Forma 7) del año pasado.
- 10) La posición actual es la suma de las líneas 8 y 9.

#### FORMA 8

Ingresos disponibles por ciclo: los artículos nombrados en esta forma deberán ser completados siguiendo una secuencia.

- A) La población se deriva del cuadro de información 9 arriba citado (usando la plantilla del cuadro de información 10).
- B) El valor per cápita valorado, es un valor prepuesto en la Forma (el operador puede substituir valores).
- C) El valor total valorado es la línea 4 por la línea B.
- D) La tasa de impuestos se obtiene del cuadro de información 7 de las decisiones de los políticos de este ciclo.
- E) La línea C por la línea D entre 1000.
- F) Impuestos de ingresos de la no propiedad está prepuesto y listo en la Forma.
- F2) Multiplicar la línea E por la línea H.
- G) La suma de la línea E más F2.
- H) El porcentaje de ingresos escolares está ya presente en la forma.

H2) Multiplicar la línea G por la línea H1.

I) Restar H2 de G.

J) Multiplicar I por 12%.

1) Aumentar el excedente del año pasado Forma 3, línea 7. O

2) Restar el déficit del año pasado, Forma 3, línea 8.

3) La línea J más o menos la línea I1 ó I2.

#### FORMA 9

Impacto de eventos: Tome la Forma 2, encuesta de la opinión pública, de todos los equipos, entonces registrar sus decisiones bajo la columna derecha "registro de votos". Corresponder con la alternativa escogida, columna "F" y llevar el registro de la alternativa ganadora, checando la celda apropiada en el extremo derecho de la columna "G" cualquier proyecto que apruebe este ciclo, va en los efectos del próximo ciclo. Si un evento aprobado en la Forma 9 requiere un proyecto, este será identificado por un número de proyecto bajo la columna de descripción del evento. Poner todos los proyectos en el cuadro de información 4.

#### FORMA 10

Progreso del Proyecto: Los artículos numerados en esta forma deben ser completados siguiendo una secuencia:

1) Transferir los números del proyecto de las decisiones del administrador, Forma 4 del ciclo previo, entonces, de la lista de proyectos (Forma 14) se inserta el costo en el distrito apropiado, usando la forma de decisión del político, Forma 3 del ciclo corriente, cheque en la columna del extremo derecho todos los proyectos logrados por los políticos.

2) Tot... la columna para cada distrito.

3) Si los políticos logran más proyectos de los checados en el paso 1, aumentelos aquí (Forma 3, línea 5).

4) Sume por columna todos los proyectos en la línea que fueron checados en la columna derecha, más los que estén en la línea 3.

5) Divida la línea 4 entre 100,000.

6) Sume, para cada columna, todos aquellos proyectos de la línea que no tienen una marca de haber sido checadas en la columna de la derecha.

7) Cuente el número de proyectos que no tienen marca en la columna derecha.

8) Sume las 3 columnas de la línea 4.

9) Sume las 3 columnas de la línea 2.

#### FORMA 11

Posición actual de los políticos: Los artículos nombrados en esta forma deben completarse siguiendo una secuencia:

1) Obtenga la posición anterior del cuadro de información 2.

2) Lleve el record de los valores apropiados de la Forma 9 de este ciclo, columna B.

3a) Obtención del cuadro de información 7.

3b) Obtención de la forma 3, línea 1, de este año.

3c) Restar 3a de 3b.

3d) Restar 1.0.

3e) Restar 3d de 3c.

3f) Dividir el valor en la línea e por 3. Restar, si es negativo, sumar si es positivo, a cada una de los 3 distritos. Si la línea e entre 3 no es múltiplo de 3 ponga el residuo en los distritos que tengan el mayor valor en la línea e si el residuo es negativo (o a la inversa).

- 4) Inserte los valores de la forma 10, línea 7, este ciclo.
- 5a) Presente el valor de la forma 10, línea 8, de este ciclo.
- 5b) Divida 5a entre 3.
- 5c) Registrar 5b.
- 5d) Divida 5c entre 2
- 5e) Registrar 5d.
- 5f) Para los distritos en los que los gastos de los políticos excedan el promedio, calcule para cada distrito:
  1. Total de gastos, Forma 10 línea 4
  2. Inserte el valor de 5c.
  3. Reste F2 de F1.
  4. Factor estandar: Divida F3 entre 100,000.
  5. Registrar las ganancias en puntos (redondear).
- 5g) Para los distritos donde los gastos del político son menos de la mitad de los gastos promedio por distrito, calcular, para cada distrito:
  1. Insertar el valor de la línea 5.
  2. Registrar el gasto actual, Forma 10, línea 4.
  3. Restar G2 de G1.
  4. Factor estandar. Dividir G3 entre 100,000.
  5. Anotar los puntos perdidos.
  6. Sanción standard.
  7. La línea G5 por 2. Añote sobre la línea 5. Redondear.

- 6) Por cada \$5,000 recibidos de los especuladores (Forma 5, línea 3, de este ciclo). Registre un punto en el distrito adecuado. Si no está asignado a un distrito por el político, atribuirlo al distrito más débil.
- 7) Línea 1, más o menos línea 2, 3, 4, 5 y 6.
- 8) Registrar los resultados de la elección. Cada político debe ver por su propio distrito.

FORMA 12

Posición actual del administrador.

- 1a) De la forma de decisión del administrador (4) del ciclo previo, insertar el valor de la línea 5.
- 1b) Insertar el valor de la forma 8 del año anterior, línea J3 (Ingresos disponibles para el próximo ciclo.)
- 1c) Línea a más o menos b.
- 1d) Línea c dividida entre línea b.
- 1e) Redondear la línea d al número entero más próximo.
- 2a) Insertar el valor obtenido de la Forma 10, línea 9, del progreso del proyecto de este ciclo.
- 2b) Restar 500,000.
- 2c) Línea a menos línea b.
- 2d) Dividir entre 100,000.
- 2e) Línea c entre línea d.
- 3a) Registrar los puntos de la Forma 12, línea 3e, del último ciclo.
- 3b) Línea 1e más o menos línea 2e.
- 3c) Insertar los puntos ganados o perdidos como están puestos sobre la forma 9, columna A, este ciclo.



- 3d) Línea 3b más o menos línea 3c.
- 3e) Línea 3d más o menos línea 3a.
- 4a) Si el valor de la línea 3e excede este valor, el administrador de (1) posesión mayor o (2) el número de distrito más bajo, debe abandonar y pasar a la categoría de político. El político con la puntuación más baja de probabilidad (Cuadro de Información 2), es reemplazado. Si hay un empate, los políticos en contienda tiran un dado y el tiro más bajo pierde, pasando a ser un administrador.
- 4b) Si el administrador tiene un valor de la línea 3e menor del valor mostrado en 4b, el administrador de (1) posesión mayor o (2) la designación del distrito mayor, puede llegar a ser un especulador. El especulador debe tirar un dado y el número menor pierde.

FORMA 13

Posición actual del especulador.

1) Transferir valores a la columna B de la forma 5, este ciclo, línea 6; transferir valores a la columna D de la forma 9, columna C, este ciclo; transferir valores a la columna E de la forma 10, línea 5, este ciclo; para la columna F, compare el tiro de dados del especulador (forma 5, línea 7) con el tiro de dados requerido (forma 13, línea 10) e insertar el porcentaje en las columnas D, E, F, e insertar en la columna G; entonces multiplicar la columna C por la columna G y poner el resultado en la columna H

2) }  
 3) } Todas son iteraciones de 1.  
 4) }

5) Suma columna H.

6) Insertar el valor de la forma 5, línea 2.

- 7) Línea 5 más línea 6.
- 8) Si la línea 7 es menor que la línea 8, el especulador tira un dado; si su tiro es el más bajo pasa a ser político.
- 9) Si la línea 7 excede la línea 9, el especulador tira un dado; si el tiro es el más alto pasa a ser administrador.

VII.2 Como completar los cuadros de información.

Cuadro de Información 1.

Acumulación de los cuadros de crecimiento.

- a) Insertar los valores de los impactos de eventos, Forma 9, columna D, la columna encabezada "cuadro de crecimiento", para los años dados (asegurese de registrar valores para todos los años que están dados. Para cada evento use solo los valores para la hilera checkada en la columna G.
- b) Entonces, añadir la columna del año actual sobre el cuadro de información 1, e insertar la suma de la última celda de la columna (línea 10).

Cuadro de Información 2

Probabilidad actual de elección: Llevar el registro del valor de la forma 11, línea 7

Cuadro de Información 3

Acumulación de infraestructura: Llevar el registro del valor de la forma 10, línea 4

Cuadro de Información 4

Registro de proyectos terminados:

- a) De la forma 4, líneas 2, 3 y 4, transferir los proyectos marcados; con una "R" en la celda correspondiente al próximo ciclo por jugar. Si el proyecto es a

largo plazo, ponga una "R", en los años subsecuentes.

- b) De la forma 3, líneas 3, 4 y 5, transferir los proyectos aprobados marcando con una "X" en la celda que corresponda al ciclo actual. Si el proyecto es a largo plazo, ponga una "X" en los años subsecuentes.

#### Cuadro de Información 5

Impuestos escolares como porcentaje de los ingresos totales: transferir el valor de la forma 8, línea H1 al cuadro, el año actual.

#### Cuadro de Información 6

Ingresos de impuestos sobre la no propiedad: Transferir el valor de la forma 8, línea F1 de este ciclo.

#### Cuadro de Información 7

Relación de impuestos: transfiera el valor de la forma 8 línea D de este ciclo.

#### Cuadro de Información 8

Ingresos totales de los fondos discrecionales: transferir el valor de la forma 8, línea J3, de este ciclo.

#### Cuadro de Información 9

Crecimiento de la población: Cortar la plantilla del cuadro de información 10 y localizar el punto pivote de la plantilla para que corresponda con la intersección del tamaño actual de la población con la línea vertical que representa el último ciclo. Inclíne la plantilla en su punto pivote para que corresponda con el valor derivado del cuadro de crecimiento (Cuadro de Información 1) para este ciclo,

línea 10, Seleccionar el nuevo nivel de crecimiento para este año donde la línea de la plantilla interseca el ciclo actual. Entonces extiende la curva de crecimiento a este punto.

#### Cuadro de Información 10.

Plantilla de crecimiento: Ver cuadro de información 9.

#### Cuadro de Información 11.

Eventos de las bonificaciones escolares: determinar si los eventos de las bonificaciones escolares fueron pasadas de la forma 9, línea 4, columna G. Si no, ponga una "X" en todas las celdas de esa línea. Si son aprobadas, lleve el registro del impuesto para los números apropiados de años, en las celdas de esa línea.

VII.3 Lista de formas en el Ciclo 3.

<u>Forma No.</u>	<u>Título</u>
1	Gaceta del ciudadano. Copia del Administrador Copia del Político Copia del Especulador Copia del Consejo Escolar
2	Encuesta de la Opinión Pública. Copia del Administrador Copia del Político Copia del Especulador Copia del Consejo Escolar
3	Forma de decisión del Político
4	Forma de decisión del Administrador
5	Forma de decisión del Especulador
6	Forma de decisión del Consejo Escolar
7	Posición actual del Consejo Escolar
8	Ingresos disponibles para el próximo ciclo
9	Impacto de eventos
10	Progreso del Proyecto
11	Posición actual del Político
12	Posición actual del Administrador
13	Posición actual del Especulador
	Lista de Propuestas

Encabezado de  
LA GACETA DEL CIUDADANO  
(Copia del Administrador)

\*\*\*EDICION BOLA DE CRISTAL\*\*\*

\*\*\*Noticias Locales\*\*\*

- Distrito 1 -Mejoras de parque solicitadas por grupos de vecinos - facilidades para ancianos urgentemente necesitados. (Localización H-115, \$40,000 proyecto 110).  
-El consejo escolar anuncia el aumento del programa para enseñar a los niños pobres.
- Distrito 2 -La terminación de las vías rápidas. Causa un congestionamiento enorme - los automovilistas se retrasan por horas. (Localización E-90, 165 \$100,000 Proyecto 233).  
-El Director de la Defensa Civil se une a la Guardia Nacional en respaldo de la armería. (Localización H-150 \$200,000, Proyecto 243).  
-El parque Arboretum tiene mayor asistencia, mejoramientos requeridos (Localización M-150 \$200,000. Proyecto 250).
- Distrito 3 -El consejo mayor se reunió para hacer una protesta de las condiciones de las calles (Localización E-80 \$200,000. Proyecto 361).  
-Áreas anexadas recientemente, necesitan edificios de bomberos y policía. Las tasas de seguros crecen hasta que se remedia la situación. (Localización J-80 \$100,000. Proyecto 383).  
-Estados contemporáneos, urge la junta de mejoras para completar el campo de golf) Necesidades urgentes de los edificios y rutas de la comunidad. (Localización H-70 \$50,000. Proyecto 370).

\*\*\*Noticias Estatales\*\*\*

- Lucha de la legislatura con la legislación de las reglas de habitación. Los estatutos de incorporación revisados son los egresos probables.
- El jefe de Bomberos del estado investiga el fuego en una casa de asistencia en que mueren cinco personas.
- La legislatura pasa la legislación que permite a la METROPOLIS financiar el nuevo programa de alcantarillado.
- El Gobernador firma billetes que conciernen a los anteriores.
- El grupo educacional anuncia su campaña para alcanzar el estándar educacional en el estado. Variaciones de los gastos de las ciudades de \$54 per cápita a \$77 per cápita en varios distritos de las escuelas.
- Los salarios de los maestros son bajos a comparación a otros estados.

\*\*\*Noticias Nacionales\*\*\*

- Consejero del presidente de los asesores económicos predice el agitación más grande que se haya dado. El retroceso fué marcado como un esfuerzo partidista para desacreditara la administración
- Visualización conflictiva nacional sobre el futuro de la venta de automóviles. La producción continúa todo el tiempo.
- El desempleo baja un poco, por primera vez en dos años.

Encabezado de  
LA GACETA DEL CIUDADANO  
(Copia del Político)

\*\*\*Noticias Locales\*\*\*

Distrito 1 -El líder de los negros deplora la condición del parque local, mejoras solicitadas (Localización H-112 \$40,000, Proyecto 109).

Distrito 2 -Desarrollo obstaculizado cerca del intercambio de la extensión del alcantarillado requerido (Localización AE-120, \$50,000, Proyecto 228).  
-Las ciudades crecen en delincuencia, urge la expansión de actividades recreativas (Localización M-110 \$200,000, Proyecto 247).  
-La vieja escuela Lincoln, se declaró a salvo, estructuralmente firme, consultando a ingenieros, aunque es muy pequeño para las necesidades actuales.

Distrito 3 -El tráfico de la universidad sufre diariamente congestiones, debido a que las inscripciones rompen todos los records. El presidente dice ayuda al máximo. (Localización K-225, \$200,000, Proyecto 390).  
-Un camión de escuela se sumerge en una inundación. Un héroe rescata 12 niños. El chofer perece. (Localización G-70, \$50,000, Proyecto 369).  
-El jefe de bomberos ataca el uso de incineradores de basura caseros.  
-El proyecto del campamento de verano es solicitado como una solución a los problemas juveniles. Un grupo de expertos enfatiza el valor para niños no privilegiados. (Localización F-275, \$50,000, Proyecto 367).

\*\*\*Noticias Estatales\*\*\*

-Lucha de la legislatura con la legislación de las reglas de habitación. Los estatutos de incorporación revisados son los egresos probables.  
El jefe de Bomberos del estado investiga el fuego en una casa de asistencia en que mueren cinco personas.  
-La legislatura pasa la legislación que permite a la METROPOLIS financiar el nuevo programa de alcantarillado.  
-El Gobernador firma billetes que conciernen a los anteriores.  
-El grupo educacional anuncia su campaña para alcanzar el estandar educacional en el estado. Variaciones de los gastos de las ciudades de \$54 per cápita a \$77 per cápita en varios distritos de las escuelas.  
-Los salarios de los maestros son bajos a comparación a otros estados.

\*\*\*Noticias Nacionales\*\*\*

-Consejero del presidente de los asesores económicos predice el agitación más grande que se haya dado. El retroceso fué marcado como un esfuerzo partidista para desacreditar la administración.  
-Visualización conflictiva nacional sobre el futuro de la venta de automóviles. La producción continúa todo el tiempo.  
-El desempleo baja un poco, por primera vez en dos años.

Encabezado de  
LA GACETA DEL CIUDADANO  
(Copia del Especulador)

\*\*\*Noticias Locales\*\*\*

Distrito 1 -El líder de los negros deplora la condición del parque local, mejoras solicitadas (Localización H-112 \$40,000, Proyecto 109).

Distrito 2 -Desarrollo obstaculizado cerca del intercambio de la extensión del alcantarillado requerido (Localización AE-120, \$50,000, Proyecto 228).  
-Las ciudades crecen en delincuencia, urge la expansión de actividades recreativas (Localización M-110 \$200,000, Proyecto 247).  
-La vieja escuela Lincoln, se declaró a salvo, estructuralmente firme, consultando a ingenieros, aunque es muy pequeño para las necesidades actuales.

Distrito 3 -El tráfico de la universidad sufre diariamente congestiones, debido a que las inscripciones rompen todos los records. El presidente dice ayuda al máximo. (Localización K-225, \$200,000, Proyecto 390).  
-Un camión de escuela se sumerge en una inundación. Un héroe rescata 12 niños. El chofer perece. (Localización G-70, \$50,000, Proyecto 369).  
-El jefe de bomberos ataca el uso de incineradores de basura caseros.  
-El proyecto del campamento de verano es solicitado como una solución a los problemas juveniles. Un grupo de expertos enfatiza el valor para niños no privilegiados. (Localización F-275, \$50,000, Proyecto 367).

\*\*\*Noticias Estatales\*\*\*

-Lucha de la legislatura con la legislación de las reglas de habitación. Los estatutos de incorporación revisados son los egresos probables.  
-El jefe de Bomberos del estado investiga el fuego en una casa de asistencia en que mueren cinco personas.  
-La legislatura pasa la legislación que permite a la METROPOLIS financiar el nuevo programa de alcantarillado.  
-El Gobernador firma billetes que conciernen a los anteriores.  
-El grupo educacional anuncia su campaña para alcanzar el estandar educacional en el estado. Variaciones de los gastos de las ciudades de \$54 per cápita a \$77 per cápita en varios distritos de las escuelas.  
-Los salarios de los maestros son bajos a comparación a otros estados.

\*\*\*Noticias Nacionales\*\*\*

-Consejero del presidente de los asesores económicos predice el agitación más grande que se haya dado. El retroceso fué marcado como un esfuerzo partidista para desacreditar la administración.  
-Visualización conflictiva nacional sobre el futuro de la venta de automóviles. La producción continúa todo el tiempo.  
-El desempleo baja un poco, por primera vez en dos años.

Encabezado de  
LA GACETA DEL CIUDADANO  
(Copia del Consejo Escolar)

\*\*\*Noticias Locales\*\*\*

Distrito 1 -El líder de los negros deplora la condición del parque local, mejoras solicitadas (Localización H-112 \$40,000. Proyecto 109).

Distrito 2 -Desarrollo obstaculizado cerca del intercambio de la extensión del alcantarillado requerido (Localización AE-120, \$50,000. Proyecto 228).  
-Las ciudades crecen en delincuencia, urge la expansión de actividades recreativas (Localización M-110 \$200,000. Proyecto 247).  
-La vieja escuela Lincoln, se declaró a salvo estructuralmente firme, consultando a ingenieros, aunque es muy pequeño para las necesidades actuales.

Distrito 3 -El tráfico de la universidad sufre diariamente congestiones, debido a que las inscripciones rompen todos los records. El presidente dice ayuda al máximo. (Localización K-225, \$200,000. Proyecto 390).  
-Un camión de escuela se sumerge en una inundación. Un héroe rescata 12 niños. El chofer parece. (Localización G-70, \$50,000. Proyecto 369).  
-El jefe de bomberos ataca el uso de incineradores de basura caseros.  
-El proyecto del campamento de verano es solicitado como una solución a los problemas juveniles. Un grupo de expertos enfatiza el valor para niños no privilegiados. (Localización F275, \$50,000. Proyecto 367).

\*\*\*Noticias Estatales\*\*\*

-Lucha de la legislatura con la legislación de las reglas de habitación. Los estatutos de incorporación revisados son los egresos probables.  
-El jefe de Bomberos del estado investiga el fuego en una casa de asistencia en que mueren cinco personas.  
-La legislatura pasa la legislación que permite a la METROPOLIS financiar el nuevo programa de alcantarillado.  
-El Gobernador firma billetes que conciernen a los anteriores.  
-El grupo educacional anuncia su campaña para alcanzar el estandar educacional en el estado. Variaciones de los gastos de las ciudades de \$54 per cápita a \$77 per cápita en varios distritos de las escuelas.  
-Los salarios de los maestros son bajos a comparación a otros estados.

\*\*\*Noticias Nacionales\*\*\*

-Consejero del presidente de los asesores económicos predice el agitación más grande que se haya dado. El retroceso fué marcado como un esfuerzo partidista para desacreditar la administración.  
-Visualización conflictiva nacional sobre el futuro de la venta de automóviles. La producción continúa todo el tiempo.  
-El desempleo baja un poco, por primera vez en dos años.

ENCUESTA DE LA OPINION PUBLICA  
(Copia del Administrador)

EVENTO 1 - Valoración de la Proctedad.- La ciudad no ha sido valorizada de u manera uniforme desde 1948, en violación al estatuto en el que se dice que se quieren cambios cada 5 años. La administración de la ciudad ha hecho un fuer argumento para un estudio completo, y ha puesto un énfasis particular para que estudio se efectúe en las estructuras comerciales y en las nuevas viviendas.

- ALTERNATIVAS: 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la valoración  
2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la valoración.

EVENTO 2 - Ciudadanos ancianos: Una conferencia reciente que duró una semana en la Universidad ha recomendado la formación de una "Comisión sobre problema de los ancianos".

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la Comisión  
2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la Comisión.

EVENTO 3 - Viviendas para los ancianos:(Localización J-70, Proyecto 505). Costo bajo de vivienda para los ancianos, con facilidades especialmente diseñadas. P vería al sector más urgente del mercado. Costo \$150,000 por 2 años.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer el proyecto de vivienda  
2. \_\_\_\_\_ Posponerlo y Reconsiderarlo  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse al proyecto de vivienda

EVENTO 4 - Programa de mejora de Escuelas: Los mejoramientos escolares del distrito ayudarán a la ciudad en el proyecto de renovación urbana, los gastos corán hacia la parte de la comunidad de los costos de renovación. Una milésima dólar de tributo adicional en cinco años financiarán los mejoramientos escolares.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Votar por los Bonos  
2. \_\_\_\_\_ Posponerlos y reconsiderarlos  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse a los Bonos

AÑADIR LOS EVENTOS PERSISTENTES DEL ULTIMO CICLO

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_

- Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_

- Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
3. \_\_\_\_\_ Oponerse

ENCUESTA DE LA OPINION PUBLICA  
(Copia del Político)

EVENTO 1 - Valoración de la Propiedad.- La ciudad no ha sido valorizada de una manera uniforme desde 1948, en violación al estatuto en el que se dice que se requieren cambios cada 5 años. La administración de la ciudad ha hecho un fuerte argumento para un estudio completo, y ha puesto un énfasis particular para que el estudio se efectúe en las estructuras comerciales y en las nuevas viviendas.

- ALTERNATIVAS: 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la valoración  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la valoración

EVENTO 2 - Ciudadanos ancianos: Una conferencia reciente que duró una semana en la Universidad ha recomendado la formación de una "Comisión sobre problemas de los ancianos".

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la Comisión  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la Comisión.

EVENTO 3 - Viviendas para los ancianos: (Localización J-70, Proyecto 505). Costo bajo de vivienda para los ancianos, con facilidades especialmente diseñadas. Proveerla al sector más urgente del mercado. Costo \$150,000 por 2 años.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer el proyecto de vivienda  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerlo y reconsiderarlo  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse al proyecto de vivienda

EVENTO 4 - Programa de mejora de Escuelas: Los mejoramientos escolares del distrito ayudarán a la ciudad en el proyecto de renovación urbana, los gastos contarán hacia la parte de la comunidad de los costos de renovación. Una milésima de dólar de tributo adicional en cinco años financiarán los mejoramientos escolares.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Votar por los Bonos  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerlos y reconsiderarlos  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a los Bonos

ANADIR LOS EVENTOS PERSISTENTES DEL ULTIMO CICLO

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_  
 Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_  
 Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse

ENCUESTA DE LA OPINION PUBLICA  
(Copia del Especulador)

EVENTO 1 - Valoración de la Propiedad.- La ciudad no ha sido valorizada de una manera uniforme desde 1948, en violación al estatuto en el que se dice que se requieren cambios cada 5 años. La administración de la ciudad ha hecho un fuerte argumento para un estudio completo, y ha puesto un énfasis particular para que el estudio se efectúe en las estructuras comerciales y en las nuevas viviendas.

- ALTERNATIVAS: 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la valoración  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la valoración

EVENTO 2 - Ciudadanos ancianos: Una conferencia reciente que duró una semana en la Universidad ha recomendado la formación de una "Comisión sobre problemas de los ancianos".

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer la Comisión  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerla y reconsiderarla  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a la Comisión.

EVENTO 3 - Viviendas para los ancianos: (Localización J 70, Proyecto 505). Costo bajo de vivienda para los ancianos, con facilidades especialmente diseñadas. Proveerla al sector más urgente del mercado. Costo \$150,000 por 2 años.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Favorecer el proyecto de vivienda  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerlo y reconsiderarlo  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse al proyecto de vivienda

EVENTO 4 - Programa de mejora de Escuelas: Los mejoramientos escolares del distrito ayudarán a la ciudad en el proyecto de renovación urbana, los gastos contarán hacia la parte de la comunidad de los costos de renovación. Una milésima de dólar de tributo adicional en cinco años financiarán los mejoramientos escolares.

- ALTERNATIVAS 1. \_\_\_\_\_ Votar por los Bonos  
 2. \_\_\_\_\_ Posponerlos y reconsiderarlos  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse a los Bonos

ANADIR LOS EVENTOS PERSISTENTES DEL ULTIMO CICLO

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_  
 Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse

Evento No. \_\_\_\_\_ Título \_\_\_\_\_  
 Alternativas 1. \_\_\_\_\_ Favorecer  
 3. \_\_\_\_\_ Oponerse

ENCUESTA DE LA OPINION PUBLICA  
(Copia del Consejo Escolar)

EVENTO 1 - Valoración de la Propiedad.- La ciudad no ha sido valorizada de una manera uniforme desde 1948, en violación al estatuto en el que se dice que se requieren cambios cada 5 años. La administración de la ciudad ha hecho un fuerte argumento para un estudio completo, y ha puesto un énfasis particular para que el estudio se efectúe en las estructuras comerciales y en las nuevas viviendas.

- ALTERNATIVAS
1.   X   Favorecer la valoración
  2.        Posponerla y reconsiderarla
  3.        Oponerse a la valoración

EVENTO 2 - Ciudadanos ancianos: Una conferencia reciente que duró una semana en la Universidad ha recomendado la formación de una "Comisión sobre problemas de los ancianos".

- ALTERNATIVAS
1.   X   Favorecer la Comisión
  2.        Posponerla y reconsiderarla
  3.        Oponerse a la Comisión

EVENTO 3 - Viviendas para los ancianos: (Localización J-70, Proyecto 505). Costo bajo de vivienda para los ancianos, con facilidades especialmente diseñadas. Proverfa al sector más urgente del mercado. Costo \$150,000 por 2 años.

- ALTERNATIVAS
1.        Favorecer el proyecto de vivienda
  2.   X   Posponerlo y reconsiderarlo
  3.        Oponerse al proyecto de vivienda;

EVENTO 4 - Programa de mejora de Escuelas: Los mejoramientos escolares del distrito ayudarán a la ciudad en el proyecto de renovación urbana, los gastos contarán hacia la parte de la comunidad de los costos de renovación. Una milésima de dólar de tributo adicional en cinco años financiarán los mejoramientos escolares.

- ALTERNATIVAS
1.   X   Votar por los Bonos
  2.        Posponerlos y reconsiderarlos
  3.        Oponerse a los Bonos

AÑADIR LOS EVENTOS PERSISTENTES DEL ULTIMO CICLO

Evento No.        Título \_\_\_\_\_

- Alternativas
1.        Favorecer
  3.        Oponerse

Evento No.        Título \_\_\_\_\_

- Alternativas
1.        Favorecer
  3.        Oponerse

FORMA DE DECISION DEL POLITICO

IMPORTANTE: Siga los pasos numerados en orden cuando complete esta forma.

1. Tasa de impuestos para usarse en el próximo ciclo. (ciclo 4). 48.8 milést  
\$1,321,321
2. Presupuesto disponible (de la Forma 8, línea J3, ciclo 2).
3. Lista de todos los proyectos requeridos por la encuesta de la opinión pública. (del cuadro de Información 4, ciclo actual).

Número del proyecto	Costo anual
<u>501</u>	<u>70,000</u>
<u>502</u>	<u>600,000</u>
Costo total	\$..... <u>\$ 670,000</u>

4. Lista de todos los otros proyectos a largo plazo (del cuadro de Información 4 ciclo actual)

Número del proyecto	Costo anual
<u>401</u>	<u>150,000</u>
<u>402</u>	<u>50,000</u>
<u>403</u>	<u>150,000</u>
Costo total	\$..... <u>\$ 350,000</u>

5. Lista de las recomendaciones del administrador (del cuadro de Información 4 ciclo actual).

Número del proyecto	Costo anual
Costo total	\$..... <u>\$</u>

6. Costo total del proyecto (sume las líneas 3, 4, y 5) \$ \_\_\_\_\_
7. Total de excedentes (La línea 6 de la línea 2) ó \$ \_\_\_\_\_
8. Déficit total (línea 2 de la línea 6) \$ \_\_\_\_\_





FORMA DE DECISION DEL CONSEJO ESCOLAR

(Estimación de ingresos para el siguiente ciclo 4)

IMPORTANTE: Siga los pasos numerados al completar la forma:

1. Estimar la población de la ciudad para el siguiente ciclo (ciclo 4, del cuadro de información 9). \_\_\_\_\_
2. Proporción estandar de niños estudiantes. x .184
3. Población escolar total estimada (línea 1 por la línea 2). \_\_\_\_\_
4. Estimar el costo por niño escolar:
  - a) Estimación nacional per cápita. \$ \_\_\_\_\_
  - b) 1. Costo actual (ciclo 2, para ciclo 3, forma 8, línea H2). \$ \_\_\_\_\_
  2. Población escolar del presente año (ciclo 3) \* \_\_\_\_\_
  3. Costo per cápita del ciclo pasado (línea 4b2) \$ \_\_\_\_\_
  - c) Estimación del costo per cápita del ciclo siguiente (juicios profesionales requeridos probablemente será entre 4a y 4b3). \$ \_\_\_\_\_
5. Gastos de escuela totales estimados para el siguiente ciclo (4) (línea 3 por la línea 4c). \$ \_\_\_\_\_
6. Porcentaje de cambio esperado.
  - a) Costo estimado del año siguiente (línea 5) \$ \_\_\_\_\_
  - b) Costo actual este año (ciclo 3) (línea 4b1) \$ \_\_\_\_\_
  - c) Diferencia (línea 6a - línea 6b). \$ \_\_\_\_\_
  - d) Porcentaje de cambio (línea 6c entre línea 6b). \$ + \_\_\_\_\_

\* La población mostrada en el cuadro de información 9 multiplicada por 0.184.

POSICION ACTUAL DEL CONSEJO ESCOLAR

1. Presupuesto total escolar estimado para el ciclo 4. (de forma 6, línea 5 de este ciclo). \$ \_\_\_\_\_
2. Presupuesto actual escolar. (forma 8, este ciclo, línea H-2) \$ \_\_\_\_\_
3. Error actual en dólar (línea 1 más o menos línea 2). \$ \_\_\_\_\_
4. Error expresado como un porcentaje, (línea 3 entre línea 2). \_\_\_\_\_
5. Puntos perdidos por sanción (línea 4 redondeada al número entero más cercano). (-) \_\_\_\_\_ punt
6. Puntos ganados o perdidos por la encuesta de la opinión pública (forma 9, columna A) \_\_\_\_\_ punt
7. Bonificaciones escolares.
  - a. Valuación total especial (línea 11 cuadro de información 11). \_\_\_\_\_
  - b. Multiplicar el factor estandar. X 5
  - c. Total de puntos ganados. \_\_\_\_\_
8. Pérdida o ganancia neta de puntos en este ciclo (línea 6 más línea 7c menos línea 5). \_\_\_\_\_ punt
9. Posición final del ciclo previo (de forma 7, línea 10 ciclo previo). \_\_\_\_\_ punt
10. Posición actual (línea 9 más o menos línea 8). \_\_\_\_\_ punt

INGRESOS DISPONIBLES PARA EL PROXIMO CICLO  
(para el ciclo 4)  
COLOCARLO CON LOS CUADROS DE INFORMACION DESPUES DE COMPLETARLO

A. Población (lea del cuadro de información 9).	_____
B. Valor determinado per cápita	x 1475.
C. Valor total determinado (línea A x línea B)	\$ _____
D. Tasa de impuestos (cuadro de información 7)	_____
E. Ingreso total de impuestos sobre la propiedad. (línea C por la línea D dividida entre 1,000).	\$ _____
F. Ingresos de impuestos sobre la no propiedad. (línea E por la línea D).	F1 x 100.0% F2 \$ _____
G. Total de ingresos de la ciudad (línea E más línea F2).	\$ _____
H. Ingresos para escuelas (la línea G por la línea H1)	H1 .631 % H2 \$ _____
I. Ingresos netos de la ciudad (línea G menos línea H2).	\$ _____
J. Fondos discrecionales disponibles (12% de la línea I).	\$ _____
1) Sobrantes del año pasado (forma 3, línea 7, ciclo actual.) 0	\$ _____
2) El déficit del año pasado (forma 3 línea 8, ciclo actual.)	\$ _____
3) Fondos discrecionales disponibles (línea J más o menos la línea 11 ó 12.)	\$ _____

IMPACTOS DEL EVENTO

No.	DESCRIPCIÓN	Alternativa Adm./C.	Impactos por Registrar											Registro de Voto (ver forma 2)						
			A			B			C			D		E			F	G		
			Pol. Distrito			Espec. Distrito			Carta de crecimiento (cuadro de In.)		Pol.	Adm.	Ispec.	C. Esc.	Conteo	Ganador				
			1	2	3	1	2	3	3	4	5	6	7	Pol.	Adm.	Ispec.	C. Esc.	Conteo	Ganador	
1	Revaloración de la propiedad.	1	1	0	-1	-2	-2	-2	-1	-1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
		2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0						
		3	-1	0	-1	-2	-2	-2	-2	0	0	-1	-1	-1						
2	Ciudadanos Mayores	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
		2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0						
		3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
3	Vivienda para los ancianos	1	3	2	0	-1	0	0	10	1	-0	0	0							
		2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0						
		3	-3	-2	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	0						
4	Mejora escolar. Dist. 1 (1.0 milésimas, 5 años)	1	5	0	0	0	7	0	0	1	1	0	0							
		2	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0						
		3	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0						
	(Del último Ciclo)	1																		
		2	Este evento no puede posponerse otra vez.											0	0	0	0	0	0	
		3																		
	(Del último Ciclo).	1																		
		2	Este evento no puede posponerse otra vez.											0	0	0	0	0	0	
		3																		

PROGRESO DEL PROYECTO

No. de Proyecto	Valor de mejoras			hecho por el Político
	Distrito 1	Distrito 2	Distrito 3	
(1) Del previo ciclo (2), forma 4, recomendados por el Administrador.	\$	\$	\$	
(2) Total				
(3) Político aumentado				X
(4) Valor de proyectos aprob.	\$	\$	\$	
(5) (a forma 13 entre 100,000)				
(6) Valor de proyectos omitidos	\$	\$	\$	
(7) No. de proyectos omitidos				
(8) Valor total de proyectos aprobados (línea 4, todos dist) \$				
Valor total de proyectos recomendados y aprobados (línea 2, todos los distritos) \$				

POSICION ACTUAL DEL POLITICO

VARIABLES QUE AFECTAN LA POSICION DEL POLITICO	PUNTOS PROBABLES	
	DIST 1	DIST 2
1. Posición, fin ciclo 2		
2. Encuesta de la Opinión Pública (Forma 9, Col. B)		
3. Tasa de Impuestos		
a. Ciclo previo	\$	
b. Este ciclo	\$	
c. Diferencia (+) o (-)		
d. Menos estandar	- 1.0	
e. Ganancia o Pérdida		
f. Distribuir por igual a los distritos (Si no es múltiplo de 3, ponerlo en el distrito más alto si es negativo; si es positivo en el distrito más bajo).		
4. Proyectos no aprobados. (de la forma 10, línea 7).	(-)	(-)
5. Desigualdades del Presupuesto.		
a. Valor total aprobado. (Forma 10, línea 8)	\$	
b. Dividido entre el número de distritos		+3
c. Gasto por distrito promedio	\$	
d. Dividido entre dos		+2
e. 1/2 Gasto por distrito promedio	\$	
f. Cómputo, distritos que exceden del promedio (Forma 10, línea 4)		
(1) Gasto total	\$	\$
(2) Menos gasto promedio (5c)	-	-
(3) Excesos	\$	\$
(4) Factor (dividir)	100,000	100,000
(5) Ganancias en puntos de probabilidad.		
g. Cómputo, distritos debajo de 1/2 del gasto por distrito promedio (Forma 10, línea 4)		
(1) 1/2 gasto promedio (5e)	\$	\$
(2) Gasto actual		
(3) Déficit	\$	\$
(4) Factor (dividir)	100,000	100,000
(5) Número de puntos		
(6) Por sanción	X 2	X 2
(7) Pérdida en puntos de probabilidad.		
6. Contribuciones de campaña (un punto cada \$5,000)		
7. Posición, fin ciclo 3.		
8. Pasa o respueba la elección (ciclos 4, 6, 8 y 10)		

POSICION ACTUAL DEL ADMINISTRADOR

1. Sanción.

- a) Total de los proyectos recomendados (forma 4, ciclo 2, línea 5). \$ \_\_\_\_\_
- b) Total de fondos de éste año (forma 8, línea 13, ciclo 2, para ciclo 3). \$ \_\_\_\_\_
- c) Diferencia (a más o menos b). \$ \_\_\_\_\_
- d) Porcentaje de error (línea c entre línea b). \_\_\_\_\_ %
- e) Puntos de castigo (línea d redondeada al número entero más cercano.) (-) \_\_\_\_\_ Puntos

2. Premio

- a) Valor total de los proyectos recomendados autorizados (forma 10, línea 9). \$ \_\_\_\_\_
- b) Menos la deducción estandar. \$ 500,000
- c) Diferencia \$ \_\_\_\_\_
- d) Factor premio 1 punto/\$100,000  $\frac{1}{100,000}$
- e) Total de puntos de premio (c entre d, redondeada al número entero más cercano.) \_\_\_\_\_

3. Posición actual.

- a) Puntos al final del ciclo 2 \_\_\_\_\_
- b) Ganancias o pérdidas netas este ciclo (línea 1e más o menos línea 2e) + o - \_\_\_\_\_
- c) Puntos de la encuesta de la opinión pública (forma 9, columna A). + o - \_\_\_\_\_
- d) Ganancias o pérdidas netas (3e más o menos 3c). \_\_\_\_\_
- e) Posición actual (d más o menos a) \_\_\_\_\_

4. Trastorno

- a) Alto excede 15 puntos de incremento
- b) Bajo, abajo de 15 puntos pierde.

POSICION ACTUAL DEL ESPECULADOR

1	A	B	C	D	E	F	G	H
2	1	R	x10					
		C	x10					
3	2	I	x10					
		R	x10					
4	3	C	x10					
		I	x10					
10. Determinación de bonificación								
	Uso de tierra	Pago tiro Datos	% Probabilidad	5. Rédito total		\$ _____		
	Residencial	5, 6, 7, 8, 9	10	12/18		6. Efectivo a la mano (Forma 5) \$ _____		
	Comercial	3, 4, 10, 11	20	5/18		7. Valor total \$ _____		
	Industrial	2, 12	50	1/18		8. Menor de 25% pierde \$ _____		
						9. Mayor de 25% gana \$ _____		

## C A P I T U L O VIII

### PROCESO DE COMPUTADORA.

El disco de la computadora para METROPOLIS contiene lo necesario para que el operador puede empezar el juego. Además, este proceso tiene la capacidad de tomar en cuenta las decisiones del jugador, hasta 5 equipos jugando simultáneamente, el programa puede imprimir todos los periódicos para 10 ciclos del juego (Incluyendo la edición "Bola de Cristal"), la encuesta de la opinión pública para los 10 ciclos, la relación de los proyectos de mejoras de capital usados en el juego, los cuadros de información y las copias de las formas de decisión para los políticos los especuladores y los administradores por cada ciclo jugado.

El disco tiene registrados y archivados datos de hasta 10 ciclos por cada uno de 5 equipos diferentes. Cada equipo es completamente independiente de los otros. Si solo un equipo está jugando, no puede ser llamado equipo 1, podía ser equipo 3 ó 5, siempre y cuando el mismo número de equipo e identificación sea usado para todos los ciclos para el mismo grupo de jugadores. Si más de un equipo está jugando, las decisiones no tienen entrada en el orden del número del equipo, ni todos los equipos tienen que estar jugando el mismo ciclo. Por ejemplo, las decisiones para el ciclo 6 para el equipo 2, pueden entrar antes que las decisiones para el ciclo 4 para el equipo 1. Es esencial, sin embargo, que todas las decisiones por cada ciclo para un equipo entren y se procesen antes que las decisiones de otro equipo se procesen.

Es posible que puedan ser cometidos errores cuando entran las decisiones, los cuales no pueden ser descubiertos hasta que todo el proceso para un ciclo para

algún equipo haya sido terminado. (Por ejemplo, un especulador puede descubrir que una inversión entró para un tipo equivocado de propiedad). Dichos errores no son irrevocables. Una vez que el ciclo haya sido terminado por un equipo, ese ciclo o cualquier ciclo anterior puede ser reprocesado.

Las entradas a la computadora para METROPOLIS son pocas y relativamente sencillas. Pueden entrar directamente por el teletipo de la computadora IBM 1130, teniendo en cuenta que se tiene acceso directo a la computadora, o pueden entrar por tarjetas. Ya que las vueltas rápidas son preferibles, la entrada es usualmente hecha para el teclado, particularmente si está jugando un solo equipo o al menos para el primer grupo de decisiones, si está jugando más de un equipo simultáneamente. En el último caso, ya que solo 7 tarjetas se necesitan, se pueden preparar frecuentemente las decisiones para los equipos subsiguientes en tarjetas mientras que el resultado para el primer equipo está siendo impreso. Una vez que las tarjetas estén preparadas, la entrada de tarjetas es mucho más rápida que la entrada por el teclado.

Las siguientes instrucciones tratarán primero de cómo hacer funcionar la computadora y el registro del programa, después la operación de entrada por teclado, seguido por una pequeña sección de entrada por tarjetas.

#### VIII.1. Iniciación del Programa.

- 1) Prender el switch principal en la consola 1131 (esquina derecha superior del teclado).

- 2) Inserte el cartucho del disco, baje la palanca azul del manejo, inserte el disco con la etiqueta de frente, cierre la palanca azul, prenda el switch de datos del disco colocado abajo del disco de manejo.
- 3) Prepare la línea impresora empujando el botón verde (suponemos que hay papel en la imprenta, si no, consulte el Manual de Operación para cambiar el papel). Una luz verde debe prenderse para empezar.
- 4) Espere por la luz "file ready" del manejo de disco que se está usando para empezar. Esta luz está colocada en la parte izquierda superior de la consola del teletipo.
- 5) Ponga todos los switches de la consola hacia abajo.
- 6) Empuje el botón NPRO (luz azul) en el lector de tarjetas para estar seguros que no hay tarjetas en el interior del lector de tarjetas.
- 7) Inserte las tarjetas en el lector de tarjetas.  
Tarjeta fría de comienzo (Disk Monitor System, Versión 2). XEQ METP5 (en cols. 1-2 XEQ en cols. 4-6, METP5 en cols 8-12).  
Tarjeta en blanco (si es entrada por teclado) o tarjetas de datos (si es entrada por tarjetas).
- 8) Presione el botón start sobre el lector de tarjetas y la luz verde de listo debe prenderse.
- 9) Presione primero el botón RESET y después PROGRAM LOAD en la parte derecha de la consola del teletipo.

Después que este procedimiento esté terminado, el programa empezará a trabajar, como se muestra en la fig. VIII.1. Los mensajes son transmitidos al operador por puntos apropiados durante la ejecución del programa. Esto, y las respuestas que se requieren, siguen a continuación:

#### VIII.2 Entrada por Teletipo para METROPOLIS.

Las siguientes páginas describen la entrada de computadora para METROPOLIS de acuerdo con las demandas específicas hechas por los teletipos de las computadoras. El orden de los mensajes mecanografiados que aparecen en estas páginas es exactamente el orden de una corrida estandar del juego. Cuando la entrada es requerida, en estos ejemplos, la información del ciclo 2 ha sido usada para demostración. Los mensajes mecanografiados de las siguientes páginas están todos en letras mayúsculas; las entradas del operador en respuesta a estos mensajes son italizadas.

Los 3 primeros mensajes serán impresos sin pausa cuando la ejecución principie:

1) SET AND LEAVE CES 2 UP FOR THIS JOB.

Coloque el switch 2 de la consola hacia arriba durante la corrida de METROPOLIS.

2) TO DO AUTO I/O OF CYCLES 1 AND 2, SET CES 3 UP.

Los ciclos 1 y 2 pueden ser corridos en cualquier momento antes de la sesión del juego. Estos ciclos están establecidos y permanentemente archivados y pueden ser cancelados colocando el switch 3 en este momento.

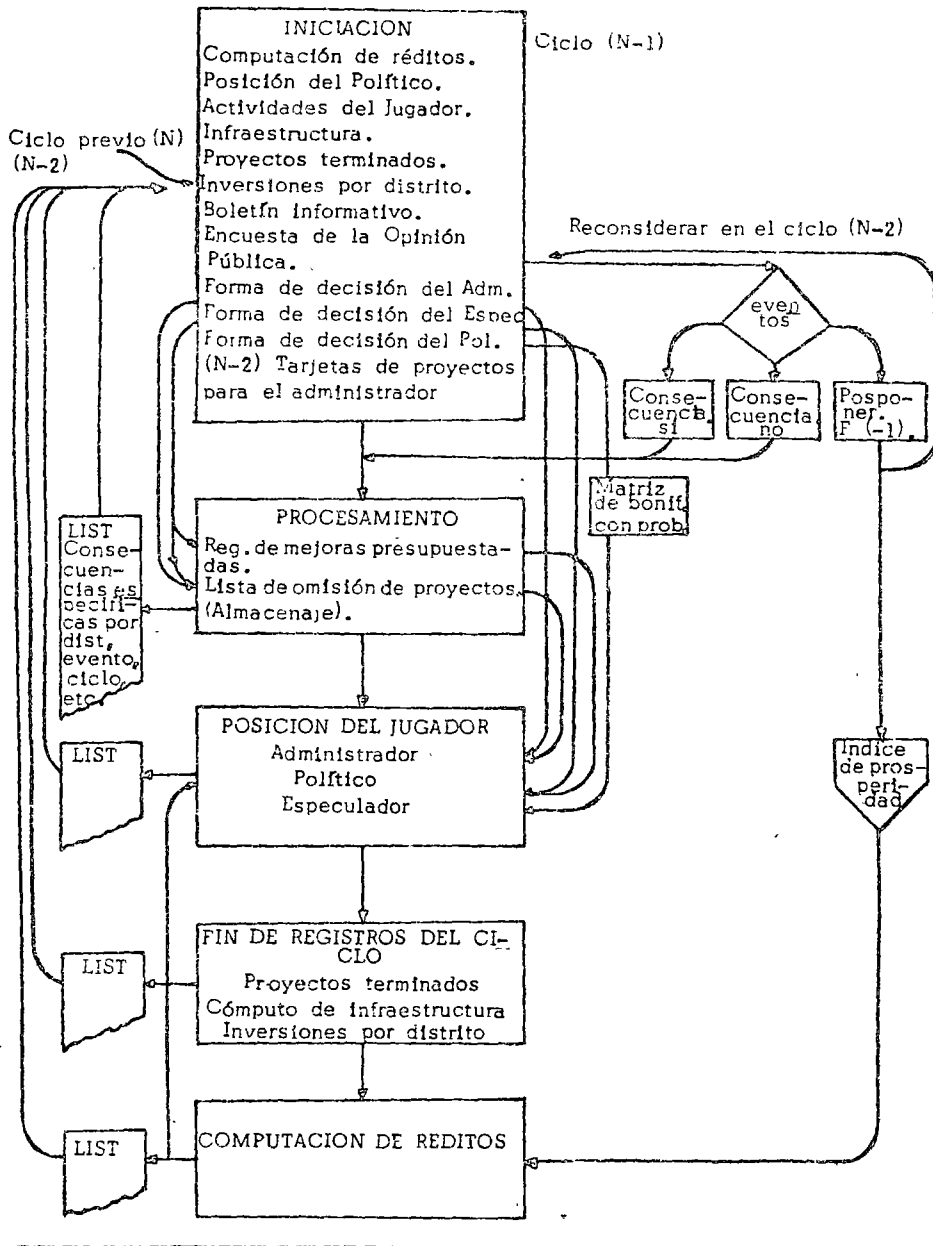


FIG. VIII.1. Diagrama de Flujo del proceso de METROPOLIS.

Los ciclos 1 y 2 usualmente corren antes que el juego y son usados para la introducción del jugador. En realidad el juego empieza en el ciclo 3. Esto no es absolutamente necesario, sin embargo, si los jugadores están ya familiarizados con METROPOLIS el juego pueda empezar en el ciclo 2. Si el operador desea "AUTO I/O solamente el ciclo 1, coloque el switch 3 hacia arriba y empuje PROGRAM START. Tan pronto como las salidas del ciclo 1 empiecen, apague el switch 3.

3) TO GET LIST OF TEAM FILE IDENTIS, SET CES 4 UP.

Una doble rectificación de los registros del equipo es hecha por la computadora para asegurarse de que no se mezcle la información entre los equipos. Una identificación alfabética de 6 caracteres para cada equipo está almacenada, así como el número de equipos. Esta identificación debe permanecer constante para cada equipo a través de una corrida, empezando con el ciclo 3, si los ciclos 1 y 2 ya establecidos fueron corridos o con el primer ciclo para el cual las decisiones fueron metidas. Colocando el switch 4 en este punto, el operador puede checar la identificación almacenada de cada equipo de las corridas de los juegos anteriores.

Es probable aconsejar a cada operador a usar un juego de estandares de identificaciones para todas las corridas, para evitar tener que checar esto cada vez.

La computadora hará una pausa en este punto para permitir que los switches sean puestos. Oprima PROGRAM START para continuar.

SW 7 UP TO PRINT FORMS NOW.  
SW 7 DOWN PRINT FORMS AFTER  
OUTPUT.

Estos switches permiten al operador producir periódicos, encuestas de la opinión pública y formas de decisiones antes de la salida del ciclo.

Si el operador escoge hacer esto, él debe estar seguro de colocar todos los switches apropiados identificados en los siguientes mensajes.

SW 8 UP TO PRINT WALL CHARTS.

Esto necesita ser hecho únicamente al principio de la corrida, probablemente cuando los ciclos 1 y 2 hayan salido. Esto produce una copia de cada uno de los 4 cuadros de información requeridos para un equipo.

SW 9 UP TO PRINT 1 COPY PUBLIC OPINION POLLS  
SW 10 UP TO PRINT 2 COPIES PUBLIC OPINION POLLS.

El switch 9 permite al operador recibir 1 copia de la encuesta para el siguiente ciclo, la cual es suficiente si 3 o más partes del papel es usado.

Si se requieren copias adicionales, el switch 10 dará 2 y 9 y 10 juntos darán 3 copias.

SW 11 TO PRINT 1 COPY DECISION FORMS  
SW 12 UP TO PRINT 2 COPIES DECISION FORMS.

Como para la encuesta pública, 1 copia por ciclo es suficiente.

SW 13 UP TO PRINT 1 NEWSPAPER -  
SW 13 UP TO PRINT 2 NEWSPAPERS.

Prendiendo el switch 13 dará 1 copia del periódico regular y 1 copia de la Edición Bola de Cristal. Excepto para equipos grandes, asumiendo papel 4 partes, esto es suficiente. De otra manera, el mismo procedimiento como el de las solicitudes de encuesta.

En este punto, el teletipo para permitir el encendido de los ciclos deseados. Empuje PROGRAM START para continuar. Si el switch 7 ha sido prendido, continúe abajo, de otra manera vaya a (A):

ENTER  
CYCLE, TEAM, DATE, TIME  
XX X MMDDYY HHMM  
03 1 032670 0950

ENTER PAGE HEADING 80A1)

Las "X" indican donde las entradas requeridas pueden ser alineadas cuando estén mecanografiadas en: 2 dígitos del número del ciclo (el cero es requerido), 4 espacios, 1 dígito para el número de equipo, 2 espacios, 2 dígitos para mes, 2 dígitos para el día, 2 dígitos para el año, 2 espacios 2 dígitos para las horas, y 2 dígitos para los minutos. Presione la llave End of File (EOF) para continuar (las formas serán impresas).

Después de que las formas hayan salido, ponga el switch 7 hacia abajo.

(A) - - - - -

START OF KE/CD INPUT FOR  
CYCLE TO PRINT NEXT CYCLE  
DATA, SET CES 6 UP.

El switch 6 debe ser ignorado.



ENTER DATE (MMDDYY)  
032670

La fecha debe entrar como 2-dígito mes, 2-dígito día, 2-dígito año, sin ningún espacio en medio. EOF para continuar. (La fecha es requerida únicamente para el primer tiempo después de la tarjeta IIXEQ METP5.

ENTER TIME (HHMM)  
0955.

Una entrada de tiempo es requerida para cada ciclo a través de la corrida, como 2-dígitos hora, 2 dígitos minutos.

TO ELIMINATE PRINT OUTPUT  
THIS CYCLE (EXCEPT INPUT  
CARDS) SET CES % UP.

Esta opción probablemente no deberá ser usada excepto en casos en que las rutinas de entrada a la computadora sean demostradas a un nuevo operador. PROGRAM START para continuar.

ENTER TEAM NUMBER OR 0  
TO QUIT.

Esto llama para entradas de un número de equipo de 1-dígito, el cuál varía de 1 a 5. Empuje la llave EOF después de que entre el número de equipo para continuar. Un cero termina el programa en este punto.

Si el switch 3 ha sido puesto (abajo) los siguientes dos mensajes serán mecanografiados, de otra manera continuar con (B).

THANK YOU, NO MORE KB EN-  
TRIES TIL AFTER CYCLE 2 OUT.

Después de que los ciclos 1 y usualmente 2 han sido impresos, el siguiente mensaje será impreso.

IF YOU WISH TO AUTO 1/0  
ANOTHER TEAM, CES 3 UP.

Si otros resultados de los ciclos 1 y 2 de los equipos son requeridos, deje el switch 3 hacia arriba y apriete el PROGRAM START. Esto puede ser repetido las veces que se deseen. Cuando ya no se necesiten más copias coloque el switch 3 hacia abajo, apriete el PROGRAM START y regrese al paso (A).

(B) - - - - -

INPUT DECISIONS FROM CARDS,  
SET CES 1 UP.

El teletipo se usa habitualmente para que entren las decisiones a la computadora, sin embargo, las decisiones pueden ser perforadas en las tarjetas.

La computadora hará una pausa aquí para que se coloquen los switches.

EMPUJE PROGRAM START para continuar.

Si el switch 1 está prendido, sáltese al (C).

ENTER LABEL FOR PAGE HEADING  
Demonstration for Potential ME-  
TROPOLIS Operators.

Esta entrada es opcional y permite al operador identificar una corrida, etiquetando el nombre del grupo. Una vez que haya entrada para cada equipo participante, no necesita entrar en los siguientes ciclos. Apriete la llave EOF para continuar en cualquier caso.

THE NEXT 5 ENTRIES ARE  
OPTIONAL (F7.0).

Esto significa que cada entrada tiene un punto flotante, conteniendo 7 caracteres y requiriendo un punto decimal. Si no entra, apriete la EOF para continuar.

ENTER TAX MILLS

Cambiar el impuesto es una opción de los políticos. Deben meterse nuevos totales de millésimas de dólar. Si los políticos no cambian el impuesto, no se requiere ninguna entrada. (Apriete EOF).

ENTER PER-CAP ASSESSED  
VALUE

Esta es una opción del operador. El programa contiene una secuencia establecida por cada ciclo.- esta opción puede ser usada solamente por el operador para suprimir el valor programado de un ciclo en particular. (EOF para continuar).

ENTER NONTAX REVENUE  
FACTOR.

Esta es también una opción del programador. En relación con la recesión, que se programa para que ocurra al final del ciclo 5, puede ser cortada (entrar .55 por ejemplo, si se corta al 55% de los impuestos). Si un aumento es deseado, tal vez para recuperarse de la recesión, entrada (ejemplo) 1.4 (aumento al 140%) o cualquier factor de este tipo se desea.

ENTER SCHOOL FUNDS  
FACTOR.

Esto se programa para aumentar cada ciclo. La opción del operador será la de suprimir el aumento programado. Esta opción casi nunca se usa.

ENTER CAMPAIGN CONTRIBUTION

Esta es una opción del especulador. Incrementos de \$5000 son aceptables. La entrada será de 5000., 10000., y demás. Ninguna coma es permitida en el número y un decimal es requerido.

ENTER CYCLE NO. 2

10 es el más alto límite para el número de ciclos.

ENTER IDENT (A6) FOR TEAM  
IDENT BLUE

Esto es donde la identificación alfabética debe entrar. Seis caracteres alfabéticos (A6) deben entrar. Si la identificación es menos que 6 caracteres grandes, use el espacio libre para hacer el balance. Una vez que una identificación ha sido otorgada a un equipo en el ciclo 3 ó antes, es obligatorio que una identificación idéntica, incluyendo espacios, sea usada por cada ciclo en lo sucesivo.

ENTER AN IPASU KARD OR EOF

IPASU se refiere a decisiones hechas, decisiones de los políticos, decisiones de los administradores y decisiones de los especuladores. U es para rutina al día y será explicada más adelante. (Casi nunca se usa). Cada entrada tiene primero un carácter alfabético y comas entre los elementos. NINGUNA COMO AL FINAL DE LA ENTRADA.

1,211,223,231

/// IN OKAY ///

Los eventos entran como 1 número compuesto para cada evento de la encuesta, el primer dígito es un número de ciclo, el segundo es número impreso, el tercero es la alternativa más favorable.

(E)mplo:

Ciclo 2, edición 1, alternativa 1

Ciclo 2, edición 2, alternativa 3

Ciclo 2, edición 3, alternativa 1)

Los caracteres alfabéticos aparecen primero (I)

Indican que son decisiones de eventos. Si ningún error fué hecho en la entrada, mensaje IN OKAY aparecerá antes que la siguiente entrada sea requerida.

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'  
P, 124,231,368,366,401,402,  
508,403,501.

/// IN OKAY ///

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'  
A, 109,126,228,247,373,369,  
365,367,401,402,403,501,508,  
at end.

\*\*\*KARDS INCOMPLETE

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'  
A, 109,126,228,247,373,369,  
365,367,401,402,403,501,508

/// IN OKAY ///

Las decisiones de los políticos son los números de los proyectos que se llevan sobre la forma de presupuesto. Los proyectos a largo plazo presupuestados no pueden entrar, a pesar de que deberfan hacerlo.

Las decisiones de los administradores siguen el mismo formato que el de los políticos.

Un error fue hecho al poner una coma al final de la entrada. Cuando este mensaje de error aparece, el operador puede simplemente repetir la entrada en la cual el error fué hecho. Si un

error es encontrado antes que la llave EOF fuera presionada, el operador puede apretar la llave del Campo de Borrar y empezar la entrada otra vez.

Las decisiones de los especuladores siguen un orden específico que tienen 9 posibles ranuras.

(a) distrito 1 residencial, (b) distrito 1 comercial  
(c) distrito 1 industrial, (d) distrito 2 residencial  
(e) distrito 2 comercial, (f) distrito 2 industrial.  
(g) distrito 3 residencial, (h) distrito 3 comercial  
(i) distrito 3 industrial (o R,C,I para distritos 1 y 3 respectivamente). Estos números son las inversiones de los especuladores en cada categoría de la tierra que se usa y debe entrar en 000's de dólares. Por tanto, 10 (000) en el distrito 1 residencial, 0 en el distrito 2 comercial. La entrada de las decisiones de los especulador puede terminar con el último elemento que no es cero - aunque los ceros deben ser usados para cualquier canal que esté seguida por una canal con un número positivo. Esta entrada puede mirarse así:

S 10,0,0,20,10

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'

S, 10,10,0 (erase field)

S, 10,0,0,20,10,0,0,0,0,

S, a, b, c, d,e,f,g,h,i,

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'  
EOF

En circunstancias normales, la entrada puede terminar en esta forma. Sin embargo, la rutina de fecha puede ser substituída por EOF -  
Ver abajo.

UP2 KARD LAS SIGUIENTES 4 ENTRADAS SON OPCIONALES.

-----  
(D) En este punto todas las decisiones tendrán que entrar y ser procesadas y la impresión tendrá lugar. El programa regresará al Paso (A).  
-----

Rutina de Fecha

Esta rutina permite al operador cambiar algunas características que normalmente no son manipuladas. El puede cambiar: la población, el total de fondos de los políticos, el total de fondos de los especuladores, factores de crecimiento, posición de los políticos (final), posición de los administradores (general).

Estos cambios deberán hacerse solo para corregir errores anterior o por algún propósito pedagógico. En vez de una terminación normal:

ENTER AN IPASU KARD OR 'EOF'  
UP1

Se escribe UP1 para invocar la rutina de fecha.

UP2 KARD...NEXT 4 ENTRIES  
OPTIONAL.

ENTER POP, TOTAL POL. FUNDS  
TOTAL SPEC. FUNDS (3F8.0)

Cada uno de estos 3 elementos es un número de punto flotante de hasta 8 caracteres, requiriendo una decimal (3F8.0). Los 3 campos se corren juntos, si el operador no quiere entrar en la parte 1, debe de dejar un espacio en este orden para entrar en una parte siguiente. Ejemplo:

1500000.

Esto le da a los políticos \$1,500,000 pero deja a la población sola. Cualquier valor que entre reemplaza los viejos, no es un incremento.

ENTER GROWTH FACTORS (512)

Si el operador elije variar los cambios proyectados de la población, él puede hacerlos aquí. Por cada uno de los 5 factores (ver primera hoja de entregas) 2 números dígitos se requieren: 0202020202-- 2% de la tasa de crecimiento (estimado) para los 5 años siguientes. Una tasa de crecimiento estimada negativa puede entrar en lugar del cero para aquel año con signos mínimos: 020100-1-2 muestra una tasa de crecimiento en declive constante por 2 años, no cambia el tercero y la población pierde en los últimos 2 años.

ENTER POL. STANDINGS (312)

Las posiciones finales de los tres políticos pueden ser cambiadas aquí. Por cada político un entero de dos dígitos se requiere (312); 060506 significa que el político en el distrito 1 tendrá 6 puntos, el político en el distrito 2, 5 puntos, y el político en el distrito 3, 6 puntos. Para los factores de crecimiento, los campos se corren juntos con ninguna coma entre las entradas.

ENTER ADM. STANDING (14)

Este será un solo número de hasta 4 dígitos requiriendo ceros guía: 0105 significa que el Administrador tendrá un total de 105 puntos.

Si ninguna entrada se desea en 1 de estas 4 categorías, ninguna entrada se necesita hacer en respuesta a este mensaje. (Aprete EOF para continuar)

Después de esta última entrada (Dm.) la computadora procede a las entradas. No se necesita apretar el EOF.

Pase al (D)

VIII.3 Tarjetas de entrada de las decisiones de METROPOLIS.

Las tarjetas de entradas para METROPOLIS consisten de un mínimo de 7 tarjetas, Si los distintivos al día son usados, la baraja será de 8 tarjetas

En la mayoría de los casos las tarjetas son perforadas exactamente como si hubieran entrado por el teletipo.

TARJETA 1

"Etiqueta para la primera página": Esta tarjeta debe ser incluida, aún cuando esté vacía.

TARJETA 2

Esta tarjeta reemplaza la entrada opcional a la sección de entrada por teclado. Los 7 artículos de la información del campo fijo son los siguientes:

Cols. 1-2: CICLO No. del ciclo actual ha entrado. Este campo es siempre requerido y entra como campo 12, por ejemplo, 03 para el ciclo 3.

Col. 3.5: Blanco

Col. 6-10 Milésimas de impuesto (Decisión opcional del jugador): si una nueva tasa de impuesto se decide poner al equipo de los políticos; debe entrar como un campo F5.0 con puntos decimal ejemplo: "49.5". Si el campo está en blanco o en cero, el valor del ciclo anterior será usado. (La tasa de impuesto inicial siempre se empieza en 48.8 milésimas).

Cols. 11-15: Valor estimado per cápita (Decisión opcional del operador).

Normalmente los espacios vacíos o ceros en valores estimados per cápita en el ciclo serán los anteriormente establecidos en el disco. Para cambiar el valor, active el campo F5.0, incluyendo puntos decimales - ejemplo "1425".

Cols 16-20 Factor de ingresos fuera de impuesto (decisión opcional del operador).

Una cierta proporción anteriormente establecida de las entradas que pagan impuesto (usualmente 100%) se aumenta a las entradas que pagan impuesto para dar un total de las entradas de la ciudad si este campo está vacío o en cero. El factor puede cambiar metiendo una proporción - ejemplo "AA. 98" activado con un campo de F5.0 con punto decimal.

Cols 21-25 Factor de fondos de la Escuela (Decisión opcional del operador) La base

proporcional de la entrada total de la ciudad en relación con la escuela es normalmente leída de un archivo de disco por cada ciclo si este campo está en blanco o en cero. NOTE que este valor se modifica dependiendo del crecimiento de la población. Para cambiar este valor, perfore un campo F7.0 - ejemplo "AA5000"

DE LA TERJETA 3 A LA 6.

Estas son las decisiones hechas de los políticos, administradores y especuladores y se perforan 3 campos libres de las tarjetas exactamente como si ellas estuvieran escritas en el teclado. Estas 4 tarjetas pueden estar en cualquier orden.

TARJETA 7

Usualmente esta tarjeta será perforada en cols. 1-3. Si la característica de fecha es usada esta es reemplazada por una tarjeta con actividad UP1 en cols. 1-3.

Si una tarjeta EOF es usada, esta debe ser seguida ya sea por una tarjeta en blanco (si solo un equipo está jugando) o por la tarjeta 1 del siguiente juego de decisiones (para otro equipo).

TARJETA 8

Si está la fecha, la tarjeta UP1 debe ser seguida por una tarjeta UP2 siguiendo el formato indicado abajo.

La UP2 es obligatoria en las primeras tres columnas. Cualquiera de los campos restantes pueden ser en blanco o cero, los valores correspondientes de los ciclos anteriores permanecerán sin cambio como sus anteriores valores. Otros valores entraron reemplazando los viejos - ellos no se incrementan, tenga cuidado con los fondos. Los campos variables son como sigue:

Col. 1-3: UP2

Cols. 4-11: Población revisada de METROPOLIS. En blanco o impreso a la izquierda con punto decimal activado.

Cols. 12-19: Fondos discrecionales totales de los políticos. En blanco o impresos a la izquierda con punto decimal activado.

Cols. 20-27: Valor neto de los especuladores. En blanco o impresos a la izquierda con punto decimal activado.

Cols. 28-29: Factores de crecimiento. Cualquiera de los 5 puede ser cambiado  
Cols. 30-31  
Cols. 32-33 con una variación permitida de 5 a 7. Los valores enteros  
Cols. 34-35  
Cols. 36-37 están impresos a la derecha en los campos.

Cols. 38-39: Posición del político del distrito 1. Los valores pueden oscilar de 0-6. Los enteros están impresos a la derecha en los campos.

Cols. 40-41: Posición del político del distrito 2. Los valores pueden variar de 0-6. Impresos a la derecha en los campos.

Cols. 42-43: Posición del político del distrito 3. Los valores pueden variar de 0-6. Impresos a la derecha en los campos.

Cols. 44-47: Posición del administrador. Los enteros impresos a la derecha.

Cuando una tarjeta de entrada necesita ser usada, la primera tarjeta para el primer equipo deberá ser puesta en el lector de tarjetas inmediatamente seguido de la tarjeta XEQ METP5. Como se apuntó arriba, si está corriendo más de un equipo, la primera tarjeta para cada equipo subsiguiente debe seguir inmediatamente la tarjeta EOF o UP2, cualquiera puede ser usada para el equipo precedente. (La forma del operador para la Computadora se muestra en la fig. VIII.2).

#### VIII.4 Reconfiguración del Disco para Impresora 1403 o Lectora de Tarjetas 2501.

El disco como se embarca está configurado para impresora 1132 y lectora 1442-6 ó 7. El disco es un completo cartucho maestro, conteniendo el sistema completo IBM 1130 Disk Monitor, Versión 2, actual (4/30/74) a 9 niveles modificatorios, incluyendo

el sistema de subrutina 1403 y 2501.

El programa de METROPOLIS consiste de 5 secciones, cada uno con un centro de almacenaje con formato de imagenes centrales (DCL) para acelerar la vinculación entre secciones. Las primeras 4 secciones son parte del programa principal; la quinta es un programa de utilidad especial, PRLST, para imprimir las listas de proyectos.

En virtud de que estos programas están almacenados en una imagen central para su ejecución, estos deben ser borrados y recargados (almacenados) con PRNZ reemplazando PRNTZ para el impresor 1403 o READZ reemplazando CARDZ para el lector de tarjetas 2501. Para facilitar esto, los cinco programas principales están también almacenados en el disco en el sistema de formato del disco (DSF) bajo los seudónimos siguientes:

<u>Nombre en Imagen Central</u>	<u>Nombre DSF</u>
METP5	M1
POL	M2
ADSPC	M3
FORMS	M4
PRLST	M5

Todas las subrutinas requeridas están también almacenadas en el disco en DSF.

Un puente especial JOB que incluye todas las tarjetas de control para borrar el programa DCI, descargar los programas DSF para almacenaje y restaurarlos a DCI en el área del usuario con EQUAT para PRNZ, es almacenado en el disco y puede descargarse con tarjetas con las siguientes tarjetas de control:

11JOB 2708

11DUP

\*DUMPDATA E UA CD \$1403 b

48 tarjetas en blanco con una tarjeta en blanco extra.

Si se tiene también un lector de tarjetas 2501 reemplace la segunda tarjeta con \*EQUAT (PRNTZ, PRNZ), (CARDZ, READZ).

Los pasos a seguir en la reconfiguración será el siguiente:

- 1) Corra un sistema redescargado usando las tarjetas REQ para su instalación.
- 2) Rebaje \$1403 del disco a las tarjetas.
- 3) Corra las tarjetas recientemente perforadas y está listo para continuar.

#### VIII.5 Impresión de la Lista de Proyectos para uso de los Jugadores.

Como se anotó al principio de este capítulo, hay 107 proyectos de mejora de capital disponibles para los políticos en el juego de METROPOLIS. Ellos deben seleccionarse y entrar por códigos numéricos, consecuentemente, los jugadores deben tener varias copias de las listas de los proyectos disponibles durante el juego.

Un programa especial PRLST está disponible en el disco para la impresión de las listas de los proyectos. Esto se pide con una sola tarjeta: // XEQ PRLST.

Las listas pueden ser impresas en 2 ordenes diferentes:

- 1) El orden debe ser el más conveniente para el jugador, seleccionando categorías específicas de proyectos en distritos específicos que se ordenan por distritos

y por categorías de presupuesto.

- 2) Ya que el orden precedente no es numérico, es conveniente tener otra lista impresa en orden numérico para propósitos de referencia.

Los mensajes del teletipo producidos por este programa y mostrados abajo son por sí mismos explicatorios.

Colocar el switch

- 1 Abajo para imprimir las listas de proyectos ordenados por distrito y categoría de presupuesto.
- 1 Arriba para imprimir las listas de proyectos en secuencia numérica.
- 2 Arriba para salir del programa.

Asegurarse de que todos los switches de la consola estén abajo al iniciar.



Número de equipo \_\_\_\_\_

\* Título de la página \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\* Milésimas de Dólar \_\_\_\_\_

\* Valor estimado per-cápita \_\_\_\_\_

\* Factor de réditos fuera de impuesto \_\_\_\_\_

\* Factor de fondos Escolares \_\_\_\_\_

\* Contribuciones de campaña \_\_\_\_\_

Número de ciclo \_\_\_\_\_

Identificación del equipo \_\_\_\_\_

Tarjetas IPASU:

I, \_\_\_\_\_

P, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

A, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

S, \_\_\_\_\_

EOF

U: UP1

UP2: Cambios deseados por el Operador. (Opcional)

(1) \_\_\_\_\_

(2) \_\_\_\_\_

(3) \_\_\_\_\_

(4) \_\_\_\_\_

\* Si están en blanco, mueva la palanca EOF.

CONCLUSIONES

La simulación es una herramienta muy poderosa en la actualidad, ya que mediante ella se tiene la oportunidad de probar todo tipo de modelos, cosa que tiende a asegurar, desde cualquier punto de vista, el futuro de algún proyecto.

Existe aún el rechazo de muchas personas a la simulación por juegos, argumentando que tiene una base científica muy débil y debido a la infinidad de situaciones hasta cierto punto poco realista que se pueden presentar, según se maneje el juego.

Es importante resaltar la mala o poca contribución a la planeación existente actualmente en nuestro país, además del conformismo que la gente siente ante ello y lo trivial de su aportación, que en la mayoría de los casos es nula. Triste pensar en la poca conciencia que la gente muestra ante el problema contribuyendo con ello a agigantar el desgano por hacer una planeación de tipo profesional, quedando a un nivel digno de un país que muestra un conformismo pleno y una carencia de ambición que, lejos de mostrar su grandeza interna, se muestra mediocre; es por eso que esta aportación tiende a disminuir la riqueza ideológica que debe de existir y el interés constante por eliminar una negligencia que lleve a acrecentar aún más el problema.

Es difícil saber hasta que punto el impacto de los juegos de simulación presentados pueda ayudar a estimular un verdadero deseo de hacer un país en definitiva productivo, pero la intención es la de crear conciencia en la gente que tiene acceso a las mejoras de la planeación urbana, una motivación permanente.

FIG. VII.2. Forma para el operador de la Computadora.

que mueva a la gente a no hundirse en una situación que sin querer está formándose difícil de tolerar.

La planeación ha carecido de una arma eficaz, es por eso que la simulación de juegos puede mostrar una imagen de lo que sucede en la actualidad y de los problemas que se pueden avecinar y, sobre todo, viéndolos desde una panorámica más amplia, darnos la solución o soluciones posibles para adaptar la más óptima y por fin resolver el problema que cada vez es más grave y se está dejando en el olvido, dando una serie de soluciones inmediatas que resuelven temporalmente un problema que necesita algo más que eso, un cambio vital que se está tardando enormemente en salir a la luz.

APENDICE A

LISTA DE PROYECTOS

A. 1. Proyectos a un Año.

DISTRITO 1

Proyecto No.	Loc. en el mapa	Descripción	Categoría de Presupuesto	Costo Anual
101	G 120	Calles locales y mejora de parques.	Calles	50,000
102	G 120,140	Alcantarillado de temporal, mantenimiento y mejora.	Alcantarillado	100,000
103	G 135	Conclusión de calles arboladas residenciales.	Calles	50,000
104	GHI 120	Alcantarillado sanitario, ayuda al Comercio.	Alcantarillado	50,000
105	GJ 125	Conexiones para rutas principales	Calles	50,000
106	GL 120	Alcantarillado sanitario, interceptores.	Alcantarillado	200,000
107	H 110	Calles locales, revestimiento.	Calles	200,000
108	H 110,140	Vía pública, ensanchar y mejorar	Calles	100,000
109	H 112	Equipo de Campo.	Recreación	40,000
110	H 115	Parques, mejora general.	Recreación	40,000
111	H 120	Agrandar la capacidad de un Puente.	Calles	200,000
112	H 125	Protección al fuego, carro de servicio.	Diversos	50,000
113	H 130	Protección y mejora a un parque.	Recreación	40,000
114	I 105	Desarrollo de un campo de recreo.	Recreación	40,000
115	I 120,160	Vía secundaria, ensanchar y mejorar.	Calles	50,000
116	I 130	Mejorar líneas principales y auxiliares.	Alcantarillado	100,000
117	I 115	Alcantarillado de temporal, comercio e industria.	Alcantarillado	50,000
118	J 122	Mejoras a la rivera del río.	Recreación	20,000
119	J 138	Arboles en las calles	Recreación	40,000
120	J 143	Mejora de estacionamientos.	Recreación	40,000
121	J 150	Mejora de banquetas.	Calles	100,000
122	J 158	Equipo para el campo de recreo.	Recreación	40,000
123	J 160	Alcantarillado sanitario, residencial.	Alcantarillado	50,000
124	K 120	Edificación de servicios.	Recreación	20,000
125	K 120,150	Alcantarillado sanitario, interceptor.	Alcantarillado	200,000
126	K 130	Protección al fuego, carro patrulla	Diversos	20,000
127	K 150	Alcantarillado sanitario, residencial.	Alcantarillado	50,000

DISTRITO 2

Proyecto No.	Loc. en el mapa	Descripción	Categoría de Presupuesto	Costo Anual
228	AE 120	Alcantarillado sanitario y residencial.	Alcantarillado	50,000
229	AG 160	Alcantarillado de temporal, mejoras.	Alcantarillado	100,000
230	C 60	Mejoras al sementario.	Recreación	40,000
231	D 105	Adquisición y desarrollo de terrenos.	Recreación	100,000
232	D 110	Revestimiento de camino.	Calles	200,000
233	E 90,165	Ensanchar y mejorar vías públicas.	Calles	100,000
234	E 100,160	Alcantarillado sanitario, interceptor.	Alcantarillado	200,000
235	E 110	Mejoras generales.	Recreación	40,000
236	E 125	Parque, facilidades y servicio	Recreación	50,000
237	E 135	Expansión del puente.	Calles	200,000
238	F 95	Desarrollo del campo de recreo	Recreación	40,000
239	F 160	Alcantarillado de temporal, residencial.	Alcantarillado	50,000
240	G 100	Arboles en las calles	Recreación	40,000
241	G 105	Equipo para el campo de recreo.	Recreación	40,000
242	G 150	Mejorar estacionamiento.	Recreación	40,000
243	H 150	Nuevo cuartel.	Diversos	200,000
244	L 110	Conclusión de calles arboladas residenciales.	Calles	50,000
245	LP 140	Alcantarillado de temporal, interceptores.	Alcantarillado	200,000
246	LQ 120	Conector, rutas principales.	Calles	50,000
247	M 110	Campo de juego.	Recreación	20,000
248	M 120	Alberca.	Recreación	150,000
249	M 140	Parque de esgrima.	Recreación	40,000
250	M 150	Plantío Arboretum	Recreación	20,000
251	N 80,160	Ensanchar y mejorar camino.	Calles	50,000
252	N 100	Alcantarillado sanitario, comercial e industrial.	Alcantarillado	50,000
253	N 110	Estacionamiento, áreas comerciales.	Calles	50,000
254	O 145	Protección y mejora a un parque.	Recreación	40,000
255	P 120	Protección al fuego, equipo nuevo.	Diversos	40,000
256	Q 70,140	Alcantarillado sanitario, mejora.	Alcantarillado	100,000
257	Q 130	Adquisición y desarrollo de un parque.	Recreación	20,000
258	Q 150	Alcantarillado de temporal, comercial e industrial.	Alcantarillado	50,000
259	R 100	Adquisición de terreno para parque.	Recreación	50,000
260	R 110	Mejora de Banquetas.	Calles	100,000

DISTRITO 3

Proyecto No.	Loc. en el mapa	Descripción	Categoría de Presupuesto	Costo Anual
361	E 80	Revestimiento de calles locales.	Calles	200,000
362	EI 190	Ensanchar y mejorar vía pública.	Calles	100,000
363	F 60	Adquisición de parque	Recreación	20,000
364	F 190	Mejoras al campo de Golf	Recreación	100,000
365	F 200	Mejoras Generales.	Recreación	40,000
366	F 270	Adquisición de terrenos, extensión del Lago.	Recreación	50,000
367	F 275	Desarrollo del campo de verano.	Recreación	50,000
368	FJ 65	Alcantarillado sanitario, mejoras	Alcantarillado	100,000
369	G 70	Alcantarillado de temporal, residencial.	Alcantarillado	50,000
370	H 70	Campo de Golf.	Recreación	50,000
371	H 85	Equipo para el campo de recreo.	Recreación	40,000
372	H 180	Alcantarillado de temporal, interceptor.	Alcantarillado	200,000
373	H 210	Conclusión de calles arboladas residenciales.	Calles	50,000
374	HI 90,100	Protección al fuego, cajas de alarma.	Diversos	20,000
375	HK 85	Alcantarillado de temporal, comercial e industrial.	Alcantarillado	50,000
376	HO 100	Ampliar y mejorar camino.	Calles	50,000
377	I 10	Adquisición y desarrollo de un parque.	Recreación	100,000
378	I 70	Campos de juego.	Recreación	20,000
379	I 195	Estacionamiento, áreas comerciales	Calles	50,000
380	I 210	Alcantarillado de temporal, mejoras.	Alcantarillado	100,000
381	I 220	Banquetas y Andenes	Calles	100,000
382	J 20,60	Alcantarillado sanitario, interceptor.	Alcantarillado	200,000
383	J 80	Seguridad pública, fuego y policía	Diversos	100,000
384	J 81	Facilidades de servicio, vehículos.	Diversos	30,000
385	J 90	Campos de recreo.	Recreación	40,000
386	J 210,230	Alcantarillado sanitario, comercial e industrial.	Alcantarillado	50,000
387	J 230	Equipo de abastecimiento, ciudad.	Diversos	30,000
388	K 80	Mejora de camino y parque.	Recreación	40,000
389	K 215	Nueva vía secundaria conectora.	Calles	50,000
390	K 225	Mejora de puente.	Calles	200,000
391	L 240	Alcantarillado sanitario, residencial.	Alcantarillado	50,000
392	L 250	Protección y mejora al parque.	Recreación	40,000
393	M 275	Arboles en las calles.	Recreación	40,000
394	P 40	Equipo de campamento.	Recreación	40,000



CUADRO DE  
INFORMACION 2

PROBABILIDAD ACTUAL DE ELECCION

CICLO	DISTRITO		
	1	2	3
3			
4*			
5			
6*			
7			
8*			
9			
10*			

(De la Forma 11, Línea 7)

\* Año de Elección.

CUADRO DE  
INFORMACION 1

ACUMULACION DE INFRAESTRUCTURA \*

CICLO	DISTRITO					
	1	Factor**	2	Factor**	3	Factor**
1						
2		X		X		X
Subtotal						
3		X		X		X
Subtotal						
4		X		X		X
Subtotal						
5		X		X		X
Subtotal						
6		X		X		X
Subtotal						
7		X		X		X
Subtotal						
8		X		X		X
Subtotal						
9		X		X		X
Subtotal						

\* Incremento acumulativo de proyectos programados, Forma 10, Línea 4.  
Subtotal

\*\* Factor =  $\frac{\text{Subtotal}}{100,000 \times \text{No. de Ciclos}}$

CUADRO DE INFORMACION 4-1

REGISTRO DE PROYECTOS TERMINADOS

No. DE PROYEC.	No. DE AÑOS	DIS-TRITO	CATEGORIA DE PRESUP.	AÑOS																
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
101	1	1	Calles																	
102	1	1	Alcantarillas																	
103	1	1	Calles																	
104	1	1	Alcantarillas																	
105	1	1	Calles																	
106	1	1	Alcantarillas																	
107	2	1	Calles																	
108	1	1	Calles																	
109	1	1	Recreación																	
110	1	1	Recreación																	
111	1	1	Calles																	
112	1	1	Diversos																	
113	1	1	Recreación																	
114	1	1	Recreación																	
115	1	1	Calles																	
116	1	1	Alcantarillas																	
117	1	1	Alcantarillas																	
118	1	1	Recreación																	
119	1	1	Recreación																	
120	1	1	Recreación																	
121	1	1	Calles																	
122	1	1	Recreación																	
123	1	1	Alcantarillas																	
124	1	1	Recreación																	
125	1	1	Alcantarillas																	
126	1	1	Diversos																	
127	1	1	Alcantarillas																	
228	1	2	Alcantarillas																	
229	1	2	Alcantarillas																	
230	1	2	Recreación																	
231	1	2	Recreación																	
232	1	2	Calles																	
233	1	2	Calles																	
234	1	2	Alcantarillas																	
235	1	2	Recreación																	
236	1	2	Recreación																	
237	1	2	Calles																	
238	1	2	Recreación																	
239	1	2	Alcantarillas																	
240	1	2	Recreación																	
241	1	2	Recreación																	
242	1	2	Recreación																	
243	1	2	Diversos																	
244	1	2	Calles																	
245	1	2	Alcantarillas																	
246	1	2	Calles																	
247	1	2	Recreación																	
248	1	2	Recreación																	
249	1	2	Industria																	
250	1	2	Recreación																	
251	1	2	Calles																	
252	1	2	Alcantarillas																	
253	1	2	Calles																	
254	1	2	Recreación																	

NOTA: R = recomendado; X = presupuestado; O = Encuesta de la Opinión Pública.

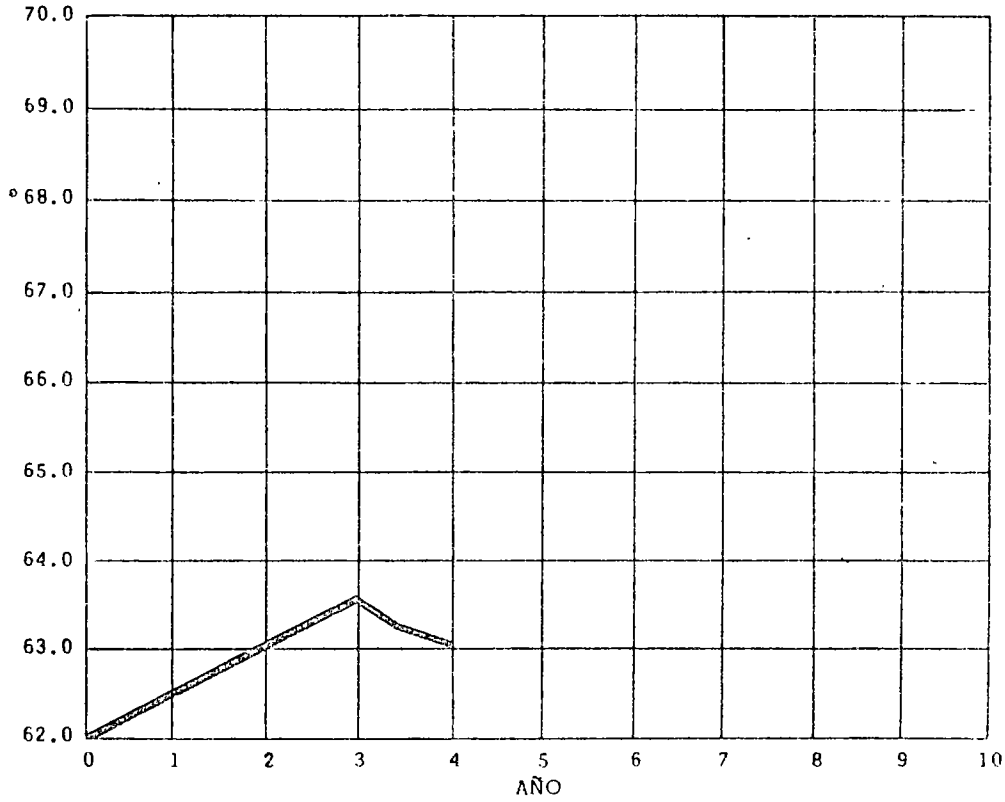
CUADRO DE INFORMACION 4 - 2 (CONTINUACION)

REGISTRO DE PROYECTOS TERMINADOS

No. DE PROYEC.	No. DE AÑOS	DIS-TRITO	CATEGORIA DE PRESUP.	AÑOS																
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
255	1	2	Diversos																	
256	1	2	Alcantarillas																	
257	1	2	Recreación																	
258	1	2	Alcantarillas																	
259	1	2	Recreación																	
260	1	2	Calles																	
361	1	3	Calles																	
362	1	3	Calles																	
363	1	3	Recreación																	
364	1	3	Recreación																	
365	1	3	Recreación																	
366	1	3	Recreación																	
367	1	3	Recreación																	
368	1	3	Alcantarillas																	
369	1	3	Alcantarillas																	
370	1	3	Recreación																	
371	1	3	Recreación																	
372	1	3	Alcantarillas																	
373	1	3	Calles																	
374	1	3	Diversos																	
375	1	3	Alcantarillas																	
376	1	3	Calles																	
377	1	3	Recreación																	
378	1	3	Recreación																	
379	1	3	Calles																	
380	1	3	Alcantarillas																	
381	1	3	Calles																	
382	1	3	Alcantarillas																	
383	1	3	Diversos																	
384	1	3	Diversos																	
385	1	3	Recreación																	
386	1	3	Alcantarillas																	
387	1	3	Diversos																	
388	1	3	Recreación																	
389	1	3	Calles																	
390	1	3	Calles																	
391	1	3	Alcantarillas																	
392	1	3	Recreación																	
393	1	3	Recreación																	
394	1	3	Recreación																	
401	3	1	Calles																	
402	4	1	Diversos																	
403	3	2	Calles																	
404	3	3	Calles																	
501	6	1	Diversos																	
502	5	1	Diversos																	
503	2	2	Diversos																	
504	4	2	Diversos																	
505	2	3	Diversos																	
506	4	3	Diversos																	
507	6	todo	Alcantarillas																	
508	6	todo	Alcantarillas																	
509	6	todo	Diversos																	

NOTA: R = recomendado; X = presupuestado; O = Encuesta de la Opinión Pública.

IMPUESTO ESCOLAR DE METROPOLIS COMO % DE LOS REDITOS TOTALES

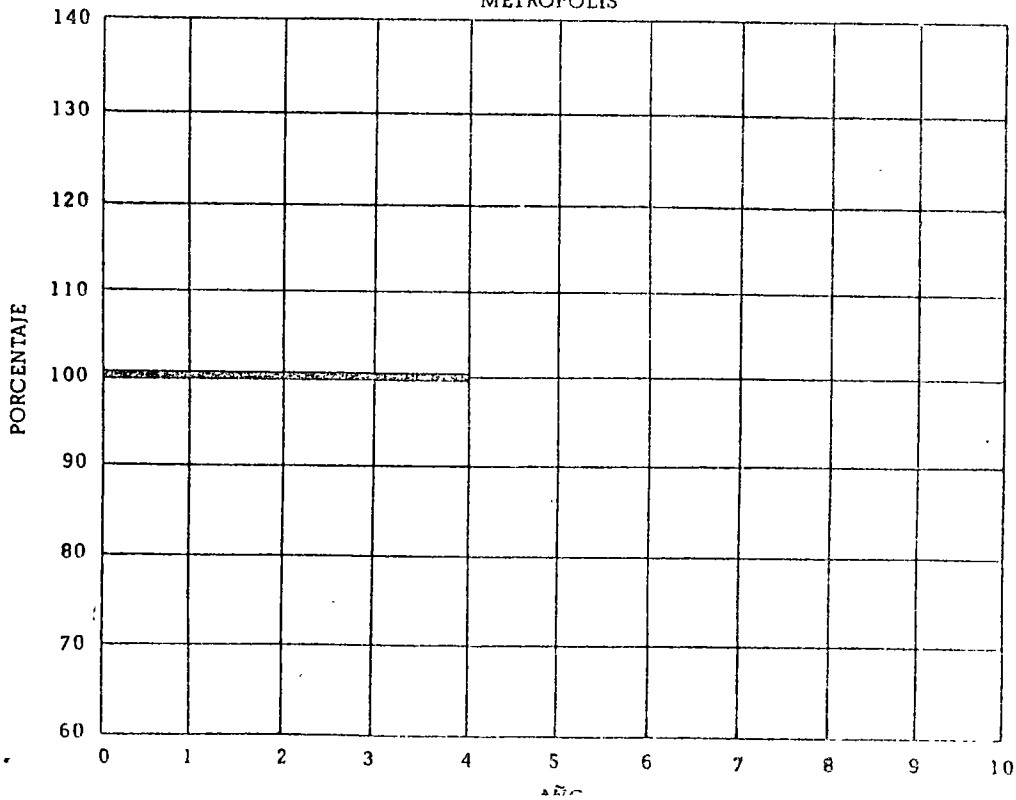


NOTA: Datos de la Forma 8,H1.

- 248 -

CUADRO DE  
INFORMACION 5

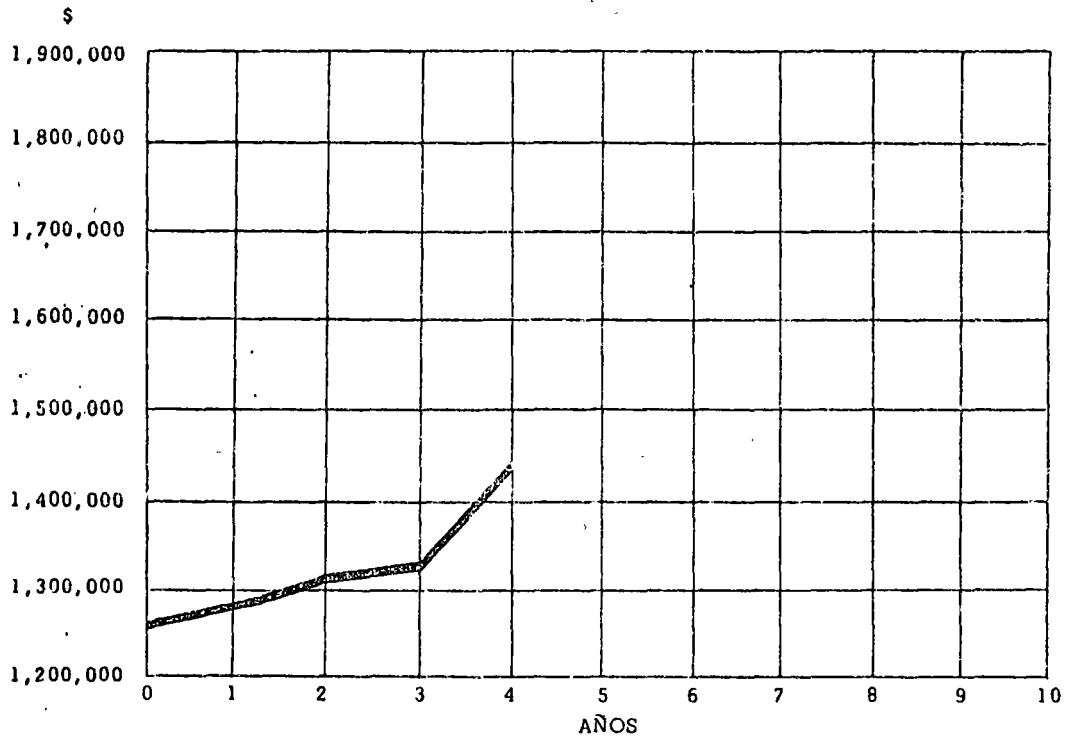
REDITO DE IMPUESTOS SOBRE LA NO PROPIEDAD DE METROPOLIS



- 249 -

CUADRO DE  
INFORMACION

REDITOS DE LOS FONDOS DISCRECIONALES TOTALES DE METROPOLIS

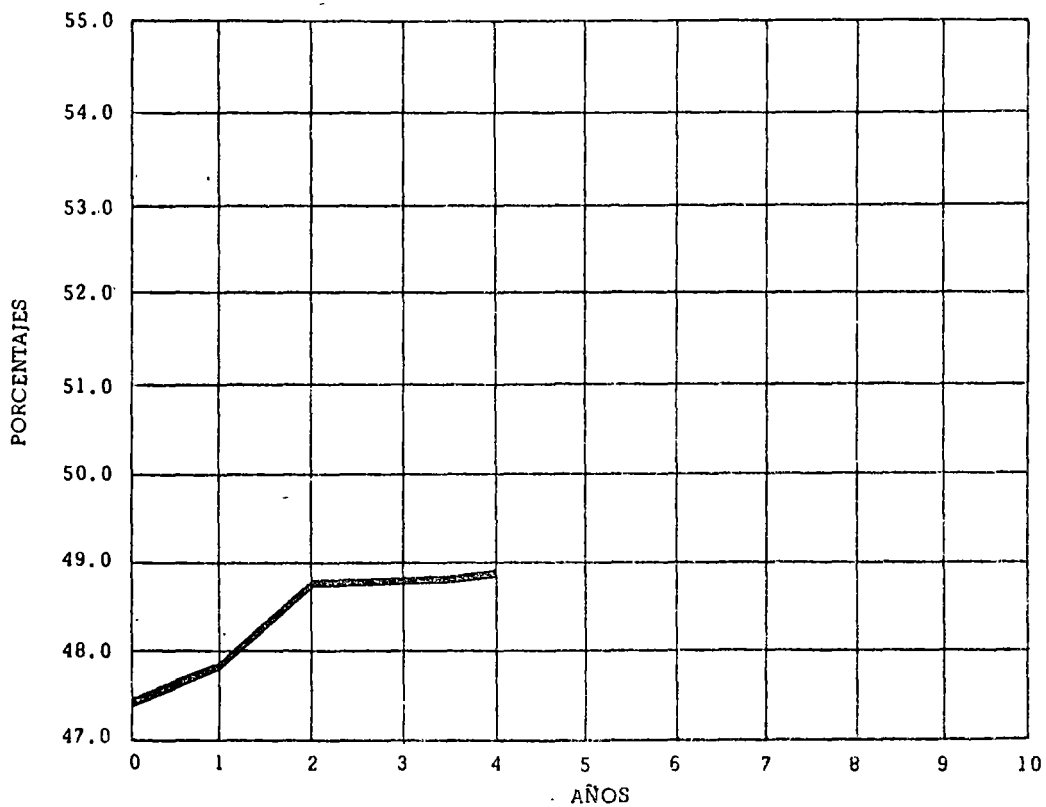


NOTA: Datos de la forma 8,D.

CUADRO DE  
INFORMACION 8

- 254 -

TASA DE IMPUESTOS DE METROPOLIS



NOTA: Datos de la Forma 8,J3

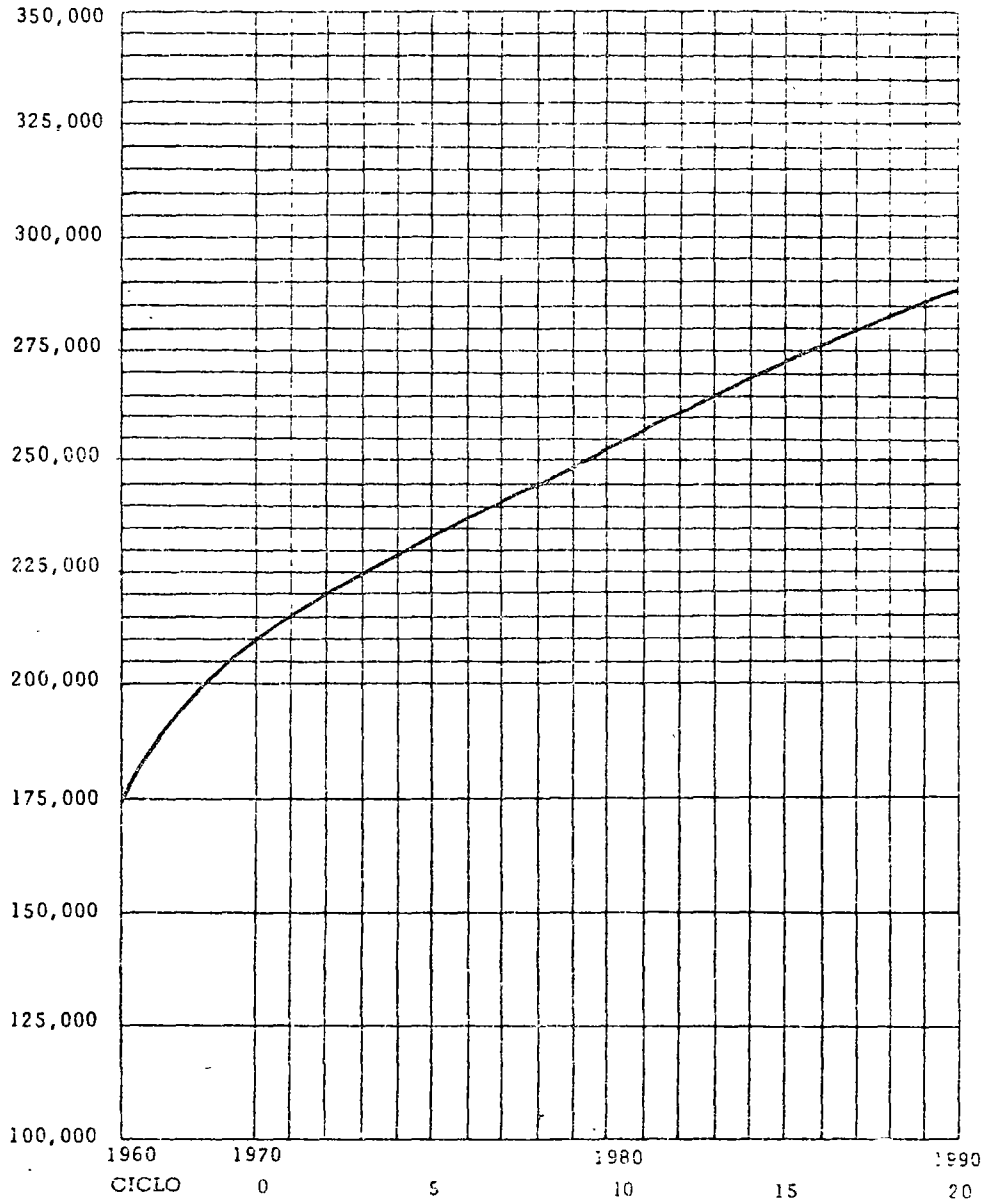
CUADRO DE  
INFORMACION 7

- 255 -



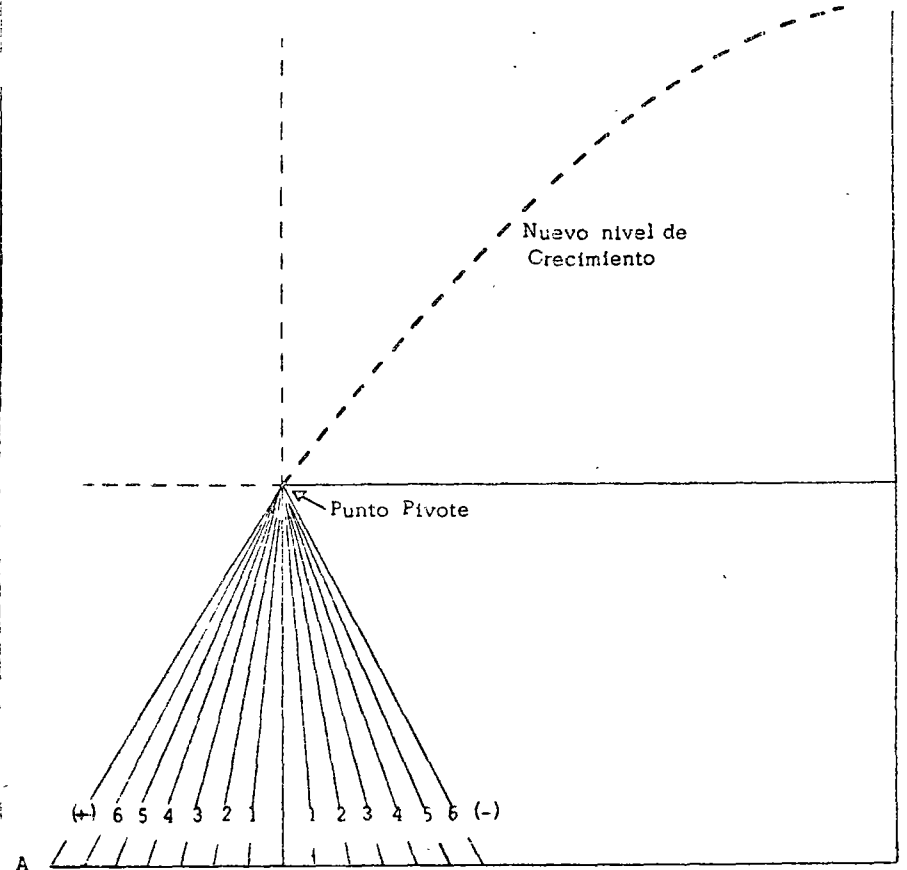
CUADRO DE INFORMACION 9

CRECIMIENTO DE LA POBLACION DE METROPOLIS



CUADRO DE INFORMACION

GRAFICA DE CRECIMIENTO



INSTRUCCIONES:

1. Corte a lo largo de las líneas A a B a C a A.
2. Colocar el punto pivote en la unión del último año con la población en el instante mostrado en el cuadro de inf. 9.
3. Inclinar la curva de crecimiento hasta que el porcentaje aumente o disminuya (del cuadro de inf. 9)
4. Marcar el nuevo nivel de crecimiento para el año actual sobre el cuadro de crecimiento.
5. Extender la curva de crecimiento al año actual.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA

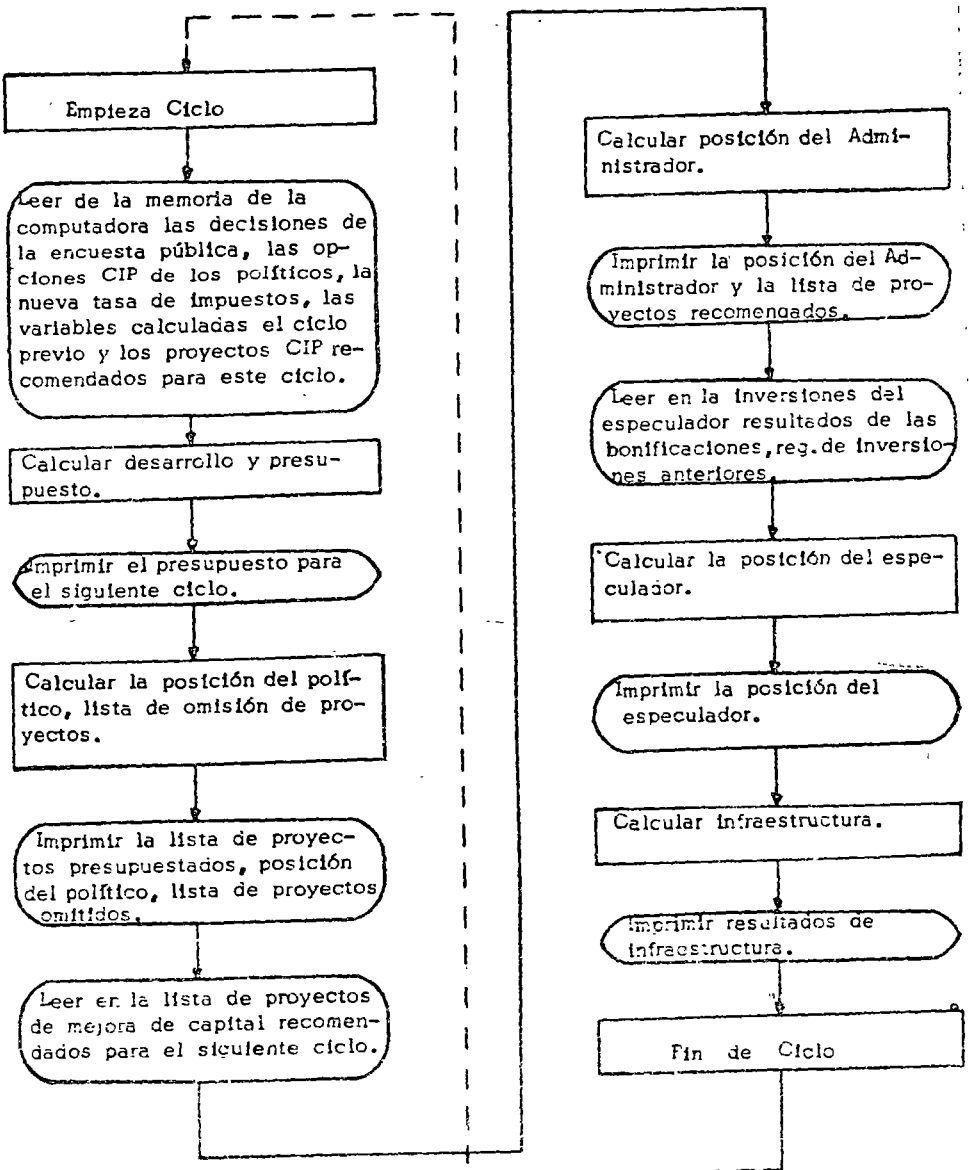
APENDICE C

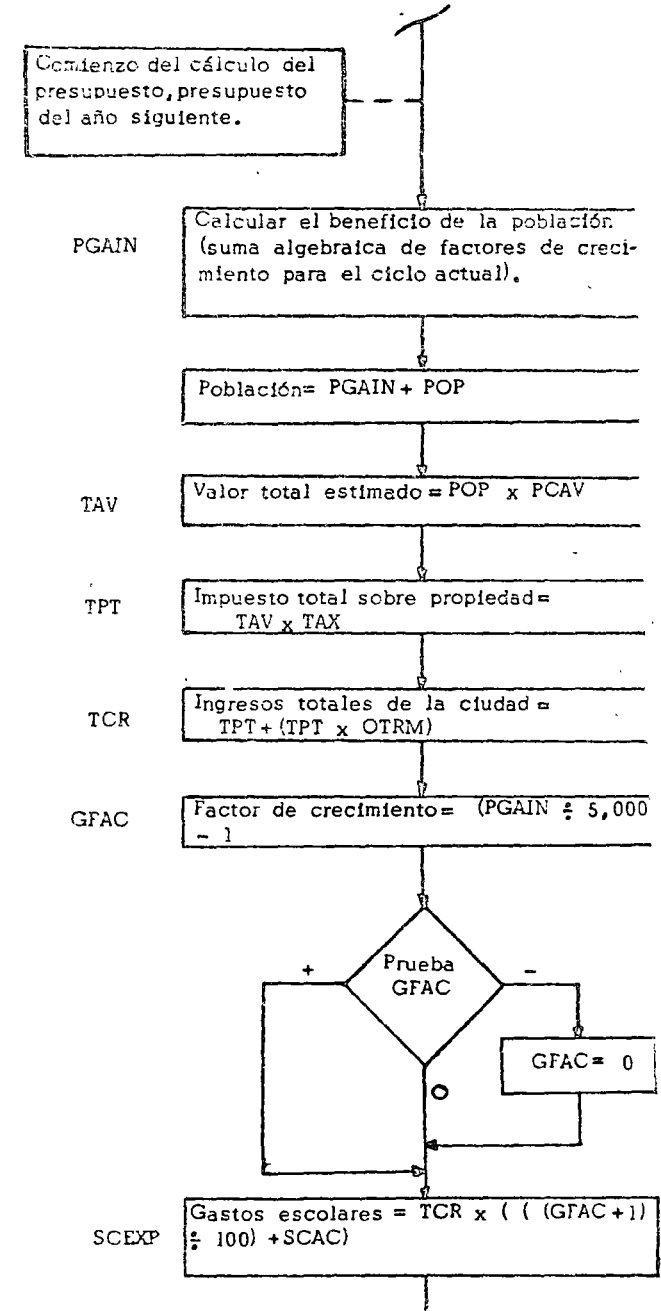
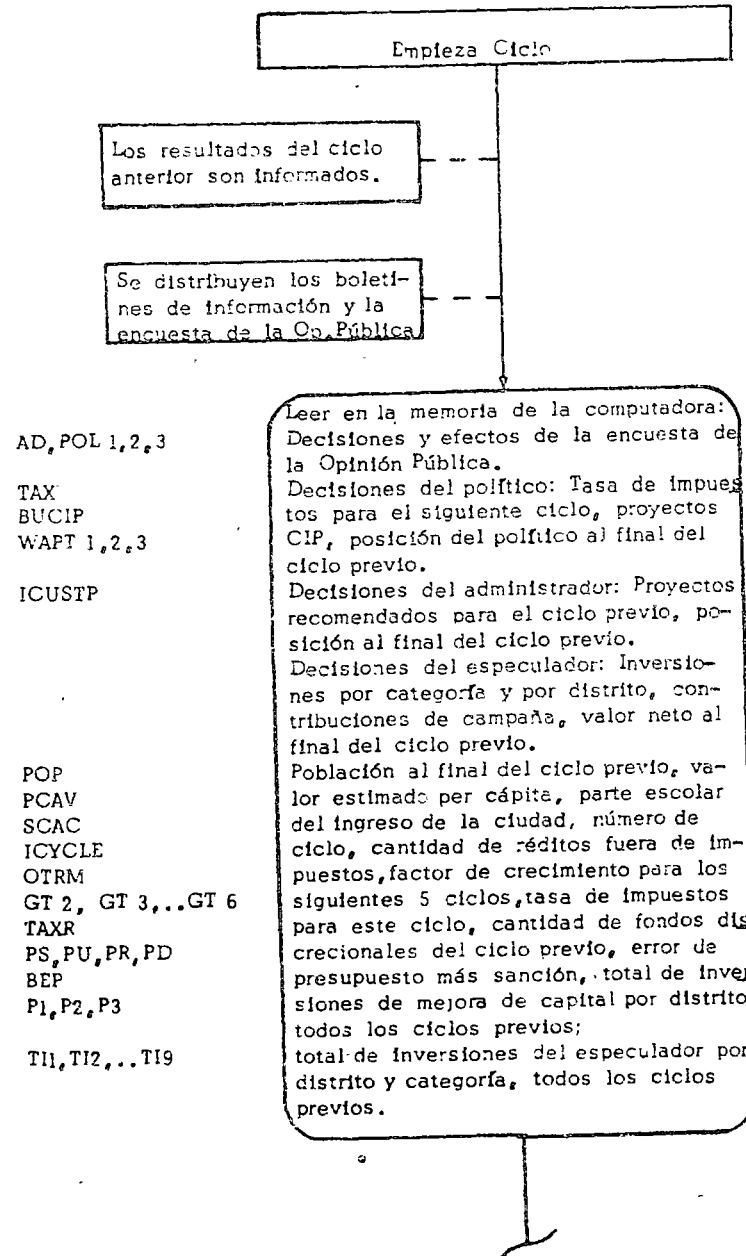
EVENTOS DE LA ENCUESTA DE LA OPINION PUBLICA DEL CONSEJO ESCOLAR

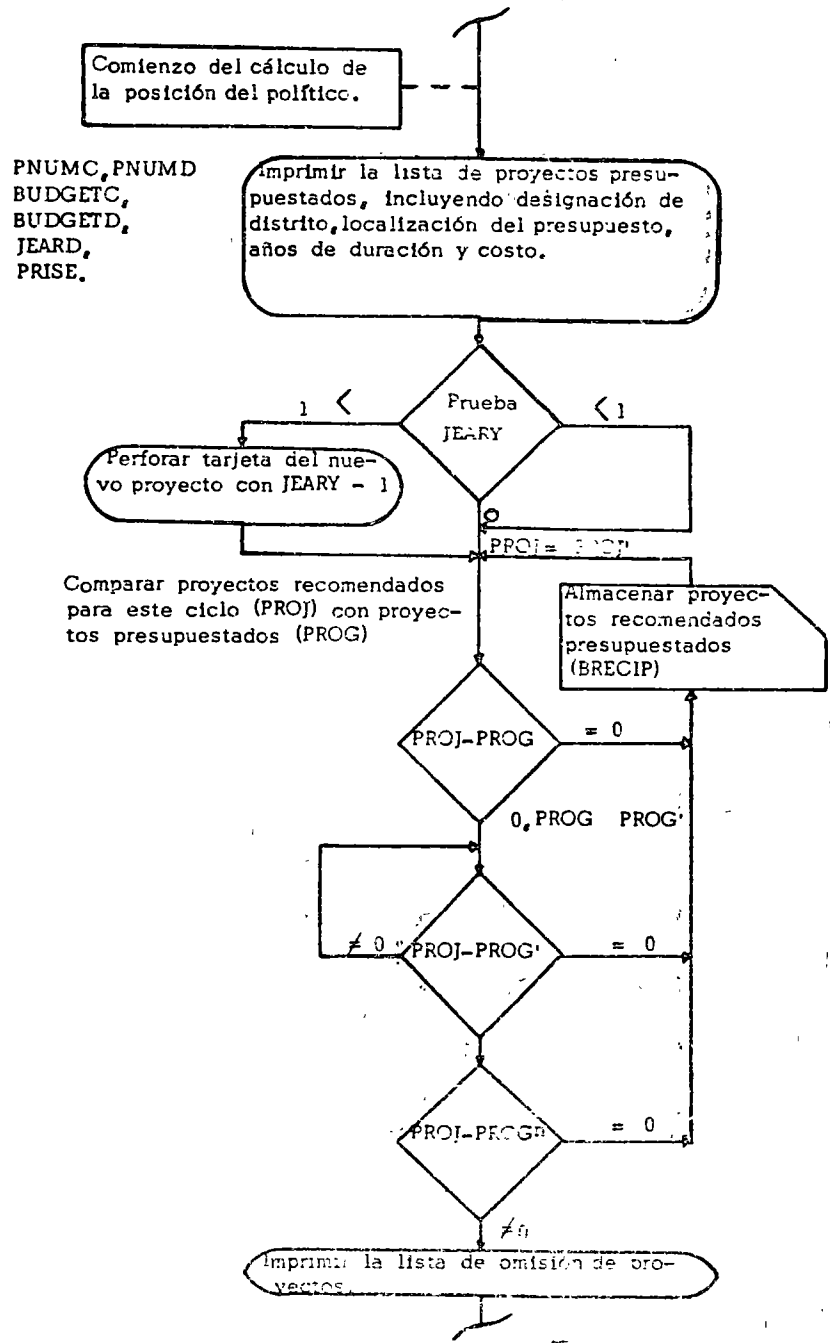
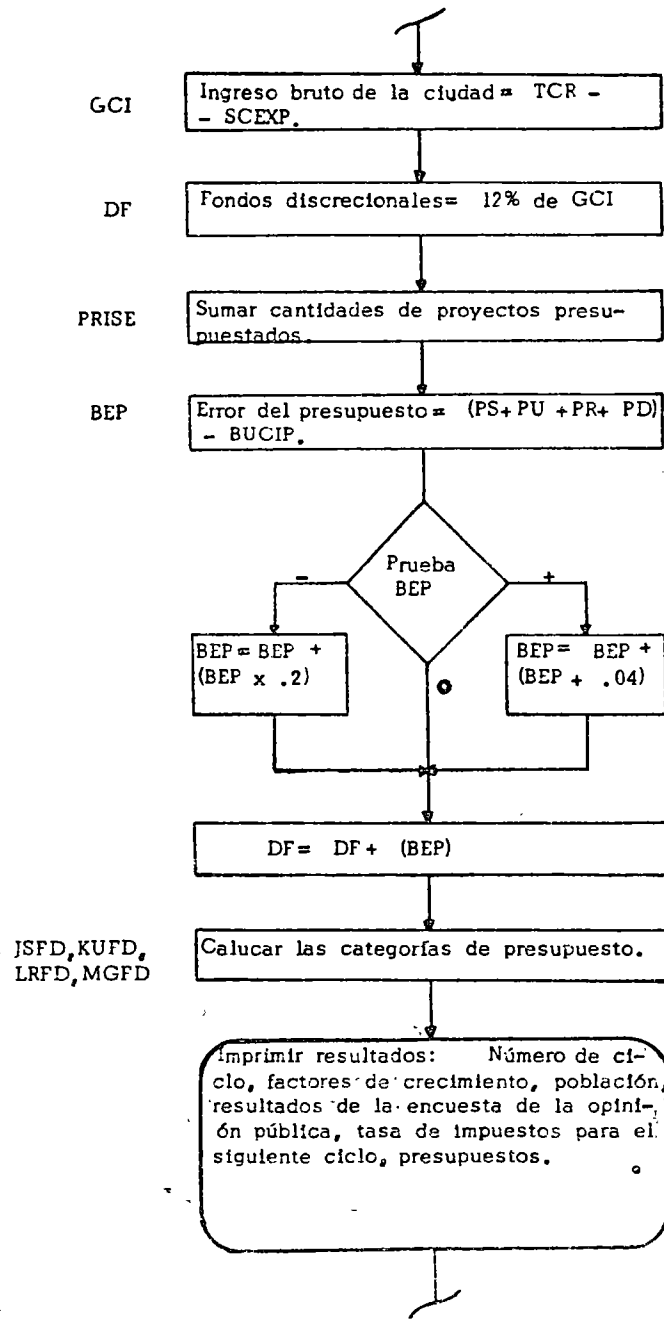
CICLO	DESCRIPCION	CICLO																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	Mejora Escolar (dist. 3) (milésima, 5 años)																			
2	Mejora Escolar (dist. 2) (1 milésima, 5 años)																			
3	Mejora Escolar (dist. 1) (1 milésima, 5 años)																			
4	"Plan Princeton" (sin milésimas)																			
5	Incremento de salario (4 milésimas, 10 años)																			
6	Estadio Memorial (0.5 milésimas, 6 años)																			
7	Expansión de la planta de Física (3 milésimas, 5 años)																			
8	Programa de entrenamiento a los jóvenes (0.5 milésimas, 5 años)																			
9	Colegio de la comunidad (1 milésima 40 años)																			
10	Expansión de la planta de Física (3 milésimas, 5 años)																			
VALOR TOTAL ESTIMADO EN MILÉSIMAS:																				

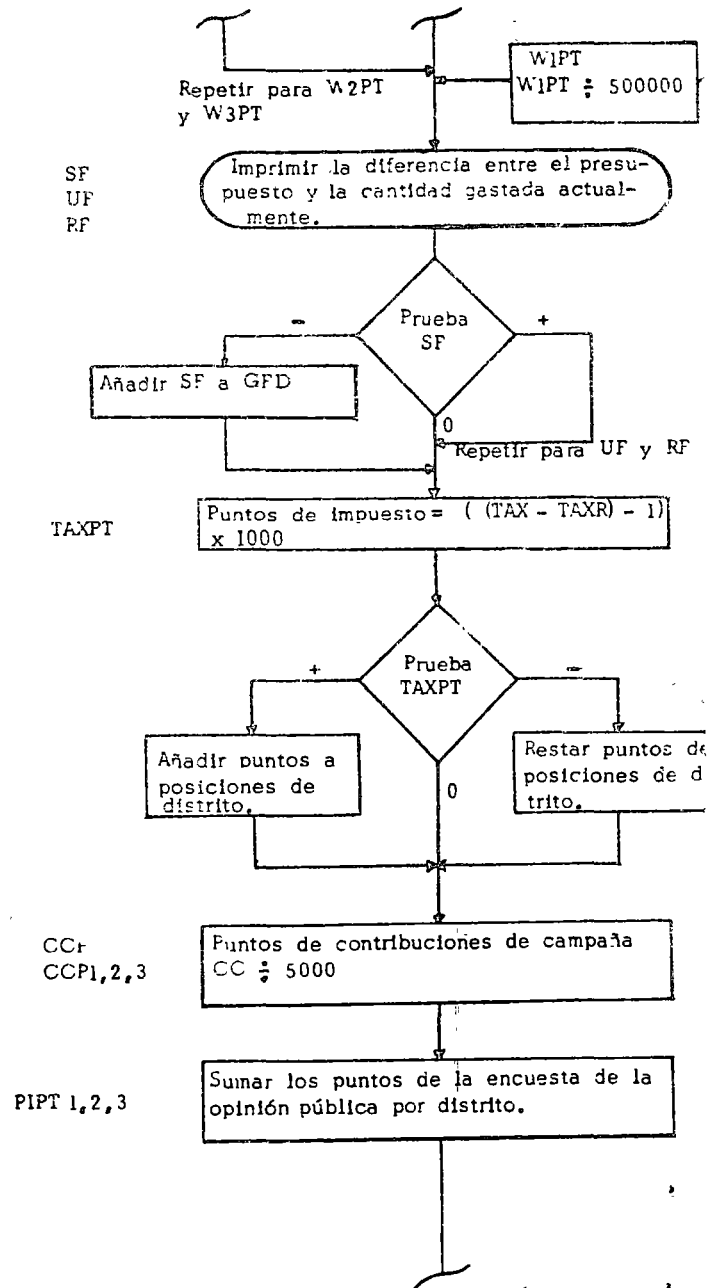
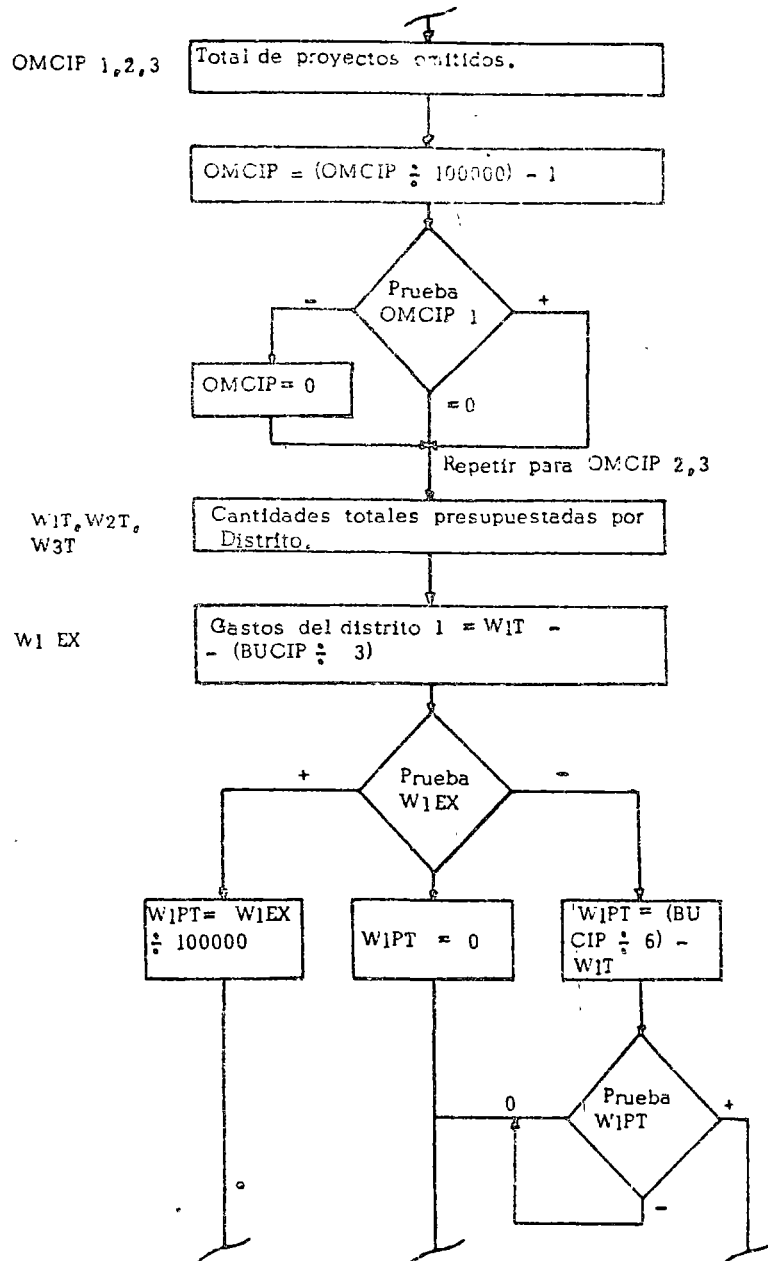
NOTA: Esto debe completarse cada ciclo, registrando el paso de un evento particular si es aprobado. El valor total especial estimado en milésimas debe entonces llevarse en cuenta.

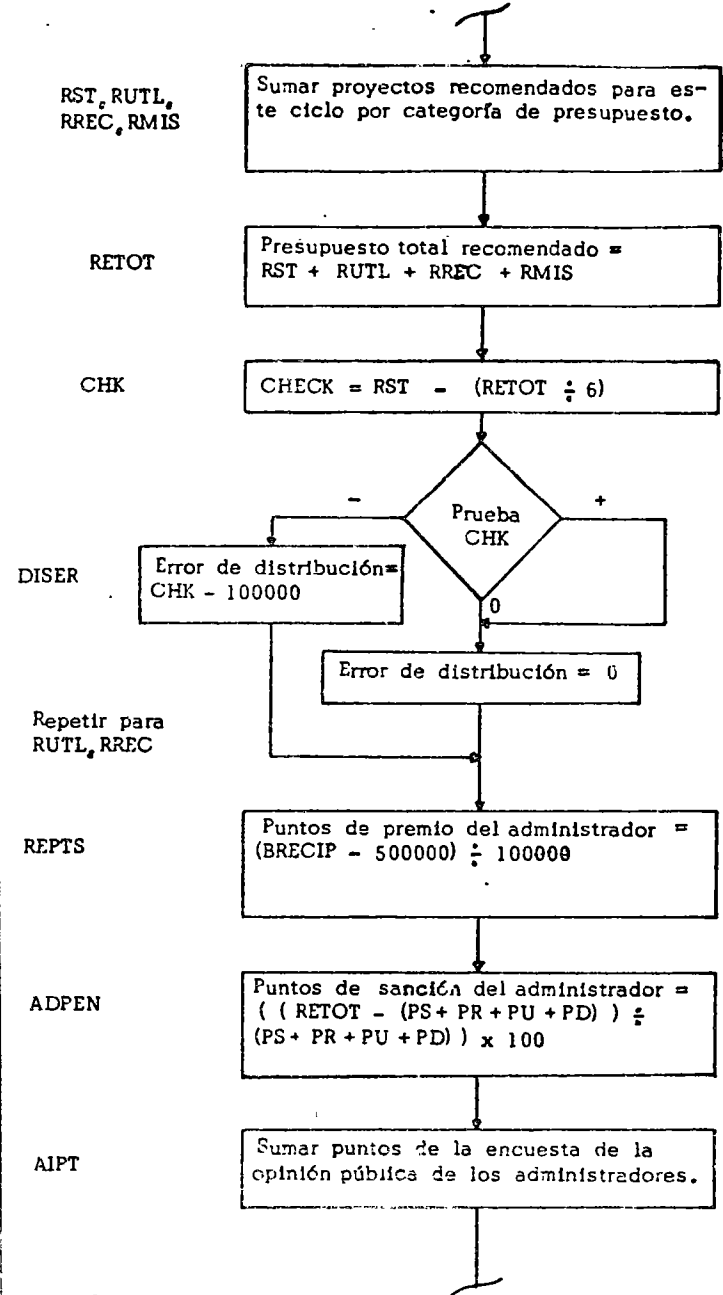
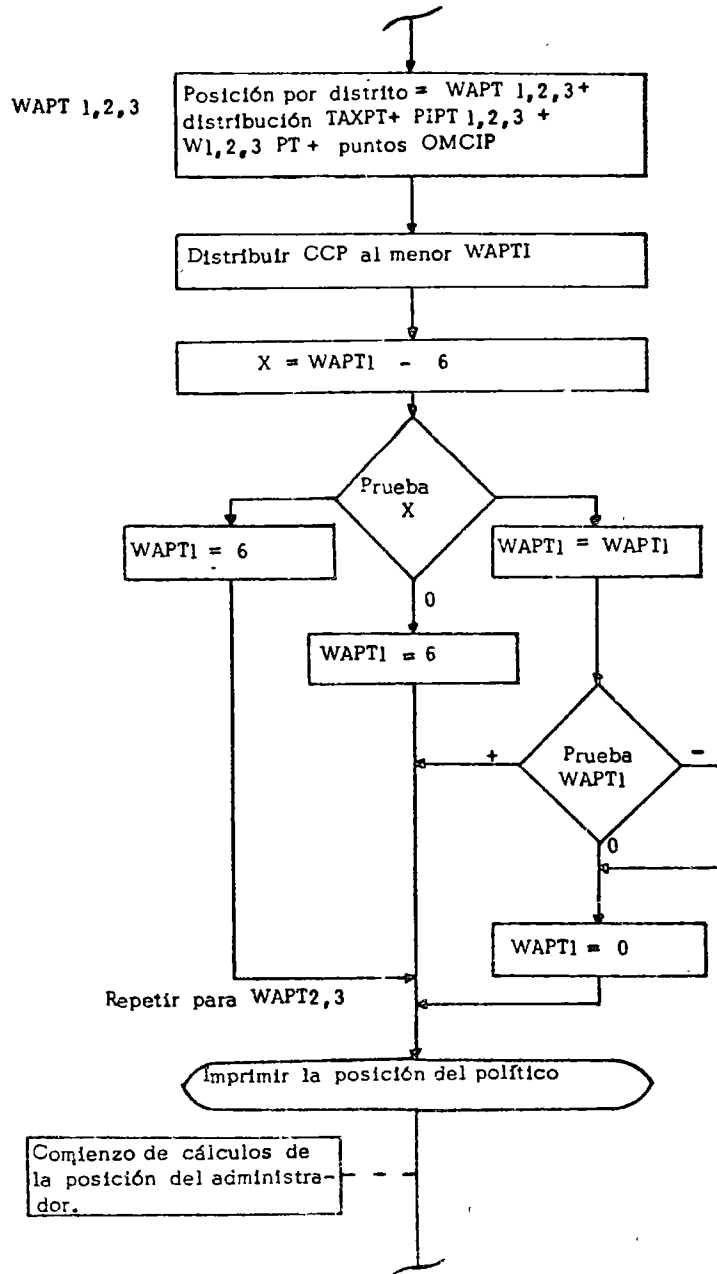
CUADRO DE INFORMACION 11

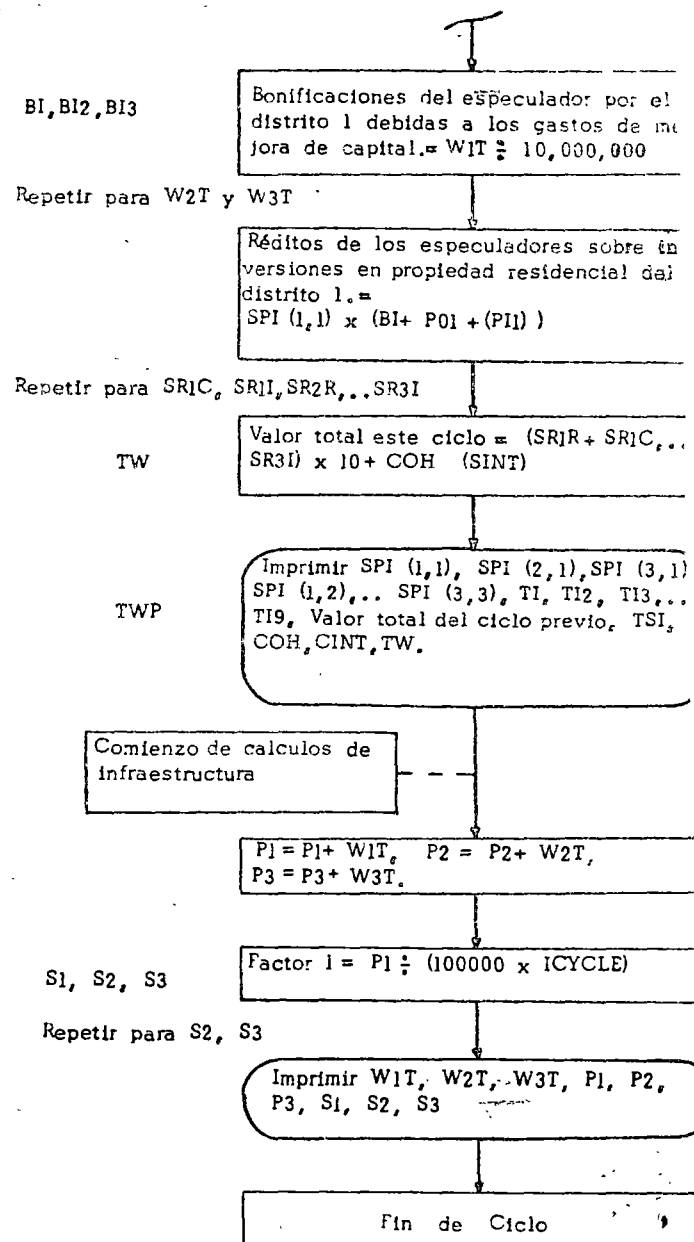
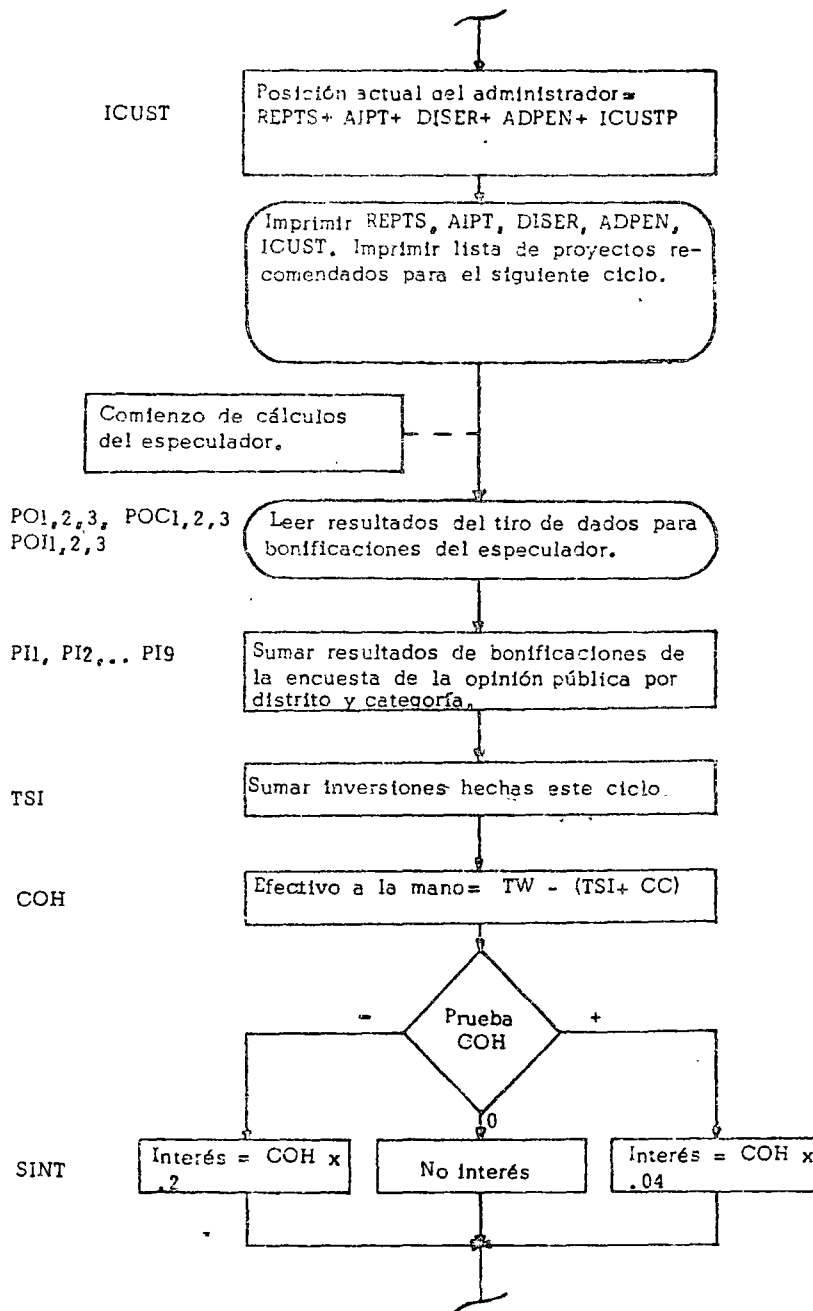














centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL

TEMA: PROGRAMACION DINAMICA.

PROF. DR. VICTOR GEREZ GREISER.

ABRIL, 1978.



7. Programación dinámica

7.1. Introducción

7.1.1. Teoría Básica.

\*En el capítulo 1 se señaló que los métodos de optimización pueden clasificarse en métodos de gradiente y métodos de búsqueda. \*En los capítulos 3 y 4 se estudió el método de gradiente. En este capítulo final se estudia el método de optimización conocido con el nombre de programación dinámica un método de optimización de búsqueda. Este último método, todavía más que el de programación lineal requiere del uso de la computadora digital. \*Como se trata de una técnica enumerativa, los tiempos de cómputo para este método son en general grandes, así como los requerimientos de memoria. Debido a ello el empleo de esta técnica es un cuanto limitado, a pesar de su extenso número de aplicaciones potenciales.

\*Métodos de optimización de gradiente y búsqueda

\*La programación dinámica (p.d.) es un método de búsqueda

\*Requiere de mucha memoria y largos tiempos de computación

\*En los métodos de optimización estudiados en los capítulos anteriores, lineal, entera y no lineal todo el problema se resuelve en una sola etapa.

\*En p.d. (programación dinámica) el problema se resuelve en forma secuencial, descomponiendo un problema de toma de decisión múltiple, en una serie de etapas, donde en cada una de ellas, es necesario tomar solamente un número reducido de decisiones o de preferencia solamente una sola.

\*La programación dinámica es una técnica de optimización enumerativa aplicable a problemas con restricciones y funciones objetivo que pueden ser no lineales y regiones factibles no convexas.

\*Se aplica en forma natural a problemas que pueden descomponerse en etapas a lo largo del tiempo, pero también puede emplearse en problemas no secuenciales o con estructura en serie.

\*En p.l., programación entera o no lineal se toma una sola decisión múltiple

\*En p.d. en cada etapa se toma una sola decisión

\*Puede aplicarse a problemas no lineales

\*El problema debe poder expresarse en forma secuencial

\*La programación dinámica se basa en el principio de optimalidad expuesto por R.D. Bellman: (ref. 2)

\*El principio de optimalidad de Bellman implica, que en cualquier etapa del proceso de toma de decisión, la política óptima para las etapas subsecuentes solo depende del estado del sistema en dicha etapa y no de la forma en que el sistema llegó a esta etapa.

\*Para ilustrar el concepto de optimalidad de Bellman previamente enunciado, considérese el siguiente ejemplo

\*Principio de optimalidad de Bellman

"Una serie de decisiones óptimas (políticas óptimas) tiene la propiedad, de que cualquiera que sea el estado inicial y la decisión inicial, las decisiones restantes deben ser óptimas con respecto al estado que resulte de la primer decisión"

7.1.2 Ejemplo.

\*La decisión óptima de una etapa en adelante depende de las subsecuentes y del estado del sistema.

\*Ilustración del concepto de optimalidad de Bellman:

## Ejemplo 7.1.1

Este problema muestra además el carácter enumerativo de la técnica de programación dinámica y la forma en que el principio de optimalidad de Bellman permite reducirse número de posibles alternativas por explorar.

\*La fig. 7.1.1 muestra una serie de posibles trayectorias entre un punto D y algún punto del litoral. Estos puntos son los puntos  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  y  $A_4$ . Los números asociados a segmentos de recta dirigidos muestran la longitud de los diversos segmentos de las posibles trayectorias del punto D al litoral

\*Trayectoria más corta de D hasta  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  ó  $A_4$ .

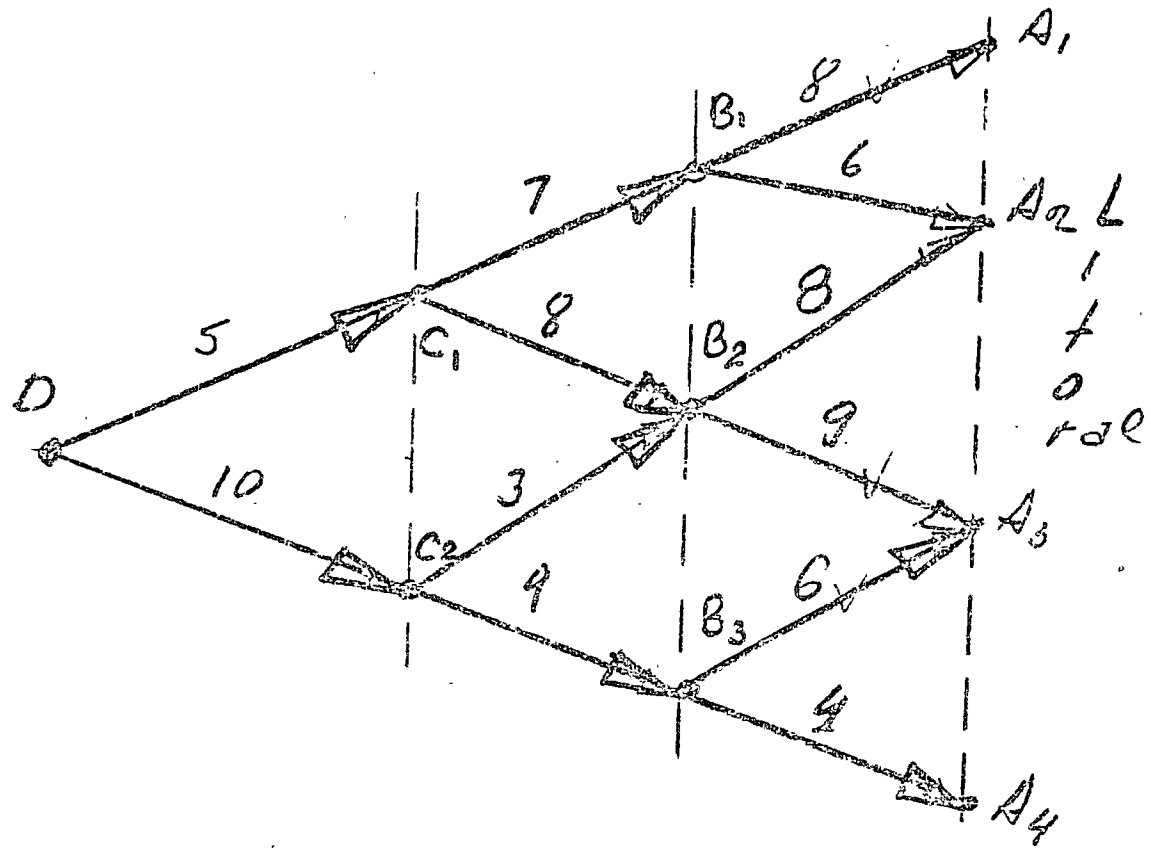


Fig. 7.1.1 Red de caminos de D al litoral

Determine la trayectoria más corta del punto D al litoral empleando la idea de optimalidad.

Solución.

Las posibles trayectorias del punto D al litoral aparecen en la fig. 7.1.2 y son en total 8 con las longitudes indicadas.

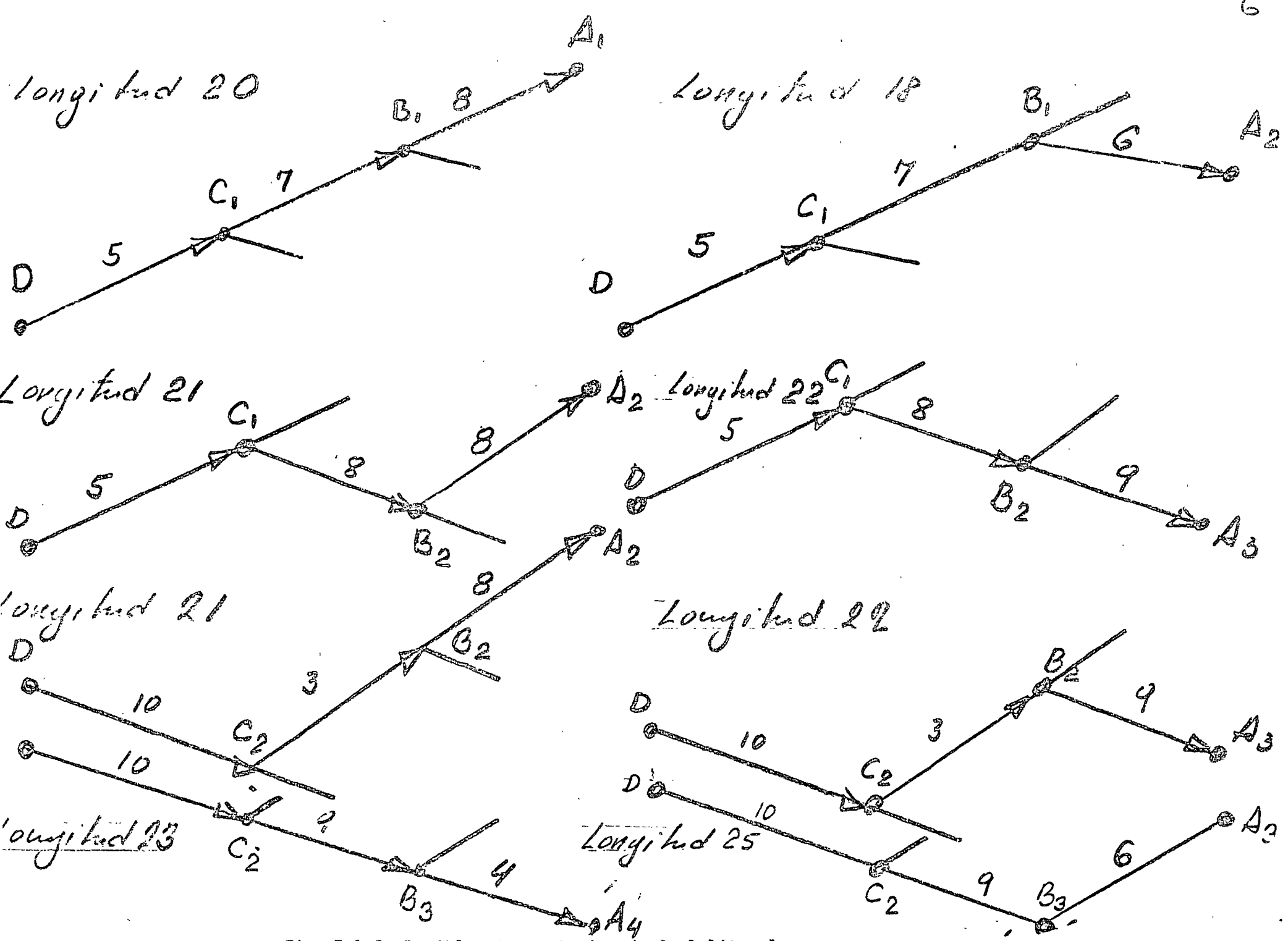


Fig. 7.1.2 Posibles trayectorias de al litoral.

\*Esta figura muestra de inmediato que la trayectoria más corta es la que pasa por los puntos intermedios  $C_1$   $B_1$  y llega al punto  $A_2$  y tiene una longitud de 18

\*Para llegar a este resultado fue necesario explorar 8 alternativas si se hubiese querido explorar las posibles alternativas con ayuda de una computadora, \*deberían de haberse conservado en la memoria de la máquina las localidades intermedias, el punto al que llega cada ruta y su longitud, es decir un total de:

y la selección final tendría que haberse realizado buscando un mínimo entre 8 datos. \*Una vez localizado este mínimo hubiese sido necesario recuperar de la memoria de la máquina la designación de las localidades intermedias y del destino para poder especificar la trayectoria óptima.

\*Trayectoria más corta  $D$   $C_1$   $B_1$   $A_2$   
Longitud 18

\*Se exploraron 8 alternativas

\*Datos que deben conservarse en memoria:

2 localidades }  
1 destino } X trayectoria  
1 longitud }

$(2 + 1 + 1) \times 8 = 32$  datos

\*Para especificar la trayectoria óptima es necesario conocer localidades por las que pasa y su destino.

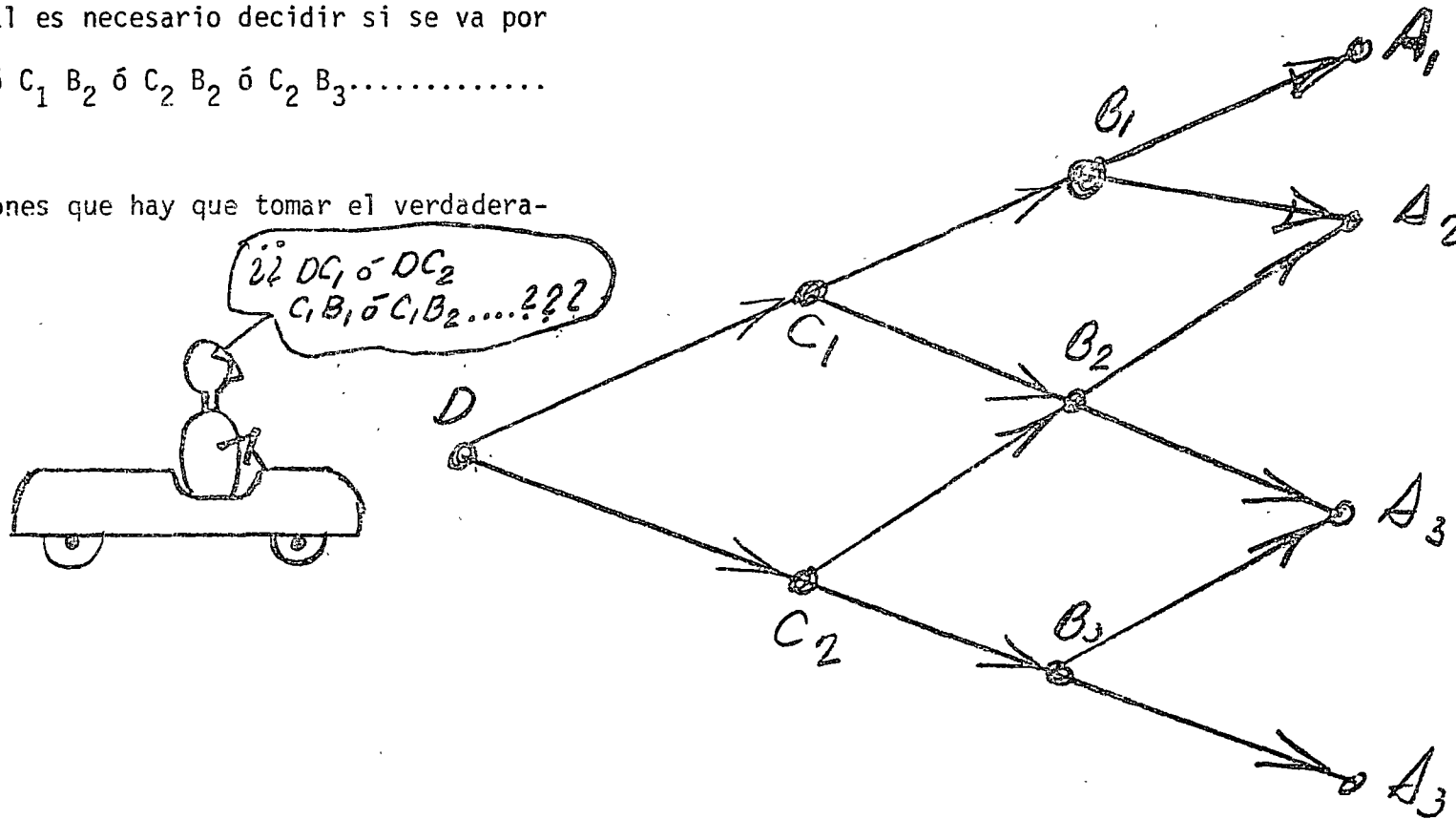
A continuación se muestra como el principio de optimalidad reduce el número de trayectorias entre las que es necesario buscar el mínimo \*Además <sup>ilustra</sup> como se convierte un problema de decisión múltiple en un problema de una secuencia de decisiones tomadas una a la vez.

\*Múltiples decisiones programación dinámica →

Secuencia de decisiones tomadas una a la vez

Si al iniciar el recorrido en D es necesario decidir por donde es ir al litoral es necesario decidir si se va por  $DC_1$  ó  $DC_2$  por  $C_1 B_1$  ó  $C_1 B_2$  ó  $C_2 B_2$  ó  $C_2 B_3$ .....

\*El número de decisiones que hay que tomar el verdaderamente grande





\*Supóngase por otra parte que se ha llegado a  $B_1$  y hay que decidir cuál es la ruta más corta al litoral. La decisión es simple, evidentemente que por  $B_1 A_2$  que tiene una longitud de 6.

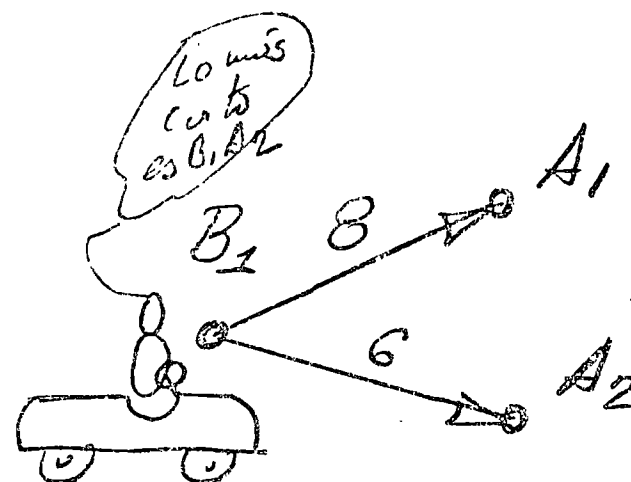
\*Si se designa con  $F_1(B_i)$  al mínimo de la distancia de la población  $B_i$  al litoral, el comentario anterior permite establecer:

y para las poblaciones  $B_2$  y  $B_3$

\* Nótese que en este problema en cada ciudad solo hay dos posibles alternativas :

\* Es decir, empleando la literal  $d$  para designar descripciones o posibles alternativas:

Desde luego que en otras



\*  $F_1(B_i)$   
optimo de la primer etapa

$$F_1(B_1) = 6$$

$$F_1(B_2) = 8$$

$$F_1(B_3) = 4$$

\* Posibles alternativas en cada población:  
ir hacia arriba ó norte.  
o ir hacia abajo ó sur.

\*  $d_i$  = variable de decisión de la  $i$ -ésima etapa de solución.

$$\underline{d}_i = N(\text{norte}) \text{ ó } S(\text{sur})$$

problemas las alternativas no están restringidas a dos.

\* La fig. 7.1.3 resume los resultados anteriores. En la figura se han anotado los valores de la trayectoria más corta desde cada ciudad, de donde pudiese iniciarse la última etapa del viaje, primera que se analiza, hasta el destino, además del valor de la decisión óptima. trayectorias que no entrarían en futuras búsquedas

\* Se anota el valor de la trayectoria más corta de cada población  $B_i$  a lo costa y la decisión óptima  $d_i^*$  correspondiente

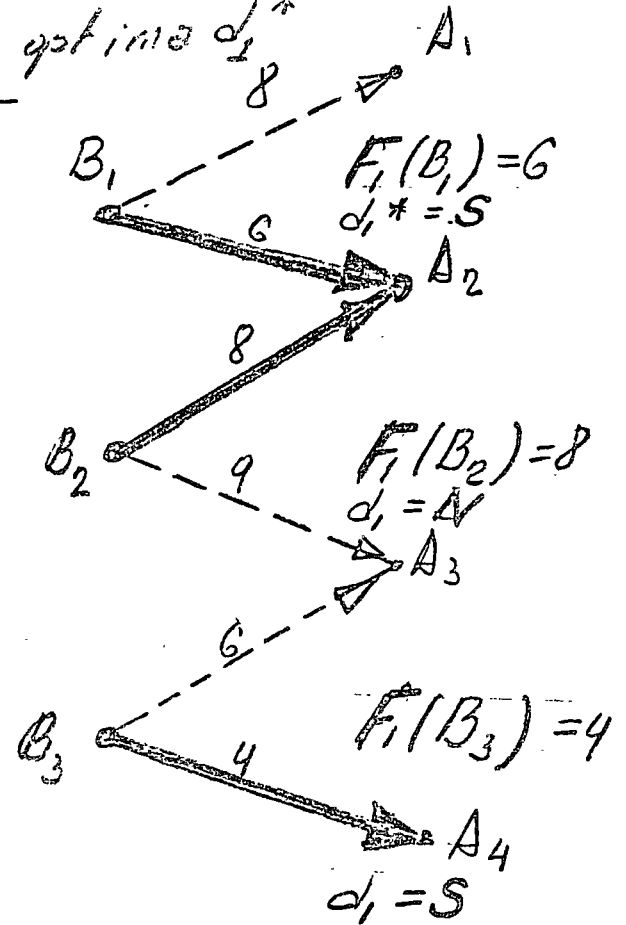


Fig. 7.1.3 Trayectorias más cortas de las poblaciones  $B_i$  al litoral.

\* Con estos resultados se terminada la primer etapa.

\* Fin de la primer etapa.

\* Para introducir el modelo formal de programación dinámica, es necesario introducir los símbolos y funciones empleadas en p.d.

útil introducir algunos símbolos, variables y relaciones o funciones.

\* Cada etapa de solución del problema (en este ejemplo, del viaje) se representa con un bloque.

\* Representación de cada etapa:



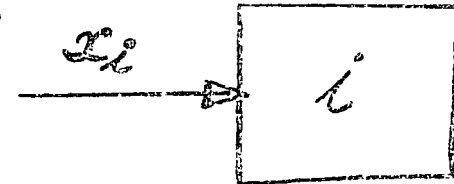
Cada etapa se inicia con un estado inicial (en el ejemplo, del viaje, una población). Este se representa con la

\* Estado inicial de la  $i$ 'sima etapa.

letra:

$x_i$  en el bloque con un segmento de recta que entra

$x_i$



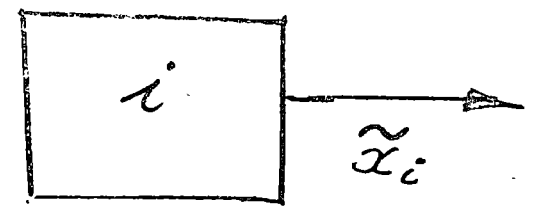
\* Además cada etapa termina con otro estado, llamado final (En el ejemplo del viaje, las poblaciones en que termina cada etapa). El estado

\* Estado final de la  $i$ 'sima etapa

final se representa con el símbolo:

$\tilde{x}_i$

y en el bloque con un segmento de rec-  
ta que sale.



La fig. 7.1.4 muestra la ultima  
etapa de la red de conexiones, prime-  
ra que se analiza, el bloque corres-  
pondiente, y los posibles valores del  
estado inicial  $x_1$  y del estado  
final  $\tilde{x}_1$

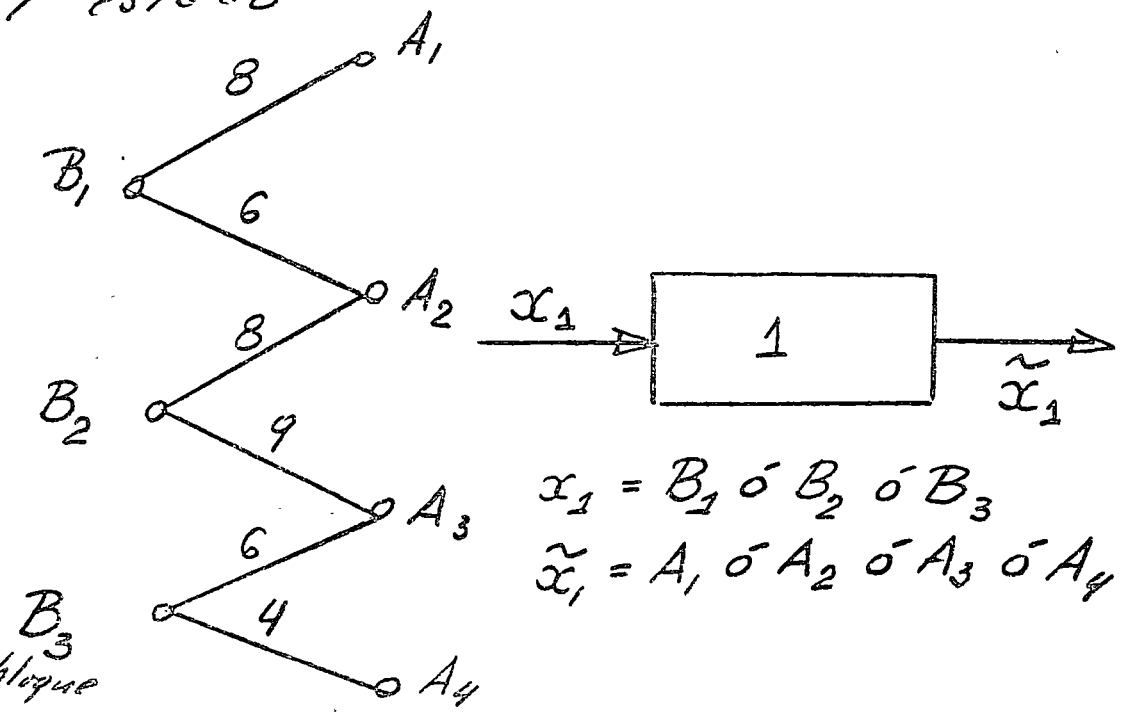


Fig 7.1.4 Ultima etapa del  
viaje y primera que se analiza  
y se representa con un bloque

Además del estado inicial y del estado final es necesario introducir \* el beneficio o costo asociado a cada etapa (En el ejemplo, este costo es la longitud del camino entre la población inicial y final de la etapa). Este beneficio o costo se representa con:  $r_i$  y depende del estado inicial y la decisión que se toma, es decir:

Así por ejemplo si:

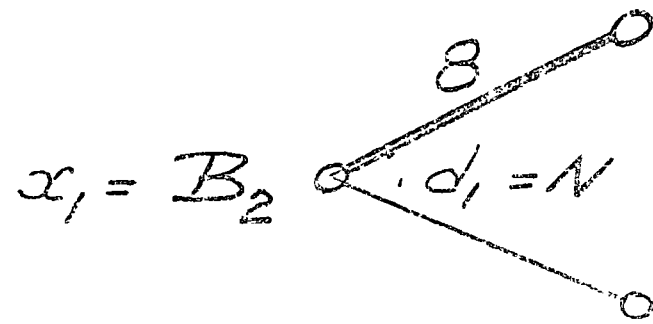
\* Beneficio o costo de la  $i$ 'sima etapa del análisis.

$$r_i = R_i(x_i, d_i)$$

$$x_1 = B_2$$

$$d_1 = N \rightarrow$$

$$r_1(B_2, N) = 8$$



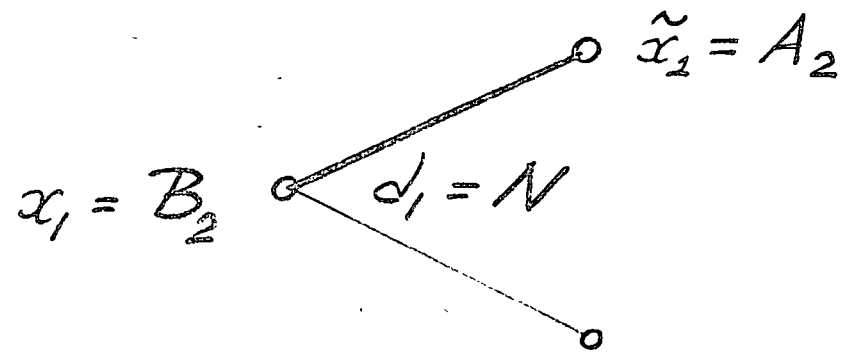
\* Finalmente, observese que el estado final  $\tilde{x}_i$  de cada etapa depende del estado inicial  $x_i$  de la etapa y de la decisión que se tome, así por ejemplo se:

$$* \tilde{x}_i = T_i(x_i, d_i) \quad (14)$$

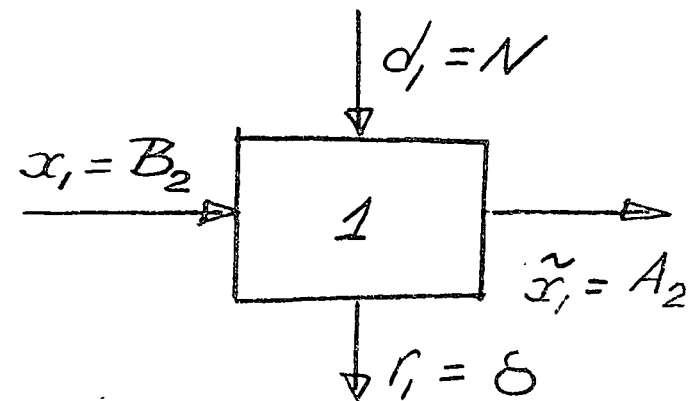
$$x_1 = B_2$$

$$d_1 = N \longrightarrow$$

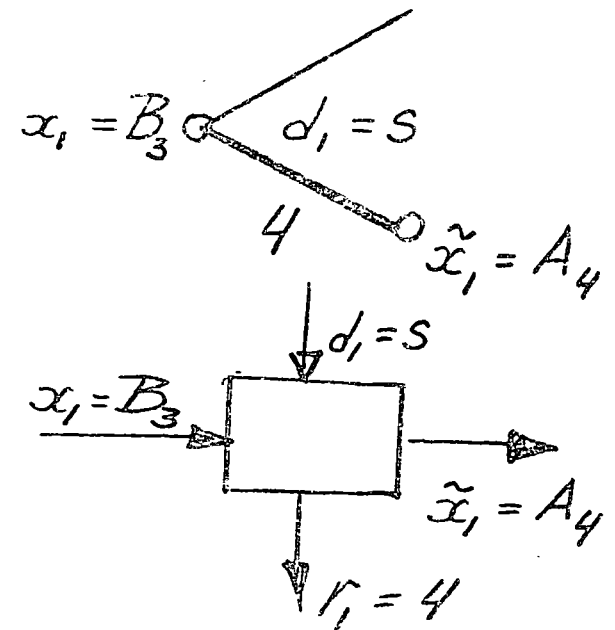
$$\tilde{x}_2 = T_2(B_2, N) = A_2$$



Los resultados anteriores pueden indicarse en el diagrama de bloque de la siguiente manera:



Para otro estado inicial, por ejemplo  $x_1 = B_3$  y otra descripción,  $d_1 = 5$ , se tendría la representación siguiente:



\* En resumen se emplean para este bloque formalmente el modelo de p.d. cinco variables y dos funciones, es saber:

\* Variables y funciones para representar un modelo de p.d.  
 $x_i$ : Estado inicial  
 $\tilde{x}_i$ : Estado final  
 $d_i$ : Descripción

$F_i(x_i)$ : Beneficio óptimo de las primeras  $i$  etapas, correspondiente al estado inicial  $x_i$

$r_i$ : Beneficio ó costo  
 $r_i = R_i(x_i, d_i)$   
 $\tilde{x}_i = T_i(x_i, d_i)$

La primer etapa de solución.

ha terminado con la determinación, para cada posible estado inicial, del costo mínimo (o beneficio máximo) correspondiente a cada posible estado inicial.

En el ejemplo, los posibles estados iniciales de la primera etapa son:

y se encontró:

$$x_1 = B_1 \text{ o } B_2 \text{ o } B_3$$

$$F_1(B_1) = 6 \quad d_1^* = S$$

$$F_1(B_2) = 8 \quad d_1^* = N$$

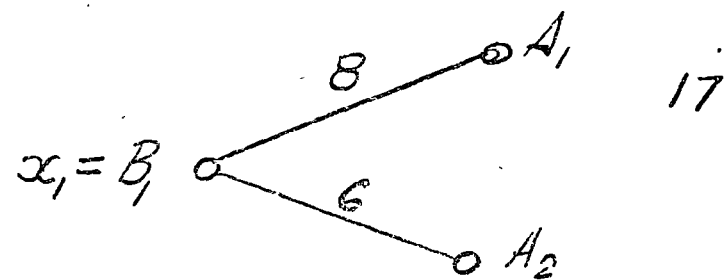
$$F_1(B_3) = 4 \quad d_1^* = S$$

incluyéndose además las decisiones que llevaron a esos valores óptimos.

Con los símbolos estudiados, la búsqueda del óptimo correspondiente a la primera etapa puede realizarse



de la siguiente manera para el estado inicial  $x_1 = B_1$



$$F_1(B_1) = \min\{8, 6\}$$

pero:  $8 = r_1(B_1, N)$

y:  $6 = r_1(B_1, S)$

$$\rightarrow F_1(B_1) =$$

$$\min\{r_1(B_1, N); r_1(B_1, S)\}$$

\* Único cambio de valor:

$$d_2 = N \text{ ó } S \rightarrow$$

$$F_1(B_1) = \min_{d_2} \{r_1(B_1, d_2)\}$$

\* Nótese que la única variable que cambia durante la búsqueda es la decisión

$d_2$

Generalizando se tiene:

Empleando la simbología introducida, la búsqueda de la trayectoria óptima para la primer etapa puede resumirse en un tabla como la 7.1.1.

Estado inicial	Descripción	Longitud de la trayectoria $r_1(x_1, d_1)$	Longitud de la tray. óptima $F_1(x_1)$	Descripción $d_1^*$
$B_1$	N	8	6	S
	S	6		
$B_2$	N	8	8	N
	S	9		
$B_3$	N	6	4	S
	S	4		

Tabla 7.1.1. Tabla para encontrar el óptimo de la primer etapa del problema de p. d. o.

En resumen para encontrar el óptimo en la primer etapa, correspondiente a cada posible estado inicial se emplea:

$$F_1(x_1) = \underset{d_i}{\text{opt}} (r_1(x_1, d_1)) \quad (7.1.1)$$

\* El principio de optimalidad establece que si la trayectoria óptima llegase a pasar por  $B_1$ , de ahí en adelante sigue de  $B_1$  a  $A_2$  y no de  $B_1$  a  $A_1$ , si llegase a pasar por  $B_2$  continuaría a  $A_2$  y si pasase por  $B_3$  continuaría a  $A_4$ . Pueden

\* El principio de optimalidad establece que cualquier que fuese la ruta óptima, no pasará por los tramos descartados en la primer etapa de análisis (última del recorrido)

descartarse las trayectorias  $B_1 A_1$ ,  $B_2 A_3$  y  $B_3 A_4$  de futuras alternativas, ya que la ruta más corta no pasaría por esos segmentos.

El problema en este momento es que se ignora si la trayectoria más corta pasa por  $B_1$ ,  $B_2$  ó  $B_3$ . Continuando con la metodología de la programación dinámica se pasa a decidir que hay que hacer al pasar por las poblaciones  $C_1$  y  $C_2$ .

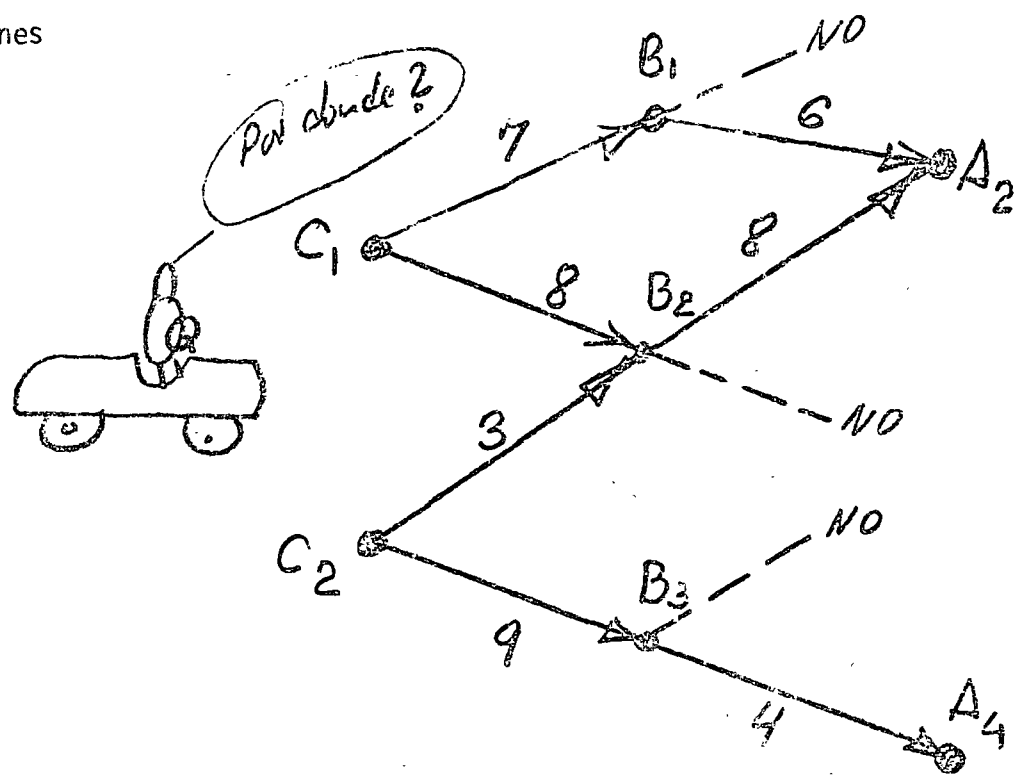


Fig. 7.1 <sup>5</sup> Posibles trayectorias al litoral desde

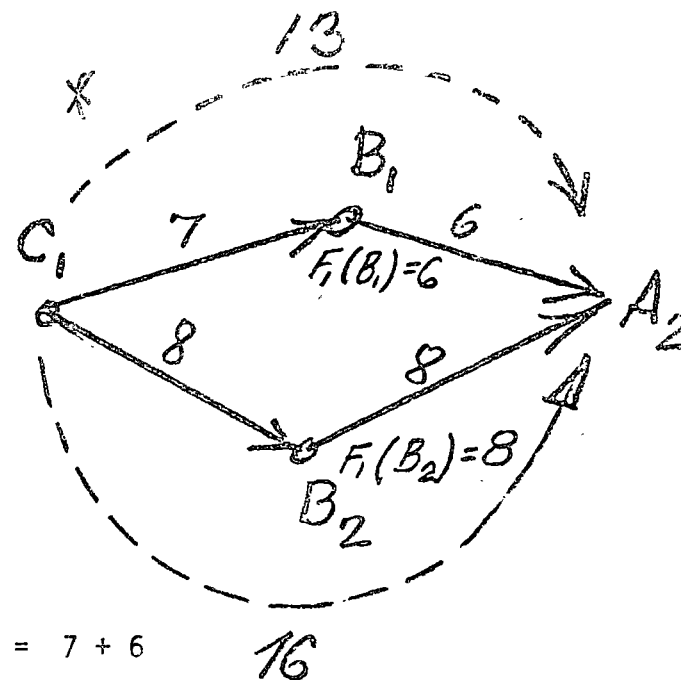
Si la trayectoria óptima pasase por  $C_1$  de ahí en adelante debe ser la más corta posible hasta el litoral. Para determinar esta trayectoria se hace el siguiente razonamiento:

\*Si sigo de  $C_1$  a  $B_1$  la longitud es 7 y de  $B_1$  al litoral lo más corto es  $B_1 A_2$  con 6 de longitud, por lo tanto la ruta  $C_1 B_1$  litoral tiene una longitud de 13. Si se sigue de  $C_1$  a  $B_2$  igual razonamiento lleva a concluir que lo más corto es  $C_1 B_2 A_2$  con longitud de 16. Obsérvese que la decisión fué entre:

Si se designa con  $F_2(C_1)$  al camino más corto de  $C_1$  al litoral puede escribirse:

y concluirse que

el camino más corto de  $C_2$  al litoral,  $F_2(C_2)$ , es:



$$7 + F_1(B_1) = 7 + 6$$

$$= 13$$

$$8 + F_1(B_2) = 8 + 8$$

$$= 16$$

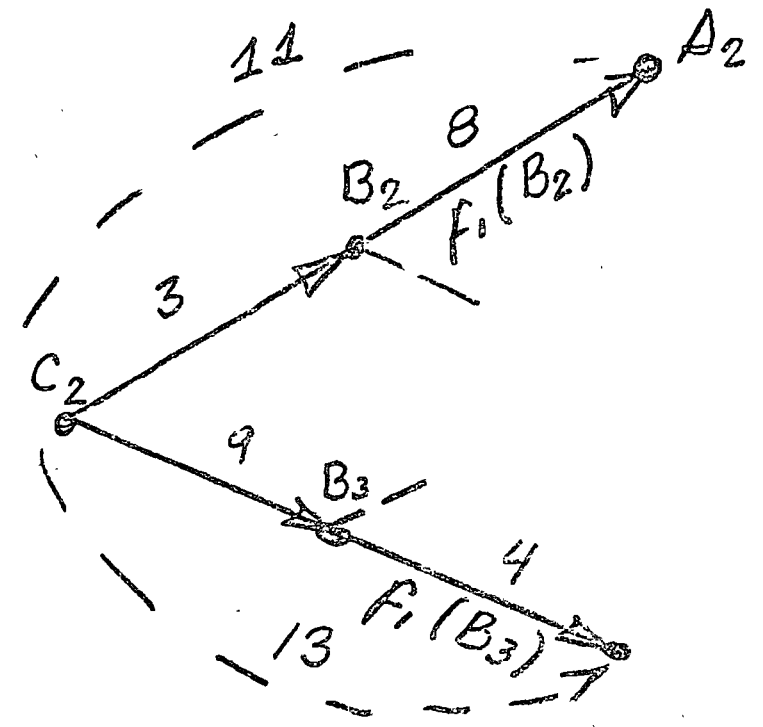
$$F_2(C_1) = \min \left\{ \begin{array}{l} C_1 B_1 + F_1(B_1); \\ C_1 B_2 + F_1(B_2) \end{array} \right\} \quad (7.1.2)$$

$$F_2(C_1) = \min (13, 16) = 13$$

$$F_2(C_2) = \min \left\{ \begin{array}{l} C_2 B_2 + F_1(B_2); \\ C_2 B_3 + F_1(B_3) \end{array} \right\} \quad (7.1.3)$$

y en este caso

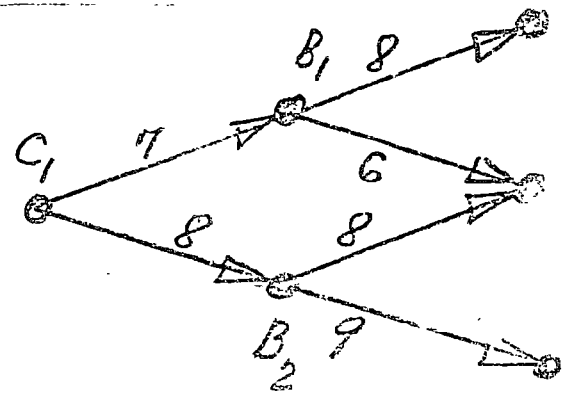
$$F_2(C_2) = \min(11, 13) = 11$$



Nótese que el principio de optimalidad ha simplificado la búsqueda del camino más corto de  $C_1$  ó  $C_2$  al litoral.

\*Si no se hubiese empleado el principio de optimalidad, la mínima longitud de  $C_1$  al litoral debería de haberse seleccionado entre los 4 caminos mostrados:

\*Si se desconoce el principio de optimalidad el camino de  $C_1$  al litoral requiere analizar:

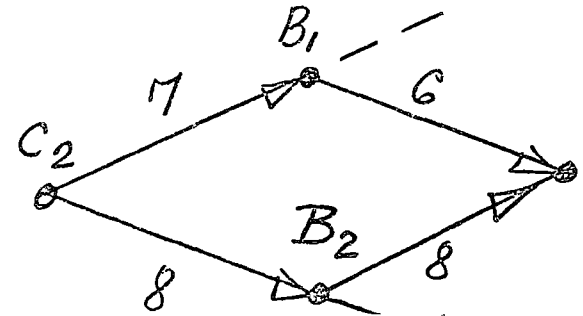


es decir:

$$F_2(C_1) = \min \{ 7 + 8, 7 + 6, \\ 8 + 8, 8 + 9 \}$$

\*Gracias al principio de optimalidad la búsqueda del camino más corto se redujo a 2 posibles trayectorias.

\*Por el principio de optimalidad solo requiere buscar entre:



es decir:

$$F_2(C_2) = \min \{ 7 + 6, 8 + 8 \} \\ = 13$$

\* Con estos resultados termina la segunda etapa

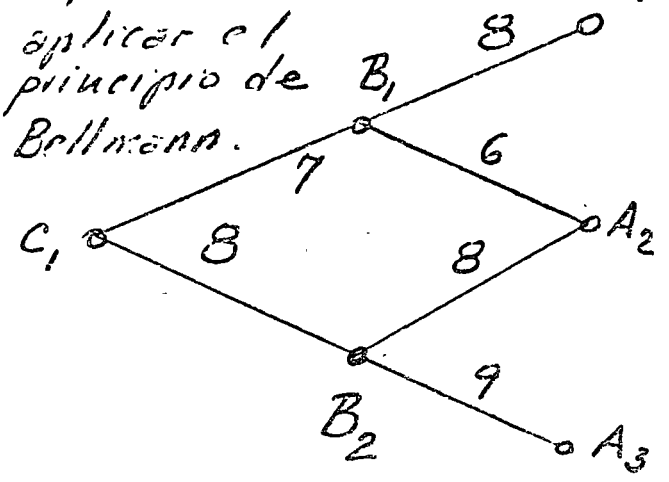
\* Fin de la segunda etapa

Antes de continuar se harán unos comentarios sobre las implicaciones que ha tenido el principio de optimalidad en la búsqueda del óptimo en esta segunda etapa de solución

y como se verá, en todas las posteriores de solución

\* Si se se conociese el principio de optimalidad la distancia más corta de la población  $C_1$  a la costa de donde se habiese encontrado de entre las siguientes alternativas:

\* Camino más corto de  $C_1$  al litoral sin aplicar el principio de Bellmann.



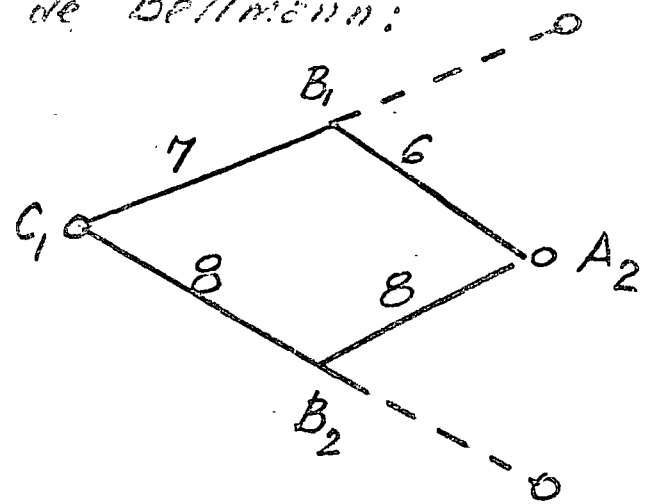
$F_1(C_1)$  es igual al mínimo de las siguientes cuatro sumas:

- $7 + 8 = 15$
- $7 + 6 = 13$
- $8 + 8 = 16$
- $8 + 9 = 17$

Sin embargo durante la primera etapa ya se descartaron como posibles caminos por lo que pudiese pe-

ser el óptimo, lo que aparece con trazo punteado en la fig. 17.3, es decir, la búsqueda se reduce a:

\* Camino más cor. (24) de  $C_1$  al litoral aplicando el principio de Bellmann:



$F_1(C_1)$  es igual al mínimo de las siguientes dos sumas.

$$7 + 6 = 13$$

$$8 + 8 = 16$$

En este ejemplo, al buscar el camino más corto de  $C_1$  al litoral, es decir de dos etapas, el principio de optimalidad de Bellmann permitió reducir las alternativas de búsqueda de



cuatro a dos.

# En general, el principio de optimalidad de Bellman

permite reducir en forma sensible, sobre todo en problemas con muchas decisiones, el número de alternativas entre las que hay que seleccionar el óptimo, reduciéndose de esta manera el tiempo de cálculo y las necesidades de memoria de computadora que se requieren para realizar la búsqueda.

\*Si se emplea el principio de optimalidad se reduce el número de posibles alternativas

Antes de continuar se harán unos comentarios sobre la información que debe irse conservando al ir resolviendo el problema.

\* Para encontrar los resultados correspondientes a la segunda etapa se emplearon las siguientes relaciones:

\* Para encontrar los resultados de la etapa dos se empleo:

$$F_2(C_1) = \min \{ C_1 B_1 + F_1(B_1); C_1 B_2 + F_1(B_2) \} \quad (7.1.2)$$

$$F_2(C_1) = \min \left\{ C_2 B_2 + F_1(B_2); \quad 26 \right. \\ \left. C_2 B_2 + F_1(B_3) \right\} \quad (7.1.3)$$

\* Es decir, fue necesario contar con los siguientes resultados de la etapa primera:

\* Resultados de la primer etapa empleadas para calcular la segunda:

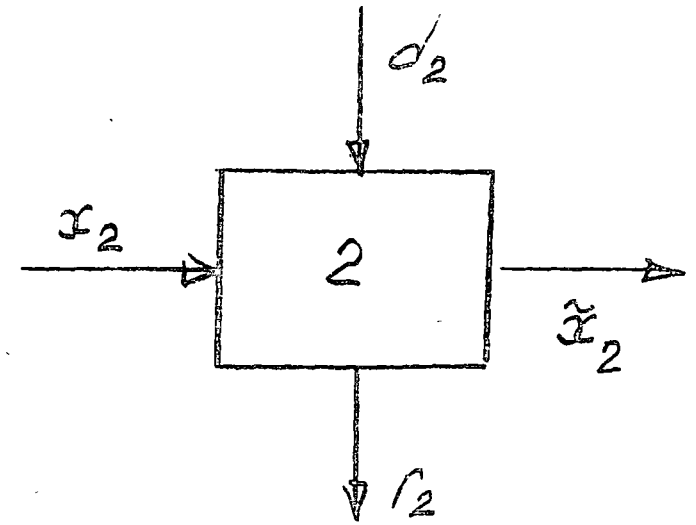
$$F_1(B_1); F_1(B_2) \text{ y } F_1(B_3) \\ d_1^* = S; d_1^* = N \text{ y } d_1^* = S$$

Ademas es necesario retener en memoria las decisiones que llevaron a estas longitudes minimas, que aparecen inmediatamente abajo, (Ver fig. 7.1.3) de las longitudes optimas. Es decir, de la informacion de la tabla 7.1.1. construida durante la primer etapa fue necesario conservar lo que aparece en la tabla 7.1.2, hasta terminar con la segunda etapa.

Estado inicial $x_1$			Longitud de la tray. optima $F_1(x_1)$	Descripción optima $d_1^*$
$B_1$			6	S
$B_2$			8	N
$B_3$			4	S

Tabla 7.1.2 Valores encontrados en la primer etapa, que se requieren para encontrar el optimo durante la segunda etapa.

Empleando la simbología introducida anteriormente puede establecerse el siguiente diagrama de bloque para la segunda etapa de solución, que se acaba de analizar.



\* Con los siguientes valores posibles del estado inicial  $x_2$  y final  $\tilde{x}_2$  de la etapa segunda.

Si se comparan los valores posibles del estado final de la segunda etapa  $\tilde{x}_2$  con los iniciales de la primera etapa  $x_1$ , se tiene que:

El resultado anterior puede generalizarse:

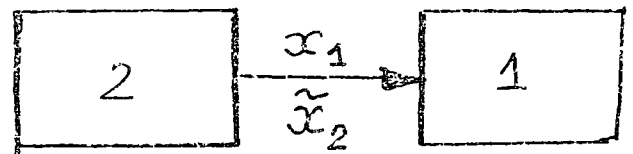
Es decir:

\* Valores posibles del estado inicial y final de la segunda etapa.

$$x_2 = C_1 \text{ ó } C_2$$

$$\tilde{x}_2 = B_1 \text{ ó } B_2 \text{ ó } B_3$$

$$x_1 = B_1 \text{ ó } B_2 \text{ ó } B_3$$



$$\tilde{x}_2 = B_1 \text{ ó } B_2 \text{ ó } B_3$$

$$\tilde{x}_2 = x_1$$

$$\tilde{x}_i = x_{i-1} \quad (7.1.4)$$

El estado final de una etapa de solución coincide con el inicial de la anterior; es decir la estructura del problema es serie.

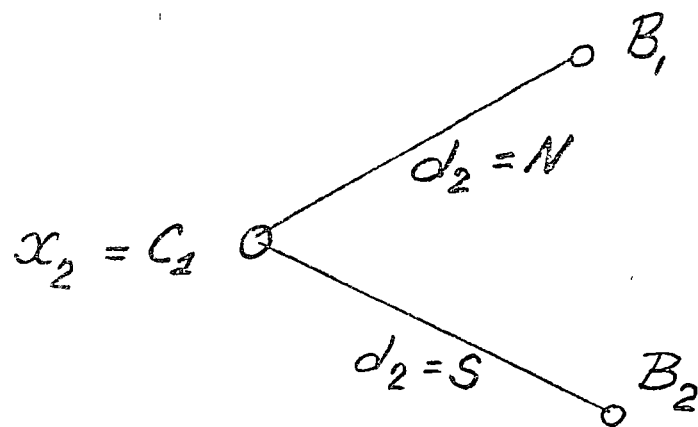
Para poder continuar con el establecimiento formal del algoritmo de p.d. se analiza la relación (7.1.2)

$$F_2(C_1) = \min \left\{ C_1 B_1 + F_1(B_1); \right. \\ \left. C_1 B_2 + F_1(B_2) \right\} \quad (7.1)$$

empleando las variables y funciones ya señaladas. Recuerdese que:

$$C_1 B_1 = r_2(C_1, d_2 = N)$$

$$C_1 B_2 = r_2(C_1, d_2 = S)$$



ya que la distancia  $C_1 B_1$  corresponde a la segunda etapa, iniciada en el estado  $x_2 = C_1$  y tomando la decisión de ir al norte es decir;  $d_2 = N$ . y en forma similar para  $C_1 B_2$

Sustituyendo:

$$F_2(C_2) = \min \{ r_1(C_1, N) + F_1(B_1); r_1(C_1, S) + F_1(B_2) \} \quad (7.1)$$

Además, dada la estructura serie

$B_1$  y  $B_2$  son estados  
iniciales de la etapa 1  
y finales de la dos. (3)  
 $\tilde{x}_2 = x_2$

Recordando la relación entre estados finales  
e iniciales:

$$\tilde{x}_2 = T_2(x_2, d_2)$$

Como parte de la etapa dos se

tiene para los estados finales  $\tilde{x}_2 = B_1$  ó  $B_2$

$$B_1 = T_2(x_2 = C_2; d_2 = N)$$

$$B_2 = T_2(x_2 = C_2; d_2 = S)$$

Sustituyendo estas relaciones en (7.1.5)  
y no dando un valor específico ni  
al estado inicial  $x_2$  ni a la decisión  $d_2$   
se tiene:

$$F_2(x_2) = \min_{d_2} \{ r_2(x_2, d_2) +$$

$$F_2(T_2(x_2, d_2)) \} \quad (7.1.6)$$

Nótese que en la relación  
permite calcular el estado final de la  
etapa dos, con estado inicial  $x_2$ , y con  
pudiendo a la decisión  $d_2$ . Este  
estado es el inicial de la etapa an-  
terior es decir:

$$T_2(x_2, d_2) = \tilde{x}_2 = x_1$$

Puede por lo tanto también  
escribirse:

$$\tilde{x}_2 = x_1$$

$$F_2(x_2) = \min_{d_2} \{ r_2(x_2, d_2) + F_1(\tilde{x}_2 = x_1) \} \quad (7.1.7)$$

\* También debe observarse que para tomar  
la decisión, para alcanzar el óptimo, solo  
se varía la variable de decisión  $d_2$ ,  
tal como aparece en la fórmula  
(7.1.6)

\* Al calcular  $F_2(x_2)$ ,  
beneficio óptimo, se  
se varía  $d_2$ .



En forma explícita la relación (7.1.6)

o (7.1.7) establece:

Para cada posible estado inicial de la etapa dos, debe buscarse el óptimo correspondiente a las dos primeras etapas, entre los posibles valores de la suma de los siguientes términos:

- a) el costo o beneficio de la etapa dos  $r_2(x_2, d_2)$
- b) el óptimo de la etapa uno, correspondiente al estado final de la etapa dos, inicial de la etapa uno, que resulta de la decisión tomada en la etapa dos

34

Las sumas deben encontrarse para todas las posibles descripciones  $d_2$ .

La tabla 7.1.3 ilustra la aplicación de este algoritmo para la etapa dos

Posibles estados iniciales de la etapa dos $x_2$	Posibles valores de la descripción $d_2$	Longitudes de la etapa dos $r_2(x_2, d_2)$	Estados finales de la etapa dos $\tilde{x}_2 = x_1$	Valores de la tabla correspondiente a la etapa uno		$C_2(x_2, d_2) + F_1(\tilde{x}_2)$	Distancia óptima para las dos primeras etapas $F_2(x_2)$	Descripciones óptimas	
				$F_1(\tilde{x}_2 = x_1)$	$d_1^*$			$d_1^*$	$d_2^*$
$C_1$	N	7	$B_1$	6	S	13	13	S	N
	S	8	$B_2$	8	N	16			
$C_2$	N	3	$B_2$	8	N	11	11	N	N
	S	9	$B_3$	4	S	13			

Tabla 7.1.3. Tabla para encontrar el óptimo durante la segunda etapa (columnas y doble marco contienen información que se empleará en la etapa tres)

Para encontrar el camino más corto de  $D$  al litoral, puede extenderse el algoritmo (7.1.7)

a una tercer etapa, es decir:

$$F_3(x_3) = \min_{d_3} \left\{ r_3(x_3, d_3) + F_2(\tilde{x}_3 = x_2) \right\} \quad (7.1.8)$$

Por lo tanto el camino óptimo de  $D$

al litoral  $F_3(D)$  estará dado por:

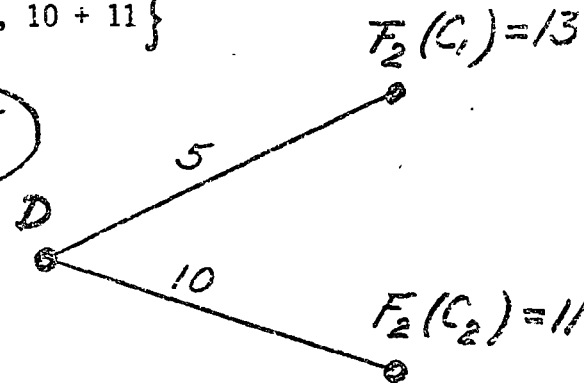
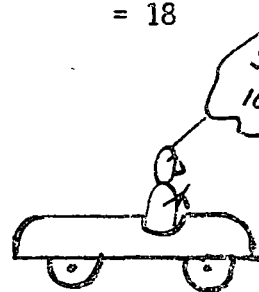
es decir:

$$F_3(D) = \min \left\{ DC_1 + F_2(C_1); \right.$$

$$\left. DC_2 + F_2(C_2) \right\}$$

$$F_3(D) = \min \left\{ 5 + 13, 10 + 11 \right\}$$

$$= 18$$



\*

El camino más corto de  $D$  al litoral tiene una longitud de 18.

\* Camino más corto al litoral  $\rightarrow$   
longitud = 18

Además de conocer la longitud del camino es necesario encontrar que poblaciones cruce.

Para saber por donde pasa dicho camino es necesario recordar que:

\* De este razonamiento se concluye que el camino pasa por C<sub>1</sub> y de ahí en adelante sigue por la trayectoria cuya longitud es:

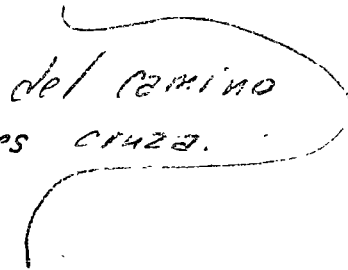
reconstruyendo el proceso se sabe que:

\*es decir el camino lleva de C<sub>1</sub> a B<sub>1</sub> y finalmente se sabe que

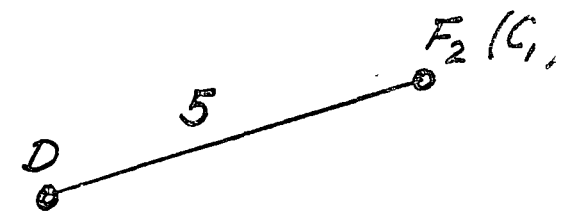
y\*este trayecto de 6 de longitud y que parte de B<sub>1</sub> llega a A<sub>2</sub>. \*Por lo tanto el camino más corto es:

tal como se había concluido con la búsqueda exhaustiva ilustrada en la fig. 7.1.2

Antes de formalizar este método de optimización estableciendo un algoritmo de búsqueda conviene hacer hincapié sobre los aspectos más relevantes de este procedimiento.

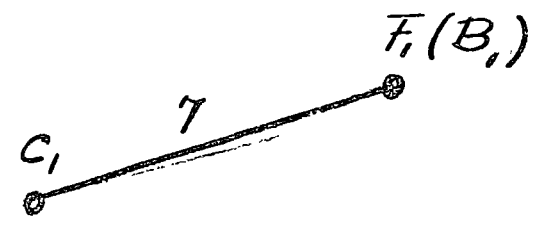


18 = 5 + F<sub>2</sub>(C<sub>1</sub>)



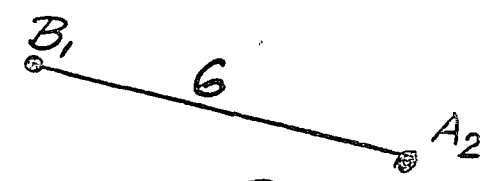
\* Pasa por C<sub>1</sub>

F<sub>2</sub>(C<sub>1</sub>)  
F<sub>2</sub>(C<sub>1</sub>) = 7 + F<sub>1</sub>(B<sub>1</sub>)



\*Pasa por C<sub>1</sub> B<sub>1</sub>

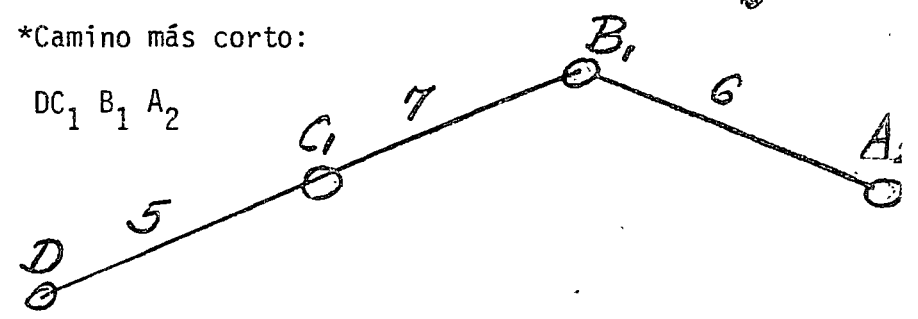
F<sub>1</sub>(B<sub>1</sub>) = 6



\*F<sub>1</sub>(B<sub>1</sub>) = B<sub>1</sub> A<sub>2</sub>

\*Camino más corto:

DC<sub>1</sub> B<sub>1</sub> A<sub>2</sub>

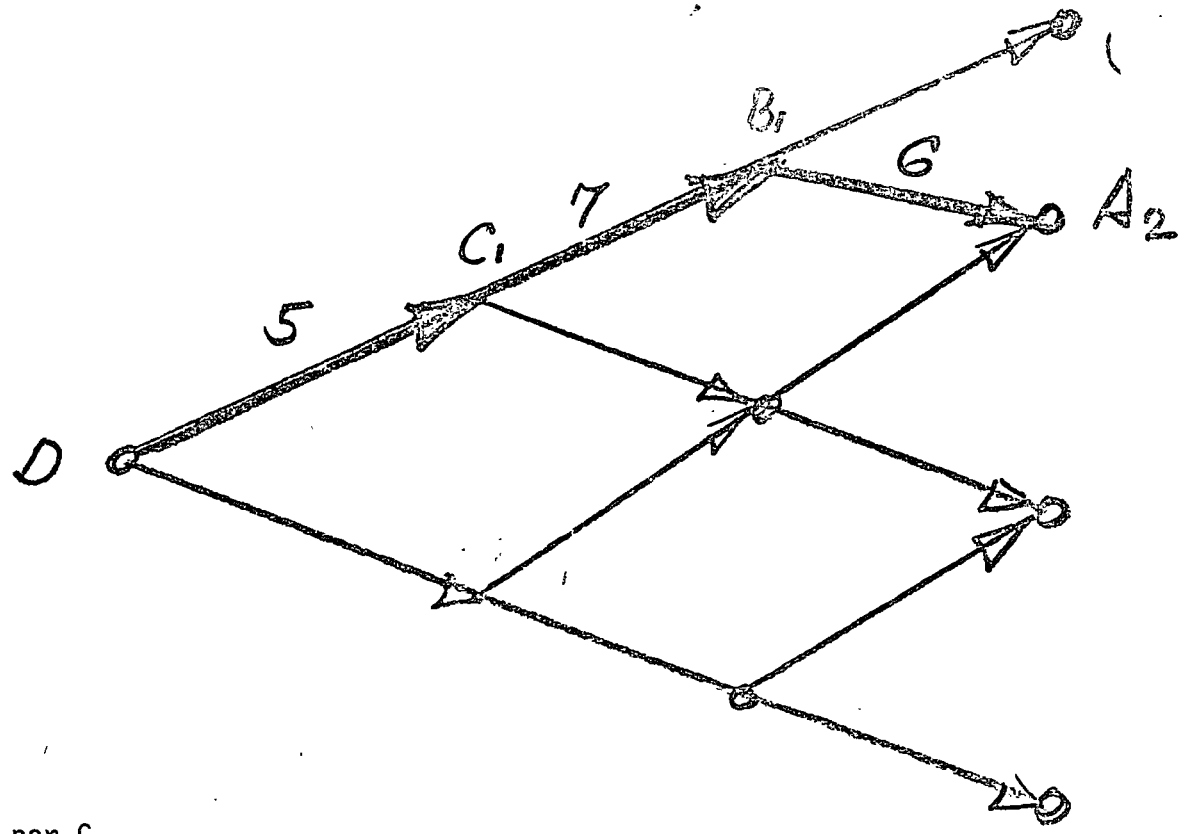


\*Aspectos relevantes de la p.d.

Se trata de un procedimiento de enumeración de alternativas y posterior búsqueda del óptimo entre éstas. El principio de optimalidad reduce el número de posibles alternativas entre las que se encuentra el máximo ó mínimo reduciendo el tiempo de cómputo y los requisitos de memoria de maquinaria. \*A pesar de esta reducción, estos últimos son la principal limitante que se presenta al aplicar esta metodología.

Recuérdese que la trayectoria óptima en este ejemplo fué reconstruída a partir del dato sobre longitud de dicha trayectoria de 18, en la forma que esquematiza la figura 7.1.5

\*Los requisitos de memoria limitan la aplicación de la programación dinámica



$18 = 5 + F_2(C_1) \rightarrow$  la trayectoria pasa por  $C_1$

$F_2(C_1) = 13 = 7 + F_1(B_1) \rightarrow$  la trayectoria pasa por  $B_1$

$F_1(B_1) = 6 \rightarrow$  la trayectoria pasa por  $A_2$

Fig. 7.1.5 Obtención de la trayectoria óptima.

\* Hasta no haber encontrado el óptimo es necesario conservar la siguiente información:

\* además hay que saber como se originaron estas trayectorias de longitud mínima, así por ejemplo se sabe que:

\* Hay que conservar en memoria:

$F_2(C_1)$  y  $F_2(C_2)$

\* ¿Que trayectorias son?

$F_2(C_1) = C_1 B_1 + F_1(B_1)$

es decir la trayectoria de longitud

\*parte de  $C_1$  y llega a  $B_1$ , y de  $B_1$  al litoral tiene

como longitud

este camino llega a  $A_2$

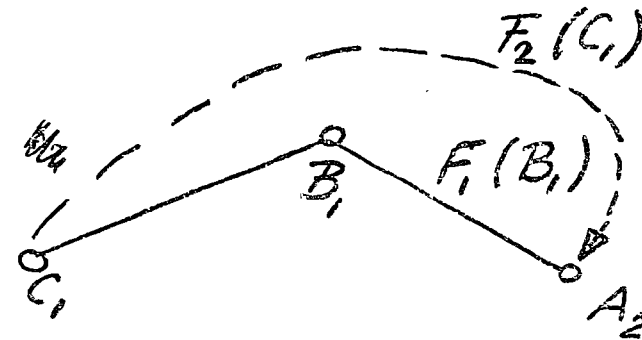
Además de recordar que

Es necesario tener en memoria que esta trayectoria que

parte de  $C_2$  y tiene una longitud de 13 pasa por

$F_2(C_1)$  de  $C_1$  llega a  $B_1$  y:

$F_1(B_1) = 6$  de  $B_1$  a  $A_2$



$$F_2(C_1) = 13$$

:  $C_1$   $B_1$   $A_2$

En resumen es necesario conservar en memoria los siguientes datos:

Longitud de 13 de la trayectoria óptima

$F_2(C_1)$  que pasa por  $C_1$  y recorrido del camino

$C_1 B_1 A_2$  y longitud de 11 de  $F_2(C_2)$  que pasa

por  $C_2 B_2 A_2$

*Esta información aparece en doble marco en la tabla 7.1.3.*

El lector puede vislumbrar fácilmente que en problemas de mayor dimensión la cantidad de datos que hay que conservar en memoria puede llegar a ser muy grande.

\*Finalmente conviene aclarar que en la búsqueda exhaustiva fué necesario explorar las 8 posibles trayectorias que aparecen en la fig. 7.1.2 para encontrar el óptimo.

Aplicando el principio de optimalidad la búsqueda no tiene que incluir las trayectorias que aparecen punteadas en la fig. 7.1.3 *en la primer etapa. Durante la siguiente etapa se descartan además las que aparecen en la fig. 7.1.6.*

\*Búsqueda exhaustiva:

8 alternativas

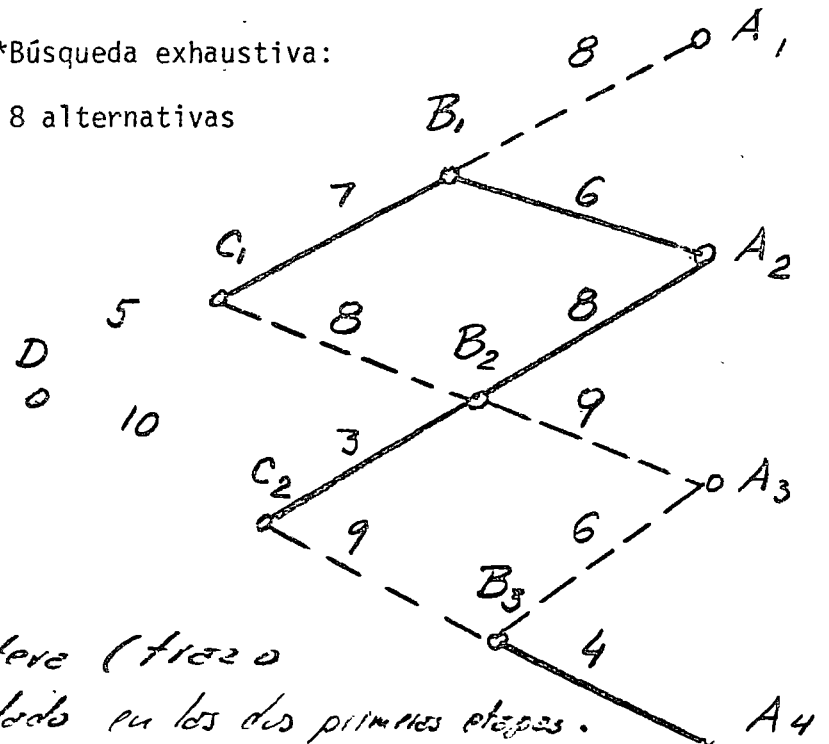


Fig. 7.1.6 Tramos de camino (trazo punteado) que se han descartado en los dos primeros etapas.



En problemas de gran dimensión la reducción de alternativas entre las que es necesario buscar el óptimo es mucho más sensible que en este ejemplo.

La tabla 7.1.4 muestra el procedimiento de bus que se da durante la tercer etapa.

Posibles valores iniciales de la etapa tres $x_3$	Posibles valores de la descripción $d_3$	Longitudes de la etapa tres $(x_3, d_3)$	Estados finales de la etapa tres $\tilde{x}_3 = x_2$	Valores optimos de encontrados durante la etapa dos (tabla 7.1.3)			$F_3(x_3)$	Optimos			
				Distancias $F_2(\tilde{x}_3 = x_2)$	Descripciones			Dis-tancia $F_3(x_3)$	Descripciones		
					$d_1^*$	$d_2^*$			$d_1^*$	$d_2^*$	$d_3^*$
D	N	5	$C_1$	13	S	N	18	18	S	N	N
	S	10	$C_2$	11	N	N	21				

Tabla 7.1.4 Tabla para encontrar el optimo durante la tercer etapa

2  
ALLOCATION PROCESSES

2.1 GENERAL

An allocation problem is an example of a single-period, static (deterministic) *multiactivity process* that can be transformed by dynamic programming into a *multistage process* with a finite number of stages. The allocation problem nonstrates that a "stage" need not be related to time.

Allocation of fixed resources among some potential recipients is a major problem of organizations. How to define and measure the return on allocated investment seems to be one of the major obstacles for the decision maker. Whenever the returns can be quantified in some way, the problem can be presented as a programming problem. In the rare case where the return (or objective function) is linear, the problem may be presented as a linear-programming problem. However, in many real cases the return function is nonlinear, or even discontinuous. Dynamic programming offers a way to handle complicated nonlinear allocation problems (for example, problems with discrete or nonconvex objective functions). (See Simone [27]).

*Assign  
Yes  
constraint  
Pg 390*

2.2 ONE DIMENSIONAL ALLOCATION PROCESSES—  
FORMULATION

A one-dimensional allocation problem involves the following characteristics and assumptions:

*Characteristics*

1. A certain (limited) quantity  $x$  of an economic resource (such as labor, land, machines, or water) is to be allocated.
2. The resource is used in the production of certain products or services.
3. The limited resource can be used in two or more alternative ways. Each such possible way is called an *activity*.
4. Each single activity, where the resource is used, yields a *return* (or reward).
5. The process may involve stochastic elements (which will not be discussed here).

*Assumptions*

1. Returns from different allocations can be *compared*; that is, they can be measured in a common unit (dollar, utility, share of the market, and so on).
2. The return from any allocation is independent of the allocations to other activities.
3. The total return that can be obtained is the sum of individual returns; that is, additivity or common unit is essential.

The problem is how to allocate the resource to the alternative activities (or users) in such a way that the total return (or reward) is maximized.

*convert to  
n stage*

*Assump-  
tion*

a. General Formulation

The most general mathematical formulation of the one-dimensional problem involves maximizing an objective function (total return) as follows:

$$\max R(x_1, x_2, \dots, x_n) = g_1(x_1) + g_2(x_2) + \dots + g_n(x_n) \quad (8.3)$$

subject to one constraint—that is, to the total availability (capacity) of the resource  $x$ , which may assume any positive value:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = x = \sum_{i=1}^n x_i \quad (8.4)$$

where

- $x$  is the total amount of the resource
- $x_i$  is the quantity of the resource assigned to the  $i$ th activity\*
- $g_i(x_i)$  is the return from the  $i$ th activity
- $n$  = number of possible activities ( $n$  may assume any positive integer value)

If the objective function is linear, then we have a linear-programming problem. However, for the more general case, where the objective function can take any form, we can use the following dynamic-programming approach: First, we have to convert the problem to a dynamic process, which is done as follows:

1. The first allocation goes to the  $n$ th activity.
2. Then, we allocate to activity  $(n-1)$ .
3. Then, we allocate to activity  $(n-2)$ .
4. We proceed in this manner until, finally, we allocate to activity  $n - (n-1) = (n-n+1)$ , which is the first activity. This successive allocation results in a dynamic process.

b. Recurrence Relation

We now proceed to illustrate how the allocation problem given in (8.3) and (8.4) can be solved by developing a sequence of recurrence relations.

Let  $f_n(x)$  = optimal return from an allocation of  $x$  to  $n$  activities. Assuming  $g_i(0) = 0$  for all  $i$ , which is usually the case, it follows that

$$f_n(0) = 0 \quad (8.5)$$

Also

$$f_1(x) = g_1(x) \quad (8.6)$$

Let  $x_n$  be the allocation made to the  $n$ th activity, where  $0 \leq x_n \leq x$ . The remaining quantity  $x - x_n$  will be used in the  $(n-1)$  remaining activities.

Let us assume that we have already allocated  $x - x_n$  to  $(n-1)$  activities in the *optimal* (best) way. This allocation yielded a return of  $f_{n-1}(x - x_n)$ . By

\* We use here the notation  $x_i$ , instead of the  $x_j$  used previously, to be in line with most literature on dynamic programming.

definition, the return from the allocation of  $x_n$  to the  $n$ th activity is  $g_n(x_n)$ . Thus, the total return of allocating  $x$  to all  $n$  activities is

$$R = g_n(x_n) + f_{n-1}(x - x_n) \quad (8.7)$$

Usually there are several ways of allocating  $x_n$  to the  $n$ th activity. Obviously the optimal one is that which maximizes  $R$ ; that is,

$$f_n(x) = \max_{0 \leq x_n \leq x} R = \max_{0 \leq x_n \leq x} \{g_n(x_n) + f_{n-1}(x - x_n)\} \quad (8.8)$$

for  $n = 2, 3, \dots$ , and  $x \geq 0$ . Equation (8.8) is known as the *recurrence relation*.

Thus, the allocation problem given by Equations (8.3) and (8.4) has been reduced from the original problem to that of (8.8). We now have two subproblems:

1. How to maximize (8.8).
2. How to obtain  $f_{n-1}(x - x_n)$ .

Answering these two problems will enable us to solve Equation (8.8), which is equivalent to the original problem (remember that  $g_n(x_n)$  is given). The answer to subproblem 1 is that (8.8) is maximized by one of several possible techniques of maximization (see 8.1.6). The answer to subproblem 2 is that we can write

$$f_{n-1}(x) = \max_{0 \leq x_{n-1} \leq x} \{g_{n-1}(x_{n-1}) + f_{n-2}(x - x_{n-1})\} \quad (8.9)$$

where  $x_{n-1}$  is the amount allocated to the  $(n-1)$ th activity. Note that, as in (8.8), we are asked in (8.9) to maximize a function in which it is required that we find  $f_{n-2}(x - x_{n-1})$ . Here too we can use one of the maximization techniques, and we shall again need the results of the previous stage,  $f_{n-3}(x - x_{n-2})$ . We must continue in this process backward until we arrive at the second stage. In the second stage we will use the optimal results of the first stage  $f_1(x)$ . But  $f_1(x)$  is given according to Equation (8.6). Thus we can solve the entire process. Note that  $f_1(x)$  determines  $f_2(x)$ ,  $f_2(x)$  determines  $f_3(x)$ , and so on.

### 8.2.3 AN ILLUSTRATIVE EXAMPLE

The management of the ABC Corporation is considering the allocation of 5 million dollars among its three plants. It was decided that the allocation per plant will be either 0, 1, 2, 3, 4, or 5 million dollars.

Each plant submitted the expected returns for the next 4 years corresponding to different levels of money invested. The data on expected returns were discounted to time zero and are given in Table 8.2. For example, an initial investment of \$2 million in plant A will yield a total discounted return of \$0.5 million. (In this case, the assumed returns were: 0.1 million after 1 year, 0.15 million after 2 years, 0.2 million after 3 years, and 0.15 million after 4 years. Using an interest rate of 6 percent, this stream of returns, discounted

back to time zero, yields \$0.5 million.) In Table 8.2, we read 0.5 million in the column for plant A and in the row where  $K=2$ . All numbers under the columns for plants A, B, and C are subject to similar interpretation. Let  $T$  (\$5 million) be the total amount available for allocation and let  $K$  designate the total amount that is set for allocation at a given stage.

Table 8.2

AMOUNT ALLOCATED ( $K$ ), IN MILLIONS OF DOLLARS	EXPECTED RETURN $g(K)$		
	PLANT A	PLANT B	PLANT C
0	0	0	0
1	0.2	0.3	0.4
2	0.5	0.4	0.8
3	1.9	1.2	1.1
4	1.8	2.0	1.5
5	2.5	2.2	2.0

Our problem is to determine the optimal allocation to each plant in order to maximize the overall expected return.

*Solution:* In order to visualize this *single-period* allocation problem as a sequential problem, let us view stage 1 as the decision point at which allocation to plant A alone is determined; and stage 2 as the decision point at which allocation to plants A and B (and none to C) is determined; and stage 3 as the decision point at which allocation to all three plants is determined.<sup>7</sup> In each stage we have six possible *states*—that is, plants or combination of plants that may receive 0, 1, 2, 3, 4, or 5 million dollars.

Let  $x_i$  be the amount allocated to the  $i$ th plant, and  $g_i(x_i)$  be the return (reward) expected from the allocation of  $x_i$  to the  $i$ th plant. The problem of maximizing the total expected return  $ER$  may be stated as

$$\max ER = \sum_{i=1}^3 g_i(x_i) \quad (8.10)$$

Since we face limited resources, our objective function is subject to the constraint

$$\sum_{i=1}^3 x_i \leq T \quad (8.11)$$

where  $x_i \geq 0$  and is an integer, and  $T$  is the total amount we have for allocation.

<sup>7</sup> We have arbitrarily made stage 1 as the decision point at which allocation to plant A is determined, and stage 2 as the decision point at which allocation to plants A and B is determined, and so on. Of course, stage 1 could have been designated as the decision point at which allocation to B (or C) is determined. Depending on the first allocation decision, stage 2 would be the decision point at which allocation to either A and B, or A and C, or B and C, is made.

V. G. U.

Let  $K$  be the amount considered for allocation ( $K$  is not necessarily equal to  $T$ ; in some cases the best policy may turn out to be an allocation of  $K < T$ ). The expected return is a function of  $K$  and the relationship can be formally expressed as

$$f_n(K) = \max_{0 \leq x_n \leq K} \{g_n(x_n) + f_{n-1}(K - x_n)\} \quad (8.12)$$

where  $f_n(K)$  is the maximum (optimal) return.

We will now present a step-by-step dynamic programming solution to this problem.

Stage 1

In this stage we consider the allocation of  $K$  dollars to plant A only and we designate this amount by  $x_1$ . The optimal expected return  $f_A(K)$  in this case is:

$$f_A(K) = \max_{0 \leq x_1 \leq K} \{g_1(x_1)\} \quad (8.13)$$

where  $g_1(x_1)$  is the expected return from investment in plant A.<sup>8</sup> These values are given in the column for plant A in Table 8.2. We have, in our case,

$g_1(0) = 0$	and	$f_A(0) = 0$
$g_1(1) = 0.2$		$f_A(1) = 0.2$
$g_1(2) = 0.5$		$f_A(2) = 0.5$
$g_1(3) = 1.9$		$f_A(3) = 1.9$
$g_1(4) = 1.8$		$f_A(4) = 1.9$
$g_1(5) = 2.5$		$f_A(5) = 2.5$

Table 8.3 gives a complete enumeration of  $g_1(x_1)$  and  $f_A(K)$  values for stage 1 analysis.

Table 8.3

K	$x_1$						$f_A(K) = \max_{0 \leq x_1 \leq K} \{g_1(x_1)\}$
	0	1	2	3	4	5	
0	0						0
1	0	0.2					0.2
2	0	0.2	0.5				0.5
3	0	0.2	0.5	1.9			1.9
4	0	0.2	0.5	1.9	1.8		1.9
5	0	0.2	0.5	1.9	1.8	2.5	2.5

<sup>8</sup> Equation (8.13) differs from Equation (8.6) because  $g_1(x_1)$  is not a monotonically increasing function.

Note that when we set  $K=4$  and search

$$f_A(4) = \max_{0 \leq x_1 \leq 4} \{g_1(x_1)\}$$

we find that  $g_1(0)=0$ ,  $g_1(1)=0.2$ ,  $g_1(2)=0.5$ ,  $g_1(3)=1.9$ , and  $g_1(4)=1.8$ . In other words, the expected return is maximized for  $x_1 = 3$ ; and thus  $f_A(4) = g_1(3) = 1.9$ , which is the highest value among  $g_1(0)$  through  $g_1(4)$ . This means that we should allocate only \$3 million of the \$4 million set for allocation. The reader can further notice that an allocation of \$3 million will yield more than the investment of \$4 million, which is an unusual, but possible, case.

Stage 2

At this stage we split the dollars to be allocated ( $K$ ) between plants A and B. We allocate a certain amount  $x_2$  to B and the remaining ( $K - x_2$ ) to A. Note that from our analysis of stage 1 we already know the optimal allocation to A for any amount  $K$ .

Since  $x_2$  is the amount allocated to plant B, and ( $K - x_2$ ) to plant A, the optimal allocation for the two-stage process, according to the principle of optimality, is given by

$$f_{AB}(K) = \max_{0 \leq x_2 \leq K} \{g_2(x_2) + f_A(K - x_2)\} \quad (8.14)$$

where  $g_2(x_2)$  is the return from investment in plant B. The values here can be computed by enumeration, as illustrated below.

For  $K=0$ :

$$f_{AB}(0) = 0$$

For  $K=1$  we have the following alternatives:

- (a) Allocate 1 to plant B and 0 to plant A

$$g_2(1) + f_A(0) = 0.3 + 0 = 0.3$$

- (b) Allocate 0 to plant B and 1 to plant A

$$g_2(0) + f_A(1) = 0 + 0.2 = 0.2$$

Note that the values  $g_2(x_2)$  are obtained from the "plant B" column of Table 8.2, whereas the values  $f_A(K)$  are taken from the results of stage 1 as summarized in Table 8.3. We can write this manipulation as

$$f_{AB}(1) = \max_{0 \leq x_2 \leq 1} \begin{cases} g_2(1) + f_A(0) = 0.3 \\ g_2(0) + f_A(1) = 0.2 \end{cases} = 0.3$$

Similarly, for  $K=2$  we get

$$f_{AB}(2) = \max_{0 \leq x_2 \leq 2} \begin{cases} g_2(0) + f_A(2) = 0.0 + 0.5 = 0.5 \\ g_2(1) + f_A(1) = 0.3 + 0.2 = 0.5 \\ g_2(2) + f_A(0) = 0.4 + 0.0 = 0.4 \end{cases} = 0.5$$

In this case we have two equivalent alternatives.

For  $K=3$  we get

$$f_{AB}(3) = \max_{0 \leq x_2 \leq 3} \begin{cases} g_2(0) + f_A(3) = 0 + 1.9 = 1.9 \\ g_2(1) + f_A(2) = 0.3 + 0.5 = 0.8 \\ g_2(2) + f_A(1) = 0.4 + 0.2 = 0.6 \\ g_2(3) + f_A(0) = 1.2 + 0 = 1.2 \end{cases} = 1.9$$

Clearly, the best allocation is 3 to plant A.

For  $K=4$  we get

$$f_{AB}(4) = \max_{0 \leq x_2 \leq 4} \begin{cases} g_2(0) + f_A(4) = 0 + 1.9 = 1.9 \\ g_2(1) + f_A(3) = 0.3 + 1.9 = 2.2 \\ g_2(2) + f_A(2) = 0.4 + 0.5 = 0.9 \\ g_2(3) + f_A(1) = 1.2 + 0.2 = 1.4 \\ g_2(4) + f_A(0) = 2.0 + 0 = 2.0 \end{cases} = 2.2$$

The best allocation is 1 to plant B and 3 to plant A.

For  $K=5$  we get

$$f_{AB}(5) = \max_{0 \leq x_2 \leq 5} \begin{cases} g_2(0) + f_A(5) = 0 + 2.5 = 2.5 \\ g_2(1) + f_A(4) = 0.3 + 1.9 = 2.2 \\ g_2(2) + f_A(3) = 0.4 + 1.9 = 2.3 \\ g_2(3) + f_A(2) = 1.2 + 0.5 = 1.7 \\ g_2(4) + f_A(1) = 2.0 + 0.2 = 2.2 \\ g_2(5) + f_A(0) = 2.2 + 0 = 2.2 \end{cases} = 2.5$$

To sum up, for the second stage we get the following optimal allocation policy:

$$\begin{aligned} f_{AB}(0) &= 0 : \text{allocate nothing} \\ f_{AB}(1) &= 0.3 : 1 \text{ to plant B and 0 to plant A} \\ f_{AB}(2) &= 0.5 : \text{either 1 to B and 1 to A, or 0 to B and 2 to A} \\ f_{AB}(3) &= 1.9 : 0 \text{ to B and 3 to A} \\ f_{AB}(4) &= 2.2 : 1 \text{ to B and 3 to A} \\ f_{AB}(5) &= 2.5 : 0 \text{ to B and 5 to A} \end{aligned}$$

A summary of the analysis for stage 2 is given in Table 8.4.

### Stage 3

Here we divide dollars to be allocated among all three plants. We allocate a certain amount  $x_3$  to plant C, and allocate the remaining  $(K - x_3)$  between plants A and B according to the optimal policy  $f_{AB}(K)$  derived in stage 2. The optimal policy for the three-stage process, according to the principle of optimality, is given by

$$f_{ABC}(K) = \max_{0 \leq x_3 \leq K} \{g_3(x_3) + f_{AB}(K - x_3)\} \quad (8.15)$$

where  $g_3(x_3)$  is the return from investment in plant C. Let us enumerate

Table 8.4

K	$x_2$						$f_{AB}(K) = \max_{0 \leq x_2 \leq K} \{g_2(x_2) + f_A(K - x_2)\}$
	0	1	2	3	4	5	
0	0						0
1	0.2	0.3					0.3
2	0.5	0.5	0.4				0.5
3	1.9	0.8	0.6	1.2			1.9
4	1.9	2.2	0.9	1.4	2		2.2
5	2.5	2.2	2.3	1.7	2.2	2.2	2.5

values of  $f_{ABC}$  corresponding to different allocation policies for specified levels of  $K$ .

For  $K=0$ , obviously,  $f_{ABC}(0) = 0$

For  $K=1$  we get

$$f_{ABC}(1) = \max_{0 \leq x_2 \leq 1} \begin{cases} g_3(0) + f_{AB}(1) = 0 + 0.3 = 0.3 \\ g_3(1) + f_{AB}(0) = 0.4 + 0 = 0.4 \end{cases} = 0.4$$

For  $K=2$  we get

$$f_{ABC}(2) = \max_{0 \leq x_2 \leq 2} \begin{cases} g_3(0) + f_{AB}(2) = 0 + 0.5 = 0.5 \\ g_3(1) + f_{AB}(1) = 0.4 + 0.3 = 0.7 \\ g_3(2) + f_{AB}(0) = 0.8 + 0 = 0.8 \end{cases} = 0.8$$

For  $K=3$  we get

$$f_{ABC}(3) = \max_{0 \leq x_2 \leq 3} \begin{cases} g_3(0) + f_{AB}(3) = 0 + 1.9 = 1.9 \\ g_3(1) + f_{AB}(2) = 0.4 + 0.5 = 0.9 \\ g_3(2) + f_{AB}(1) = 0.8 + 0.3 = 1.1 \\ g_3(3) + f_{AB}(0) = 1.1 + 0 = 1.1 \end{cases} = 1.9$$

For  $K=4$  we get

$$f_{ABC}(4) = \max_{0 \leq x_2 \leq 4} \begin{cases} g_3(0) + f_{AB}(4) = 0 + 2.2 = 2.2 \\ g_3(1) + f_{AB}(3) = 0.4 + 1.9 = 2.3 \\ g_3(2) + f_{AB}(2) = 0.8 + 0.5 = 1.3 \\ g_3(3) + f_{AB}(1) = 1.1 + 0.3 = 1.4 \\ g_3(4) + f_{AB}(0) = 1.5 + 0 = 1.5 \end{cases} = 2.3$$

For  $K=5$  we get

$$f_{ABC}(5) = \max_{0 \leq x_2 \leq 5} \begin{cases} g_3(0) + f_{AB}(5) = 0 + 2.5 = 2.5 \\ g_3(1) + f_{AB}(4) = 0.4 + 2.2 = 2.6 \\ g_3(2) + f_{AB}(3) = 0.8 + 1.9 = 2.7 \\ g_3(3) + f_{AB}(2) = 1.1 + 0.5 = 1.6 \\ g_3(4) + f_{AB}(1) = 1.5 + 0.3 = 1.8 \\ g_3(5) + f_{AB}(0) = 2.0 + 0 = 2.0 \end{cases} = 2.7$$

Table 8.5 Analysis for stage 3

K	$x_3$					$f_{ABC}(K) = \max_{0 \leq x_3 \leq K} \{g_3(x_3) + f_{AB}(K - x_3)\}$
	0	1	2	3	4	
0	0					0
1	0.3	0.4				0.4
2	0.5	0.7	0.8			0.8
3	1.9	0.9	1.1	1.1		1.9
4	2.2	2.3	1.3	1.4	1.5	2.3
5	2.5	2.6	2.7	1.6	1.8	2.7

The analysis for stage 3 is summarized in Table 8.5. Table 8.6 summarizes the values under the last columns of Tables 8.3, 8.4, and 8.5. Several elements of valuable information can be retrieved from the data in Table 8.3 through 8.6. First we note that for every value of  $K$ , one can immediately determine the optimal expected return and identify the plants among which the investment must be divided. Second, we can determine the marginal expected return for a given allocation policy as  $K$  is increased in units of \$1 million. Third, as soon as we have chosen a specific value for  $K$ , we can utilize the information of Table 8.6 to determine the optimal allocation policy.

Searching for the highest value of Table 8.6, we note that the optimal expected return is \$2.7 million. Hence the investment must be allocated between plants A, B, and C. An examination of Table 8.5 (for A, B, and C) shows that an expected return of \$2.7 million requires that  $x_3=2$ , or \$2 million must be allocated to plant C, and \$3 million must be allocated between plants A and B. We now examine Table 8.4 and note that the optimal allocation of \$3 million between A and B requires  $x_2=0$  (allocate 0 to plant B) and \$3 million to plant A. Hence our overall optimal allocation in this case is: Allocate \$2 million to plant C, allocate \$0 million to plant B, and allocate \$3 million to plant A.

Table 8.6 Optimal solution

K	$f_A(K)$	$f_{AB}(K)$	$f_{ABC}(K)$
0	0	0	0
1	0.2	0.3	0.4
2	0.5	0.5	0.8
3	1.9	1.9	1.9
4	1.9	2.2	2.3
5	2.5	2.5	2.7

Some Comments and Generalizations

- For  $m$  plants the recurrence relation will be
 
$$f_n(K) = \max_{0 \leq x_n \leq K} \{g_n(x_n) + f_{n-1}(K - x_n)\} \quad n = 2, 3, \dots, m \quad (8.16)$$
 where  $n$  designates the stage number.
- Sensitivity analysis can be easily performed. For example, if management cut the available funds to \$4 million then it is easy to observe that the best policy is to allocate \$1 million to C, and \$3 million to A at a profit of \$2.3 million (policy  $f_{ABC}(4)$ ).
- The dynamic-programming solution can give us indirectly the second-best alternative. In our case, if we allocate \$5 million, we get for the second-best allocation: 1 to C, 1 to B, and 3 to A, at an expected profit of \$2.6 million (see Table 8.5) Similarly, we can get the third-best solution, and so on.
- Adding a new plant to the problem merely adds an additional stage.
- It is customary to summarize the results of the optimal policies of all stages in one table, as shown in Table 8.7.

Table 8.7 Tabular solution for the allocation problem

K	$x_1$	$f_A(K)$	$x_2$	$x_1$	$f_{AB}(K)$	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$f_{ABC}(K)$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0.2	0	1	0.3	1	0	0	0.4
2	2	0.5	0	2 <sup>a</sup>	0.5	2	0	0	0.8
3	3	1.9	0	3	1.9	0	0	3	1.9
4	4	1.9	1	3	2.2	1	0	3	2.3
5	5	2.5	0	5	2.5	2	0	3	2.7

<sup>a</sup> For stage 2, and  $K=2$ ;  $x_2=1$ ,  $x_1=1$  is an alternative solution.

8.2.4 MULTIDIMENSIONAL ALLOCATION PROCESSES

a. General

The one-dimensional process involved an allocation of one resource subject to one constraint. Multidimensional allocation processes involve one of the following:

- Allocation of one resource subject to two or more constraints.
- Allocation of two or more resources subject to two or more constraints.

We shall state here the two simplest possible cases—namely, the allocation of one resource subject to two constraints, and the allocation of two resources subject to two constraints.

b. Allocation of One Resource to  $n$  Activities Subject to Two Constraints

Such an allocation problem can be presented as:

$$\max_{x_i} ER(x_1, x_2, \dots, x_n) = g_1(x_1) + g_2(x_2) + \dots + g_n(x_n) \quad (8.17)$$

subject to:

$$\sum_{i=1}^n a_i(x_i) \leq x$$

$$\sum_{i=1}^n b_i(x_i) \leq y$$

and

$$x_i \geq 0$$

where

1.  $x$  and  $y$  are the capacities of the two constraints (equivalent to  $b_1$  and  $b_2$  in the general linear-programming formulation).
2.  $x_i$  is the quantity of the resource allocated to activity  $i$ .
3.  $g_i(x_i)$  is the return from the  $i$ th activity.
4.  $a_i(x_i)$  and  $b_i(x_i)$  are monotonically increasing functions of  $x_i$  (they approach  $\infty$  when  $x_i \rightarrow \infty$ ).

The general recurrence relation in this case is

$$f_n(x, y) = \max_{\substack{x_n, \text{ s.t.} \\ a_n(x_n) \leq x \\ b_n(x_n) \leq y}} \{g_n(x_n) + f_{n-1}(x - a_n(x_n), y - b_n(x_n))\} \quad (8.18)$$

Example: A ship is to be loaded with several items varying in *weight*, *size*, and *value* (all known). Also the ship's maximum capacity in tonnage and cubic feet is known. The problem is to find which items, and in what quantities, to include in the cargo in order to maximize total value. This prototype problem is an extension of the well-known cargo-loading problem subject to weight constraint. The solution of this problem is left as homework (see Problem 8.21).

### c. Allocation of Two Resources Subject to Two Capacity Constraints

A straightforward extension of the allocation of one resource to  $n$  activities is the allocation of two resources to  $n$  activities. Let (1)  $x$  and  $y$  be the available quantities of the two resources, (2)  $x_i$  and  $y_i$  be the quantities of these resources allocated to activity  $i$ , and (3)  $g_i(x_i, y_i)$  be the return from the  $i$ th activity resulting from the allocation of  $x_i$  and  $y_i$  to that activity. The problem in this case is to maximize total returns subject to the availability (capacity) of the resources. Formally,

$$\max_{x, y} \sum_{i=1}^n g_i(x_i, y_i) \quad (8.19)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq x; \text{ and } \sum_{i=1}^n y_i \leq y$$

$$x_i, y_i \geq 0$$

The dynamic-programming approach to this two-dimensional allocation process is the same as in the one-dimensional allocation process. The recurrence relations are

$$f_n(x, y) = \max_{0 \leq x_n \leq x} \max_{0 \leq y_n \leq y} \{g_n(x_n, y_n) + f_{n-1}(x - x_n, y - y_n)\} \quad (8.20)$$

and for the case  $n = 1$ , we have

$$f_1(x, y) = g_1(x, y)$$

An example of such a process is the allocation of limited land and labor among various vegetables. We have introduced and solved a similar example in Chapter 3 by linear programming. However, the reader can note that the assumption of linearity, which is essential in linear programming, is not required in dynamic programming. In other words, the objective function (8.19) can take any form, continuous or discrete. ~~We will not illustrate and solve such a problem here, but rather leave it as homework (see Problem 8.20).~~ Dynamic programming can also treat problems that have stochastic aspects (for example, a problem in which the demand for a product is described by a known Poisson distribution). This ability to deal with stochastic aspects is, in fact, one of the great advantages of dynamic programming.

### d. Computation

Multidimensional allocation processes can be solved in various ways. Problems with two variables and/or two constraints with a small number of states can be solved by using recurrence relations in a way similar to that used in solving the one-dimensional problem. For large problems we can use Lagrange multipliers, and for even larger problems we can use an approximation approach (see Bellman and Dreyfus [6]).

#### Use of Recurrence Relations

As in the case of the one-dimensional problem, we can break the unknowns  $x$  and  $y$  into intervals (say at integers). For each pair of  $x_i$  and  $y_i$  we have a reward or cost function, usually given in a matrix form. Using basically the same approach as employed in Section 8.2, we write the general recurrence relation as given in Equations (8.18) and (8.20) and then, by successive allocation, find the optimal value.

The major drawback of this method is that when we have more than two variables and/or when we have many states we encounter computational difficulties, such as exceeding the memory and storage capacities of today's computers. The reader should remember that we must simultaneously retain the function  $f_{n-1}(x, y)$  and compute the return function  $f_n(x, y)$  and the policy function. In small problems the method is quite effective. Although not illustrated here, stochastic aspects can be incorporated into this approach.

Lagrange Multipliers

In solving multidimensional allocation processes, Lagrange multipliers  $\lambda_i$  (see Appendix D) can be used as a means of reducing the dimensionality of dynamic-programming problems. For example, examine the case of allocation of two resources in (8.19). Suppose that the second constraint is an equality

$$\sum_{i=1}^n y_i = y.$$

Then we can include the objective function and the equality constraint in the Lagrangian function, reducing the problem to a one-constraint problem. Formally,

$$\max g_1(x_1, y_1) + g_2(x_2, y_2) + \dots + g_n(x_n, y_n) - \lambda(\sum_{i=1}^n y_i - y) \quad (8.21)$$

s/t

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n \leq x \quad x_i \geq 0 \quad \text{and} \quad y_i \geq 0$$

We then maximize over  $y_i$  independently of the maximization over  $x_i$ ; that is,

$$h_i(x_i, \lambda) = h_i(x_i) = \max_{y_i \geq 0} \{g_i(x_i, y_i) - \lambda y_i\} \quad (8.22)$$

Thus we reduce the problem to

$$\max_{x_i} h_1(x_1) + h_2(x_2) + \dots + h_n(x_n) \quad (8.23)$$

s/t

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n \leq x$$

Now (8.23) is equivalent to the one-dimensional problem presented previously (see Section 8.2.2.). The solution to (8.23) will be of the form  $x_i(\lambda, x)$ , which is a function of  $\lambda$ . Similarly, the values of  $y_i = y_i(\lambda)$  resulting from  $h_i(x_i)$  as given in Equation (8.22), are a function of  $\lambda$ . We thus vary  $\lambda$  in such a way that the following restriction is met:

$$\sum_{i=1}^n y_i = y \quad (8.24)$$

We can treat problem (8.17) in a similar manner; that is, assuming an equality for the second constraint

$$\sum_{i=1}^n b_i(x_i) = y$$

we form a Lagrangian function:

$$g_1(x_1) + g_2(x_2) + \dots + g_n(x_n) - \lambda[b_1(x_1) + b_2(x_2) + \dots + b_n(x_n) - y] \quad (8.25)$$

to be maximized subject to

$$a_1(x_1) + a_2(x_2) + \dots + a_n(x_n) \leq x$$

Here we have the recurrence equations:

$$f_n(x) = \max_{\substack{x_n, s/t \\ a_n(x_n) \leq x}} \{g_n(x_n) - \lambda b_n(x_n) + f_{n-1}(x - a_n(x_n))\}$$

Again, the results depend on  $\lambda$ , which should be varied until the following constraint is met.

$$\sum_{i=1}^n b_i(x_i) = y$$

Approximation

In several cases, approximation can be used as a device to save computational time. The major problem with approximation is that it does not guarantee an optimal solution. In some cases it can guarantee the local maximum but not the global one. In our discussion we shall use the following notation:

- $\hat{x} = (\hat{x}_i)$  = a set of allocations of resource  $x$  to activities  $i$  at the starting stage
- $\hat{y} = (\hat{y}_i)$  = a set of allocations of resource  $y$  to activities  $i$  at the starting stage
- $\hat{x}_i = (\hat{x}_{i1})$  = a set of allocations of resource  $x$  to activities  $i$  at the second search cycle
- $\hat{y}_i = (\hat{y}_{i1})$  = a set of allocations of resource  $y$  to activities  $i$  at the second search cycle
- and so on.

Let us examine the allocation of a two-resource example. In such a case we can employ the following *successive approximation*: We start with guessing initial values for  $x_i$ . Let these values be such that  $\hat{x} = (\hat{x}_i)$ . For this set we then determine:

$$R_n(x, y) = \max_{y_i} \sum_{i=1}^n g_i(\hat{x}_i, y_i) \quad (8.26)$$

s/t

$$\sum_{i=1}^n y_i \leq y$$

This is done by the following one-dimensional recurrence relation:

$$f_n(y) = \max_{0 \leq y_n \leq y} \{g_n(\hat{x}_n, y_n) + f_{n-1}(y - y_n)\} \quad (8.27)$$

where  $n = 2, 3, \dots$  and  $f_1(y) = g_1(\hat{x}_1, y)$ . This approach yields  $\hat{y} = (\hat{y}_i)$ .

Next we take  $\hat{y}$  and introduce it into the objective function. Then our next step is to

$$\max_{x_i} \sum_{i=1}^n g_i(x_i, \hat{y}_i) \quad (8.28)$$

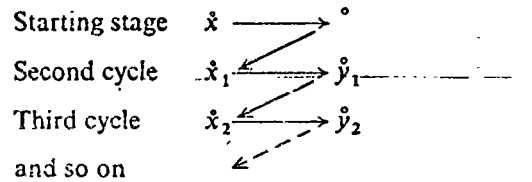
s/t

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq x$$



This problem again is solved by a one-dimensional recurrence relation. Now we get a solution  $\hat{x}_1 = (\hat{x}_{11})$ . This solution is plugged as a constraint into a new problem similar to (8.20), and a new solution  $\hat{y}_1 = (\hat{y}_{11})$  is found.

The process is repeated and the value of the objective function is monotonically increasing. We continue the process until we can achieve no further improvement in the objective function. Schematically, the successive approximation method can be represented as shown below:



This method can be used to find a *local maximum*. There is no guarantee for a global maximum. The method can also be used to test the optimality of a proposed solution. As in the case of the Lagrange-multiplier approach, we can always identify a nonoptimal solution, but a solution that will pass our test may be a local maximum and not necessarily a global maximum.

### 8.3 NETWORKS AND DECISION TREES

#### 8.3.1 INTRODUCTION

One of the newest and most promising prototype dynamic programming problems is the one involving trajectories. The major use of models involving trajectories is in the areas of space research and commercial and military aircraft. One important segment of trajectories, namely networks and decision trees, is receiving increasing attention from management. In this section we shall introduce the major concepts of networks, and then show their use in managerial decision making. Next, we shall show the use of dynamic programming to solve both deterministic and stochastic decision trees and, finally to solve the well-known management control problems of PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method).

Before introducing network problems and their solution, let us define certain basic terms.

A *network* is a model of a system consisting of interrelated activities, such as construction projects, research and development programs, and maintenance programs. Networks are usually represented graphically as in Figure 8.2, which shows a simple network consisting of *events* (or nodes) and *activities* (or arcs or branches).

An *event* is an identifiable point of progress during the completion of the

project. The circled numbers 1 through 7 in Figure 8.2 are events or nodes. The beginning node, 1, is called the *source*, or start, and the last node, 7, is called the *sink*, or destination.

An *activity* represents a task requiring a certain period of time for its completion. In Figure 8.2, 1-2 and 4-6 are examples of two activities. Activity 1-2 connects "nodes" 1 and 2 and it takes two weeks for completion; that is, its duration is two weeks.

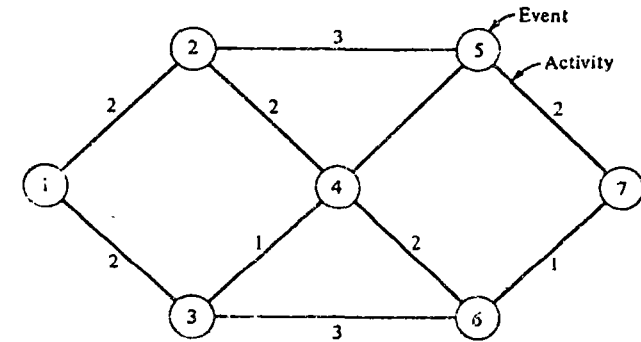


FIGURE 8.2

We note that a "node" occurs at the junction of certain activities. Depending upon the type of work, the numbers along the arcs (activities) can represent units of time (duration) or units of money or some other measure of effectiveness. Networks sometimes employ arrows to indicate the direction of progress between nodes. When no arrows are used, we assume that the network progresses from left to right and that no loops are permitted. The objective in most network problems is to find the shortest or longest path through the network.

When networks are employed to depict sequential decision processes, they are usually called *decision trees*. Similar to the graphical representation of networks, decision trees consist of nodes and branches.<sup>9</sup> Any time a node is connected to more than one other node, the decision maker must choose for progressing along a specific arc to reach the next stage. Two types of nodes can be identified in decision trees: decision nodes (usually designated by a square □), where the choice for direction exists, and chance nodes (usually designated by a circle ○), where the progression is by chance rather

<sup>9</sup> One distinguishing characteristic between networks and decision trees is that although different time sequences for network nodes exist, all activities are performed and we pass through all nodes as the work progresses. In decision trees, on the other hand, action choices result in skipping several branches and nodes.

than by choice. A decision tree in which no chance events are included is called a deterministic decision tree.

A decision tree portrays various possible courses of action, and chance determined outcomes, along with their respective *payoffs*. The payoffs or rewards are either constants or are determined by chance or other uncontrollable factors, in which case they are represented by probability distributions.

8.3.2 DETERMINISTIC DECISION TREE, (NONDYNAMIC-PROGRAMMING SOLUTION)

To illustrate the use of a decision tree let us assume that the management of a firm is facing a machine replacement problem, with different paths and their associated rewards. Figure 8.3 indicates that if the machine is replaced at this time ( $T=0$ ), we will gain a net profit of \$50,000 during the first year, and \$70,000 during the second year. On the other hand, if we do not replace the machine at this time, we will enjoy a net profit of \$70,000 during the first year and, after one year at  $T=1$ , we will again face a replacement decision with the rewards during the second year shown in Figure 8.3 (\$55,000 if we replace and 40,000 if we do not replace). We have, in effect, three different alternatives. Replace now, replace after one year, or do not replace at all.

The solution to the problem is achieved through simple enumeration of the three possible alternatives, and by comparing their associated rewards. The results are summarized in Table 8.8, from which it is obvious that the optimal decision is to replace the machine after one year (assuming that all data are already discounted to time zero).

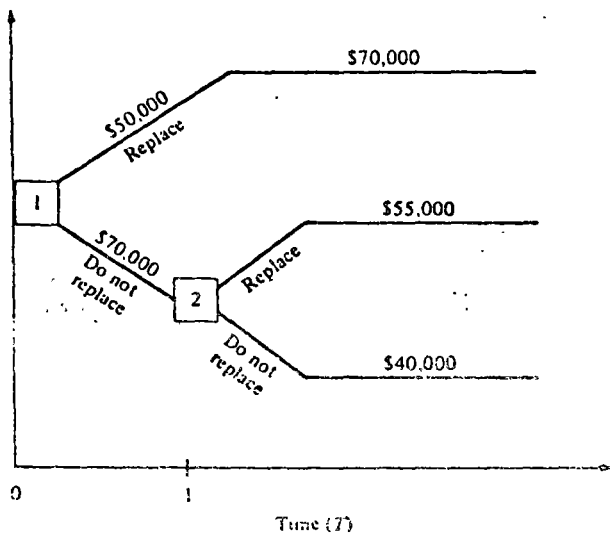


FIGURE 8.3

Table 8.8

ALTERNATIVE	REWARD, DOLLARS
1. Replace now	$50,000 + 70,000 = 120,000$
2. Replace after one year	$70,000 + 55,000 = 125,000$
3. Do not replace	$70,000 + 40,000 = 110,000$

We solved the replacement problem by actually identifying all possible paths through the network, calculating the projected profit for each path, and then selecting the path with the highest profit. This type of approach is all right for a small problem, but a complete manual enumeration of all the possible paths of a large network would be extremely time-consuming and costly. Dynamic programming provides an elegant and efficient way to solve large network problems.

8.3.3 DYNAMIC-PROGRAMMING APPROACH TO DETERMINISTIC NETWORKS

A cost-minimization problem in the form of a network is depicted in Figure 8.4. Our objective is to find the shortest path<sup>10</sup> (equivalent to cost minimiza-

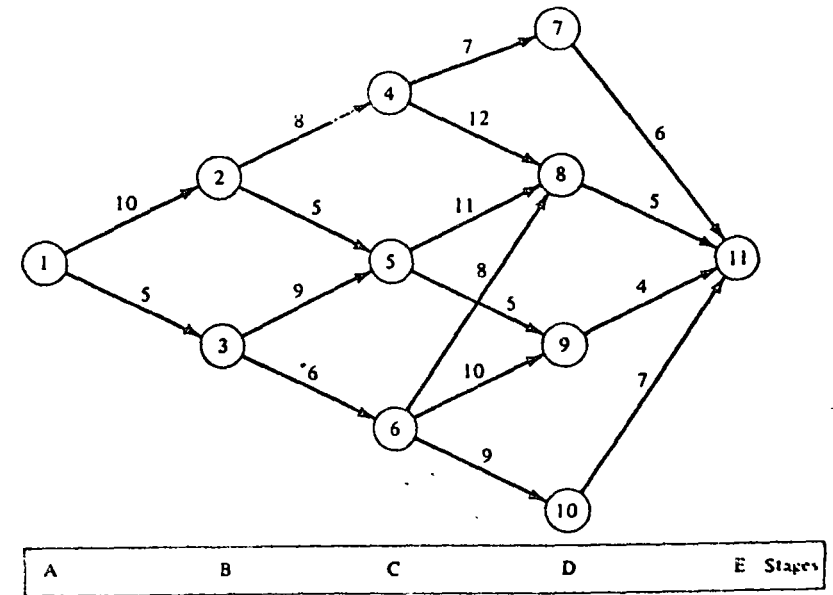


FIGURE 8.4

<sup>10</sup> The reader should note that in any network we can look at a "problem—that is, finding the longest path (equivalent to a maximization problem)

tion) from node 1 to node 11 by the application of dynamic programming.

We solve the problem backwards. The first time a decision problem exists is at stage D.<sup>11</sup>

#### Solution, Step I: Check Stage D

Nodes 7, 8, 9, and 10 are the four possible states in stage D. There is only one branch linking node 11 to each of these states.

The cost involved in going from each of the nodes 7, 8, 9, and 10 to node 11 is computed below.

Let us adopt the following notations:

$f_n(d)$  = minimum cost involved in proceeding from the  $n$ th node to the last node (along the shortest path)

$d_{ij}$  = actual cost involved in moving from the  $i$ th node in one stage to  $j$ th node in the next stage

Then for our example, we have

$$f_7(d) = d_{7,11} = 6$$

$$f_8(d) = d_{8,11} = 5$$

$$f_9(d) = d_{9,11} = 4$$

$$f_{10}(d) = d_{10,11} = 7$$

#### Solution, Step II: Check Stage C

Nodes 4, 5, and 6 represent the three states of stage C. Our problem at this stage is to find the minimum cost (shortest path) between stage C and stage E. We could check all possible paths of progression between stage C and stage E, compare the associated costs, and then choose the least-cost path. Starting from node 6 in stage C, for example, we can reach stage D via nodes 8, 9, or 10, with costs of 8, 10, or 9 respectively. To these costs must be added the optimal costs of proceeding from nodes 8, 9, 10 to node 11.

This can be accomplished by utilizing the principle of optimality. The total cost of proceeding from each node in stage C to stage E, ( $TC_{CE}$ ), is made up of two components:

$$TC_{CE} = d_{ij} + f_j(d)$$

where

$d_{ij}$  = actual cost of proceeding from the  $i$ th node in stage C to the  $j$ th node in stage D

$f_j(d)$  = the minimum cost of proceeding from the  $j$ th node in stage D to the last (E) stage

Now we would like to find the lowest possible value of  $TC_{CE}$ . This is done

<sup>11</sup> The breakdown into stages here is arbitrary. The analysis can run with each node being a stage.

by simple enumeration. The lowest possible cost of progressing from node 6 in stage C to stage E is designated by  $f_6(d)$ :

$$f_6(d) = \min \begin{cases} d_{6,8} + f_8(d) = 8 + 5 = 13 \\ d_{6,9} + f_9(d) = 10 + 4 = 14 \\ d_{6,10} + f_{10}(d) = 9 + 7 = 16 \end{cases} = 13$$

Note that there are three alternative ways to proceed from node 6 in stage C to stage E. The least cost  $f_6(d)$ , however, involves proceeding from 6 to 8, and then from 8 to 11, with a cost of 13.

Calculations for proceeding from nodes 4 and 5 in stage C to stage E are as follows:

$$f_4(d) = \min \begin{cases} d_{4,7} + f_7(d) = 7 + 6 = 13 \\ d_{4,8} + f_8(d) = 12 + 5 = 17 \end{cases} = 13$$

$$f_5(d) = \min \begin{cases} d_{5,8} + f_8(d) = 11 + 5 = 16 \\ d_{5,9} + f_9(d) = 5 + 4 = 9 \end{cases} = 9$$

Now we can find, by enumeration, the lowest value among  $f_4(d)$ ,  $f_5(d)$ , and  $f_6(d)$ . This value represents the lowest cost of moving from stage C to stage E.

It is evident the shortest path from stage C to E is 5-9-11, at a cost of 9.

#### Solution, Step III: Check Stage B

Our next task is to find the least-cost path from stage B to stage E. The procedure is similar to the one in step II. The required calculations are as follows:

$$f_2(d) = \min \begin{cases} d_{2,4} + f_4(d) = 8 + 13 = 21 \\ d_{2,5} + f_5(d) = 5 + 9 = 14 \end{cases} = 14$$

$$f_3(d) = \min \begin{cases} d_{3,5} + f_5(d) = 9 + 9 = 18 \\ d_{3,6} + f_6(d) = 6 + 13 = 19 \end{cases} = 18$$

This step illustrates the economy of effort made possible by using dynamic programming. Instead of calculating the costs of seven possible paths from stage C to stage E, we make only four sets of calculations.

Note that the best path from stage B to stage E is 2-5-9-11, with a cost of 14.

#### Solution, Step IV: Check the Final Stage (A)

The rationale in this step is the same as explained in the earlier steps. The actual calculations of this step are as follows:

$$f_1(d) = \min \begin{cases} d_{1,2} + f_2(d) = 10 + 14 = 24 \\ d_{1,3} + f_3(d) = 5 + 18 = 23 \end{cases} = 23$$

Thus the optimal solution is 1-3-5-9-11, with a cost of 23.

Evaluation

We can see that in addition to solving the original minimization problem we have information now as to which is the shortest path from any given state  $i$  to the final stage.

The recurrence relations for the problem are given by

$$f_i(d) = \min_j \{d_{ij} + f_j(d)\} \tag{8.29}$$

The application of dynamic programming to networks can be extended to solving stochastic networks.

8.3.4 A STOCHASTIC DECISION TREE

The decision tree in Figure 8.5 portrays the decision problem of the ABC Corporation, facing a machine replacement problem.

The management has two alternatives: repair the old machine at a cost of \$1000 or purchase a new machine at a net cost of \$10,000. Each of these alternatives takes us, along different branches, to chance nodes 2 and 3. Each chance node may result in one of two different payoffs with given probabilities. All the relevant data are given in the decision tree of Figure 8.5. We solve this replacement problem by calculating and comparing the "expected value" of each alternative.

In any discrete probability distribution, the expected value is calculated as:

$$\text{Expected value} = p_1K_1 + p_2K_2 + \dots + p_nK_n \tag{8.30}$$

where  $p_i$  = probability of  $i$ th outcome and  $K_i$  = numerical value of  $i$ th outcome.

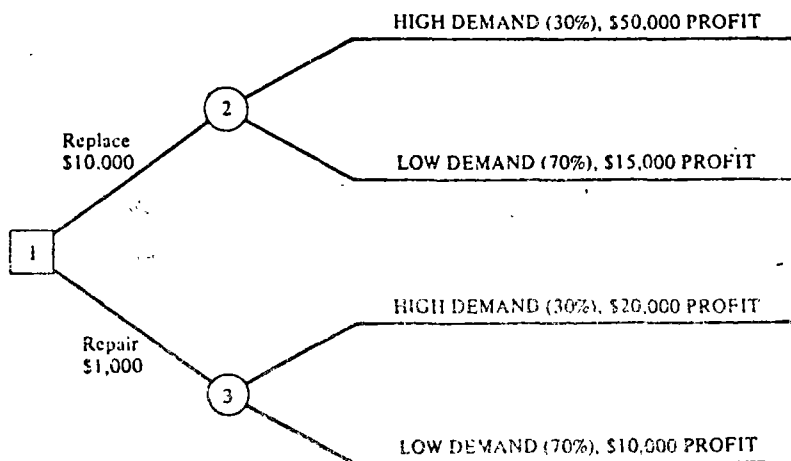


FIGURE 8.5

In our example, the expected value of the "replace" alternative is given as follows:<sup>12</sup>

$$(-10,000) + \{0.30(50,000) + 0.70(15,000)\} = \$15,500$$

The expected value of the "repair" alternative is

$$-1000 + \{0.30(20,000) + 0.70(10,000)\} = \$12,000$$

Our optimal decision in this case is to replace the machine.

Conceptually, once the expected-value calculations have been made, our probabilistic decision tree of Figure 8.5 can be represented as the equivalent deterministic tree of Figure 8.6, in which it can be seen that the decision choice is simple and straightforward (replace). Similarly, large probabilistic decision trees can be changed into equivalent deterministic models that can then be solved by dynamic programming.

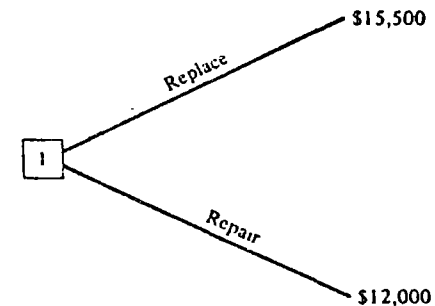


FIGURE 8.6

8.3.5 APPLICATION OF DYNAMIC PROGRAMMING TO PERT AND CPM

Dynamic programming can solve PERT (Program Evaluation and Review Technique) and CPM (Critical Path Method) problems. The objective in PERT and CPM is to determine the longest path in the network. Each node in a PERT or CPM network is a stage in itself.

PERT and CPM are planning and control techniques based on network theory (see Moder and Phillips [22]). Both techniques are used in large projects (such as construction, research and development, and equipment overhaul) involving many interrelated activities. In both techniques, the major objective is to identify the *critical path*—that is, to identify the bottleneck activities.

The major idea of both CPM and PERT is a graphical presentation of the

<sup>12</sup> In this case there is an outcome of  $-10,000$  (that is, cost) with certainty; in other words, the probability is equal to 1.

project using a network, where the nodes represent events and the branches represent activities. A usual distinction between CPM and PERT is that CPM deals with deterministic cases whereas PERT handles probabilistic cases. The duration of an activity labeled  $t_e$ , in the PERT approach, is computed as an average of the following estimates:

- $a$  = optimistic estimate<sup>13</sup>
- $m$  = most likely estimate
- $b$  = pessimistic estimate

according to the following formula:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (8.31)$$

and it is this number that is written along the branches in the PERT network. The CPM, on the other hand, considers *single* estimates for the time required to perform different activities in the network.

**An Illustrative Example**

Find the longest path of the PERT network of Figure 8.7. The numbers along the branches are the average expected duration of the activities ( $t_e$ ).

**Solution**

**A. Stage 8**

Let node 8 be the first stage to be considered, working backward. The longest path from node 8 to node 9 is 6 days. Formally, we write this information as:<sup>14</sup>

$$f_8 = d_{8,9} = 6$$

**B. Stage 7**

We have two alternative ways of proceeding from node 7 to node 9. The direct path 7-9 takes 9 days; the other path, 7-8-9, takes 8 days (2+6). Formally,

$$f_7 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{7,9} + 0 &= 9 + 0 = 9 \\ d_{7,8} + f_8 &= 2 + 6 = 8 \end{aligned} \right\} = 9$$

Proceeding backward to stage 1 and analyzing the intermediate stages, we obtain the following results.

<sup>13</sup> The three different time estimates for completing the activity are based on the assumption that the beta distribution is the probability distribution representing the various possible completion times for the activity. Thus,  $a$  represents the optimistic time estimate (with a probability of 1 in 100),  $b$  represents the pessimistic time estimate (with a probability of 1 in 100), and  $m$  is the mode of the distribution as estimated by the project analyst.

<sup>14</sup> In this problem we shall write  $f_i$  in place of  $f_i(d)$ .  $d_{i,j}$  denotes  $t_e$  of activity  $ij$ .

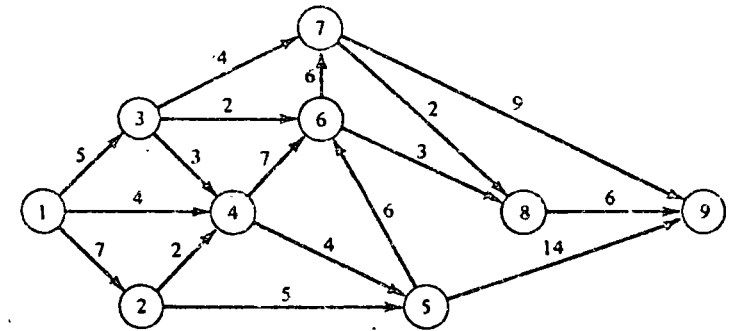


FIGURE 8.7

**C. Stage 6**

$$f_6 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{6,8} + f_8 &= 3 + 6 = 9 \\ d_{6,7} + f_7 &= 6 + 9 = 15 \end{aligned} \right\} = 15$$

Thus the longest path between 6 and 9 is 6-7-9 with 15 days.

**D. Stage 5**

$$f_5 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{5,9} + 0 &= 14 + 0 = 14 \\ d_{5,6} + f_6 &= 6 + 15 = 21 \end{aligned} \right\} = 21$$

**E. Stage 4**

$$f_4 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{4,6} + f_6 &= 7 + 15 = 22 \\ d_{4,5} + f_5 &= 4 + 21 = 25 \end{aligned} \right\} = 25$$

**F. Stage 3**

$$f_3 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{3,7} + f_7 &= 4 + 9 = 13 \\ d_{3,4} + f_4 &= 3 + 25 = 28 \\ d_{3,6} + f_6 &= 2 + 15 = 17 \end{aligned} \right\} = 28$$

**G. Stage 2**

$$f_2 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{2,4} + f_4 &= 2 + 25 = 27 \\ d_{2,5} + f_5 &= 5 + 21 = 26 \end{aligned} \right\} = 27$$

**H. Stage 1**

$$f_1 = \max \left\{ \begin{aligned} d_{1,3} + f_3 &= 5 + 28 = 33 \\ d_{1,4} + f_4 &= 4 + 25 = 29 \\ d_{1,2} + f_2 &= 7 + 27 = 34 \end{aligned} \right\} = 34$$

As the last set of calculations shows, we have two equal longest paths; that is, we have two optimal solutions.

The first is

1-4-5-6-7-9 at 34 days

and the second is

1-2-4-5-6-7-9 at 34 days

The recurrence relation for this problem is given by

$$f_n = \max_j \{d_{n \rightarrow j} + f_j\} \quad (8.32)$$

where  $n \rightarrow j$  represents all possible direct paths from node  $n$  to connecting nodes  $j$ .

## 8.4

### ONE-DIMENSIONAL SMOOTHING AND SCHEDULING PROCESS

#### 8.4.1 INTRODUCTION

In Section 8.2 a static (occurring in a single time period) allocation process was portrayed as a dynamic process and then solved by using dynamic programming. In Section 8.3 we applied dynamic programming in solving problems that dealt with either single-decision situations (such as finding the shortest path in a network) or situations involving multiple decision points (such as decision-tree types of problems). The problems of Section 8.3, though of a multistage nature, did not necessarily represent multitime periods. In this section we turn our attention to processes involving more than a single time period. These dynamic, rather than static, processes take place in such business problems as inventory control, replacement, and production smoothing and scheduling.

#### 8.4.2 SMOOTHING PROCESSES

A smoothing process is one in which two opposing costs are balanced in order to achieve an optimal least-cost solution. To illustrate: Assume that we are dealing with a system that should operate in a certain specified state. If the system is *not* operating according to the specified state, a known cost  $c_1$  is incurred. This cost is a function of the magnitude of the deviation from the specified state. A second cost  $c_2$  is incurred when we attempt to transform the system into the desired state. A smoothing process balances  $c_1$  against  $c_2$  in such a way that the overall objective of operating the system is optimized. Examples of such processes are employment-level determination in view of a fluctuating demand for manpower (where the cost of idle employees is balanced against costs of hiring and firing) and economic order quantity in inventory problems, where the set-up cost is balanced against holding cost. Many inventory, replacement, and production scheduling problems also fall into this category. Several complicated engineering problems, such as feedback control (see Bellman and Dreyfus [6]), can also be considered as smoothing processes.

In the remainder of this section we will illustrate several typical smoothing processes in business and economics and solve them by dynamic programming.

#### 8.4.3 OPTIMIZING EMPLOYMENT LEVEL

Let us consider a manpower scheduling situation in which

1. Fluctuating manpower requirements per time period are known with certainty.
2. The penalty for being "out of stock" is prohibitive (that is, all demands must be met).
3. No overtime work is permitted (because of a three-shift schedule and limited facilities).

Since we are dealing with human resources, manpower cannot be stored in the sense that physical goods are stored.

##### An Illustrative Example

The ABC chemical plant is being operated around the clock. Manpower requirements for plant maintenance are assumed to be known with certainty. Because of minor and major overhauls in different quarters, yearly manpower requirement varies as shown in Table 8.9. The problem is to find the optimal level for the working force during the year.

Table 8.9

QUARTER	1	2	3	4
MEN REQUIRED ( $r_i$ )	54	60	120	80

At the outset, we can suggest these alternative solutions to this problem:

- Alternative 1.* Keep the employment level *exactly* equal to the demand level, for each quarter. This can be accomplished by hiring (or laying off) as the need occurs. This approach will probably be quite costly, due to excessive recruitment, training, and layoff costs.
- Alternative 2.* For the entire planning period, keep the employment level equal to the highest demand level. This means that our crew size will remain constant and although we avoid high costs associated with layoffs, we incur the costs of idle crew.
- Alternative 3.* Vary the crew size, but not necessarily in each quarter. The objective of this policy is to find the optimum employment level to balance the opposing costs of idle crew on the one hand and costs of hiring and layoff on the other.

Dynamic programming is used to determine such an optimum employment policy.

Let us adopt the following notations and/or assumptions:

1. Cost per idle employee per quarter = \$2500.
2.  $x_i$  = level of employees in the  $i$ th stage.
3.  $c_i$  = total costs associated with changeover from the  $i$ th to the next stage.

4.  $d_i$  = number of employees hired or laid off in the  $i$ th stage. This number is given by the relation

$$d_i = |x_i - x_{i+1}| \quad (8.33)$$

5. Part-time employees are available. This means that crew sizes involving fractional answers are permissible.

6.  $s$  = policy employment level in a given quarter.

7.  $r_i$  = manpower required for a given quarter  $i$ .

Our objective is to find the maintenance crew size for each period that will minimize total costs for the planning period.

### Solution

At any given stage (quarter), the decision about the optimal employment level will be based on the manpower requirement in that quarter and on the level of employment in the previous quarter. In each quarter we have an upper limit to employment, which is given by the highest demand level during the entire planning horizon (120 in our case). The state variable of the system in our case is the policy employment level  $s$  (the only unknown variable).

In order to solve this problem by dynamic programming we shall assume that our process continues for several years with a constant yearly demand, and with the same quarterly fluctuations as shown in Table 8.9. For computational purposes, we shall use a planning horizon of seven quarters<sup>15</sup> (see Table 8.10).

Table 8.10

STAGE	3	2	1	4	3	2	1
QUARTER	1	2	3	4	5	6	7
MEN REQUIRED ( $r_i$ )	54	60	120	80	54	60	120

We start our analysis with quarter 7 and proceed *backward*. Since the data from quarter 7 to quarter 4 forms a complete cycle (one year), we can conclude our analysis when we have analyzed the fourth quarter. The problem will then have been solved and the answer obtained will be valid for any number of years, so long as none of the conditions are changed. Let

$x_1$  = the employment level at quarter 7, (as well as at quarter 3)

$x_2$  = the employment level at quarters 6 and 2

$x_3$  = the employment level at quarters 5 and 1

$x_4$  = the employment level at quarter 4

$\hat{x}_i$  = the optimal employment level at stage  $i$

<sup>15</sup> The last quarter should be the one with the *highest* demand. This simplifies computations considerably. Also note that we have used a slightly different notation in this illustration. In the earlier examples, the last stage was given the highest numerical value. Here, the latest stage is being denoted as stage 1. Of course, the method and the sequence of analysis does not change. Here, as in previous examples, we start with the "last" stage and work backward.

The total cost at each stage is composed of two parts:

1. Idle crew, whose size is given by the difference of employment level and the manpower requirement—that is,  $(x_i - r_i)$ —and whose cost is given by

$$2500(x_i - r_i) \quad (8.34)$$

2. Changeover cost, which is given by

$$c_i = 250(x_i - x_{i+1})^2 \quad (8.35)$$

Once the employment level for a given quarter is decided, this level,  $s$ , is the *state* entering the next quarter which is the previous stage.

Our functional equation in this case is, as usual, based on the principle of optimality and is given by

$$f_n(s) = \min_{x_n \geq r_n} \{250(x_n - s)^2 + 2500(x_n - r_n) + f_{n-1}(x_n)\} \quad (8.36)$$

### Stage 1

For quarters 7 and 3, obviously,  $\hat{x}_1 = r_7 = 120$ . Thus

$$f_1(s) = 250(120 - s)^2 + 2500(120 - 120) = 250(120 - s)^2 \quad (8.37)$$

In other words, the only cost here is the changeover cost, which depends on  $s$ , our policy decision on employment level in quarter 6 (the next stage).

### Stage 2

Similarly, for quarter 6 we have:

$$\begin{aligned} f_2(s) &= \min_{x_2 \geq 60} g_2(s, x_2) = \min_{x_2 \geq 60} \{250(x_2 - s)^2 + 2500(x_2 - r_6) + f_1(x_2)\} \\ &= \min_{x_2 \geq 60} \{250(x_2 - s)^2 + 2500(x_2 - 60) + 250(120 - x_2)^2\} \end{aligned} \quad (8.38)$$

We shall attempt to find the minimum of this function, for any fixed value of  $s$ , by the classical calculus method.

1. Take the first partial derivative of  $g_2(s, x_2)$  and equate it to zero:

$$\frac{\partial g_2(s, x_2)}{\partial x_2} = 500(x_2 - s) + 2500 - 500(120 - x_2) = 0 \quad (8.39)$$

Solving (8.39) for  $x_2$ , we obtain the optimal value:

$$\hat{x}_2 = \frac{57,500 + 500s}{1000} = 57.5 + 0.5s \quad (8.40)$$

2. Check the identity of point  $\hat{x}_2$ . The second partial derivative of  $g_2(s, x_2)$  yields

$$\frac{\partial^2 g_2(s, x_2)}{\partial x_2^2} = 1000 \quad (8.41)$$

Since the second derivative is positive, we have a global minimum at  $\hat{x}_2$ .

3. We now check values of  $s$  in order to satisfy the constraint  $x_2 \geq 60$ . We know from Equation (8.40) that  $\hat{x}_2 = 57.5 + 0.5s$  is a global minimum. Even if  $s \leq 5$ ,  $x_2$  must be 60 because of the stated constraint. For  $\hat{x}_2$  to be greater than 60,  $s$  must be greater than 5.

It is not necessary to consider  $s \leq 5$  because it is constrained from below by 54. Thus we wish to examine only  $s > 5$ , for which  $\hat{x}_2 = 57.5 + 0.5s$ .

Please note that  $s$  is limited from above by 120. We now introduce all this information into  $f_2(s)$  and obtain the following:

$$f_2(s) = 250(57.5 + 0.5s - s)^2 + 2500(57.5 + 0.5s - 60) + 250(120 - 57.5 - 0.5s)^2$$

Again, in this last expression, the optimal policy is a function of  $s$ ; therefore the value for  $s$  must come from the next stage.

**Stages 3 and 4**

We continue in a similar way and express the optimal policy at stage 3 as a function of  $s$ . The procedure is repeated in stage 4, where the optimal policy is achieved when  $s = 120$ . When this value of  $s = 120$  is introduced in the earlier stages, we can calculate  $f_3(s)$ ,  $f_2(s)$ , and  $f_1(s)$ . The reader can verify that this will yield the following optimal values:

$$\begin{aligned} x_1 &= 120 & x_3 &= 115 \\ x_2 &= 117.5 & x_4 &= 112.5 \end{aligned}$$

Note that this solution indicates excessive idle time. This is because of the large changeover cost.

**8.4.4 EQUIPMENT REPLACEMENT POLICY**

Of the smoothing-process types of problems, the replacement and maintenance problems are of special interest because they are almost unsolvable by other analytical techniques. Here, we shall illustrate the dynamic-programming approach to a simple replacement problem.

There are several circumstances in which individuals as well as firms must make periodic replacement decisions. The replacement of the family automobile is perhaps the best illustration of this type of an individual or family decision process in our society. Many replacement and maintenance problems are multistage problems involving periodic preventive maintenance and/or replacement decisions. In addition, maintenance and/or repair scheduling can involve many variables in complex functional relations.

**An Illustrative Example (Single Machine Replacement Problem)**

Let us assume that each year a new model of a certain machine is available for use on the first day of January. The manager of a manufacturing department using the type of machine faces the problem of replacing the old machine by a new model in order to maximize the net return. Let us

assume that sufficient data on costs and revenues are available to enable our manager to set up a planning horizon that covers four years.

The replacement cost is a function of the age of the machine to be replaced and the year in which the "new" machine is produced. As shown in Table 8.11, if a 1969 machine is replaced in 1971, the replacement cost is \$10,000. The replacement of the 1969 machine by a 1972 model will cost \$15,000. A complete schedule of replacement costs, covering the four years, 1969 through 1972, is given in Table 8.11.

**Table 8.11 Replacement Cost,  $R_{ij}$**

		YEAR OF OLD MACHINE			
		1969	1970	1971	1972
YEAR OF DECISION (NEW MACHINE)	1969	14.75	14.55	14.77	14.72
	1970	7			
	1971	10	9		
	1972	15	11	10	
		18	13	12	14

Let us adopt the following notation:

- $R_{ij}$  = cost of replacing old machine of year  $j$  by new machine in year  $i$ , in thousands of dollars
- $i$  = year of decision (new machine)
- $j$  = year of old machine
- $I_{ij}$  = revenues generated in the  $i$ th year when the machine model is of the  $j$ th year;  $i \geq j$
- $M_{ij}$  = machine operations and maintenance costs for the  $i$ th year when the machine model is of the  $j$ th year;  $i \geq j$

Assuming that both  $I_{ij}$  and  $M_{ij}$  for the planning period are known, our manager can calculate the expected net returns  $(I_{ij} - M_{ij})$ . Table 8.12 contains the net returns data,  $P_{ij} = (I_{ij} - M_{ij})$ .

**Table 8.12 Net Return,  $P_{ij}$**

		YEAR OF OLD MACHINE			
		1969	1970	1971	1972
YEAR OF DECISION (NEW MACHINE)	1969	19			
	1970	15	22		
	1971	12	18	23	
	1972	10	13	18	26

Handwritten notes:  $P_{11} = 115$ ,  $P_{22} = 115$ ,  $P_{33} = 115$ ,  $P_{44} = 115$ ,  $P_{12} = 62.5$



**Solution**

The problem can be solved either by an enumeration approach or by the application of dynamic programming. If the problem size is small, the enumeration approach is quite practical. For large-size problems, however, the dynamic-programming technique is preferable.

**Enumeration of All Possible Alternatives**

We start with the knowledge that the old machine had been replaced on January 1, 1969, with the 1969 model. Then, our manager has only eight available alternatives<sup>16</sup> for the planning horizon. Let  $R$  = replace the machine,  $K$  = keep the machine.

The eight alternatives are listed in Table 8.13.

It is easy to enumerate and arrive at the payoffs given in Table 8.13. Obviously, alternative 2, with the highest payoffs, is the best strategy for our manager; that is, replace in 1970 and in 1972, and keep the 1970 model during 1971.

Table 8.13

ALTERNATIVE NUMBER	REPLACEMENT POLICY			PAYOFF, DOLLARS
	1970	1971	1972	
1	R	R	R	64,000 ✓
2	R	K	R	67,000
3	R	K	K	64,000
4	R	R	K	63,000 ✓
5	K	K	K	56,000
6	K	K	R	57,000
7	K	R	K	62,000
8	K	R	R	63,000

*Handwritten notes:*  
 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.  
 ✓  
 ✓

**The Dynamic-Programming Approach**

Let  $f_i(j)$  = Maximum total net payoff from beginning of year  $i$  to the end of the horizon, when the equipment on hand was purchased during the year  $j$  ( $j < i$ ).

Then, at each decision year  $i$ , with equipment purchased during  $j$ , the two choices are:

Keep:  $P_{ij} + f_{i+1}(j)$  (8.42)

Replace:  $P_{ii} - R_{ij} + f_{i+1}(i)$  (8.43)

<sup>16</sup> Two alternatives each at the beginning of 1970, 1971, and 1972. Hence the total available alternatives are  $2 \times 2 \times 2 = 8$ .

Therefore, the recurrence relation becomes:

$$f_i(j) = \max \left\{ \begin{matrix} P_{ij} + f_{i+1}(j) \\ P_{ii} - R_{ij} + f_{i+1}(i) \end{matrix} \right\}, \quad i=1,2,3,4 \quad (8.44)$$

Since the fourth year is assumed to be the end of the planning horizon, we set

$$f_5(j) = 0 \quad (8.45)$$

This initial condition allows a backward induction using the recurrence relation.

**Stage 4 (1972)**

The recurrence relation at this stage is

$$f_4(j) = \max \left\{ \begin{matrix} P_{4j} \\ P_{44} - R_{4j} \end{matrix} \right\}, \quad j=1,2,3 \quad (8.46)$$

From Tables 8.11 and 8.12 we obtain:

$$f_4(1) = \max \left\{ \begin{matrix} 10 \\ 26 - 15 \end{matrix} \right\} = 11$$

$$f_4(2) = \max \left\{ \begin{matrix} 12 \\ 26 - 11 \end{matrix} \right\} = 15$$

$$f_4(3) = \max \left\{ \begin{matrix} 15 \\ 26 - 10 \end{matrix} \right\} = 16$$

**Stage 3 (1971)**

The recurrence relation now becomes

$$f_3(j) = \max \left\{ \begin{matrix} P_{3j} + f_4(j) \\ P_{33} - R_{3j} + f_4(3) \end{matrix} \right\}, \quad j=1,2 \quad (8.47)$$

Substituting again from Tables 8.11 and 8.12,

$$f_3(1) = \max \left\{ \begin{matrix} 12 + 11 \\ 23 - 10 + 16 \end{matrix} \right\} = 29$$

$$f_3(2) = \max \left\{ \begin{matrix} 18 + 15 \\ 23 - 9 + 15 \end{matrix} \right\} = 33$$

**Stage 2 (1970)**

$$f_2(j) = \max \left\{ \begin{matrix} P_{2j} + f_3(j) \\ P_{22} - R_{2j} + f_3(2) \end{matrix} \right\}, \quad j=1 \quad (8.48)$$

Hence

$$f_2(1) = \max \left\{ \begin{matrix} 15 + 29 \\ 22 - 7 + 33 \end{matrix} \right\} = 48$$

Stage 1 (1969)

Here there is no decision since a new equipment is purchased. Hence

$$f_1(j) = P_{11} + f_2(1) = 19 + 48 = 67.$$

From stage 2 we see that the equipment should be replaced in 1970. Stage 3 is thus entered with equipment purchased at  $j=2$ . From  $f_3(2)$  we observe that during 1971 it should be kept. Stage 4 is entered with  $j=2$  also, and from  $f_4(2)$  it can be seen that it should be replaced during 1972. The total payoff is  $f_1(j) = 67$ .

8.4.5 THE WAREHOUSE PROBLEM

a. Introduction

The warehouse problem involves the purchasing of a single commodity at specified periods or stages, storing for some time period, and then selling to the customers. In this sense the warehouse problem can be viewed as an inventory control problem; it is also an extension of the transportation problem.

The warehouse problem is a classical example of linear dynamic programming. The decision maker must make periodic decisions. Each specific decision depends on the "state of the system" as determined by the preceding decisions. Several complex production scheduling, inventory, and allocation problems can be formulated in terms of the warehouse problem. In its simplest form, the warehouse problem can be solved by linear programming [Dantzig [10], p. 55].

Some characteristics and assumptions of the warehouse model can be noted.

An upper limit exists to the buy, store, and sell transactions involved in a typical warehouse problem. Some of the factors determining the upper limits are available capital, available supply, available storage capacity, and size of demand. We assume that both costs and prices are constant during the planning horizon. We assume, further, that the demand is known with certainty.

Our problem is to maximize profits by determining the optimum level to buy (or produce), store, and sell in each period of the planning horizon.

b. An Illustrative Example

Let us assume that a young man has decided to enter the nonferrous-metal rokerage business. He starts by renting for five months a small warehouse with a storage capacity of 150 tons. Assume, further, that the cost and price schedule is available to our entrepreneur, as given in Table 8.14. Other known facts and assumptions are as follows:

- ✓ 1. Handling, storage, and all other costs are negligible and can be assumed to be included in the cost and price schedule of Table 8.14.
2. A monthly purchase order is placed on the last day of each month (at the current price).
3. The monthly shipment is received on the first day of the following month (that is, a lead time of one day).
4. Sales are made from the second day of each month through the last day of that month.
- 5. The warehouse contains 50 tons at the beginning of the first month.
6. The warehouse must be empty at the end of the planning period (fifth month).

Our problem is to determine a buying, storage, and selling strategy in order to maximize profits.

Table 8.14 Cost-price schedule for the planning horizon

MONTH, $i$		COST PER TON, $c_i$	PRICE PER TON, $p_i$
5	1	\$850	\$800
4	2	800	900
3	3	750	750
2	4	650	700
1	5	750	800

Solution

Our small-size problem can be solved by three different approaches: (1) by enumeration, (2) by linear programming, and (3) by dynamic programming. The last two are the only practical approaches for solving large-size problems.

c. The Warehouse Problem—A Linear Programming Formulation

Let

- $k$  = warehouse capacity ( $k = 150$ ) in tons
- $x_i$  = number of tons ordered on the last day of month  $i$
- $y_i$  = number of tons sold during month  $i$
- $s_i$  = stock, in tons, on the first day of month  $i$ , after arrival of shipment
- $c_i$  = ordering (or buying) price in month  $i$
- $p_i$  = selling price during month  $i$
- $z_i$  = unused storage capacity (slack) in month  $i$
- $a_i$  = artificial variable in month  $i$
- $w_i$  = stock carried over to next month

We can now make the following observations:

1. Our objective is to maximize total profit, where total profit = total revenues - total costs; that is,

$$\text{Total profit} = \sum_{i=1}^5 p_i y_i - \sum_{i=1}^5 c_i x_i \tag{8.49}$$

2. We cannot store more goods than permitted by the capacity of our warehouse. This means that

$$s_i \leq k \quad (8.50)$$

or

$$s_i + z_i = k \quad (8.51)$$

As noted previously, the slack variable  $z_i$  represents the unused storage capacity in month  $i$ . Also,  $k = 150$  tons.

3. The stock (in tons) on the first day of each month equals the stock on the first day of the previous month less sales during the previous month, plus stock ordered during the previous month. This means that

$$s_{i+1} = s_i - y_i + x_i \quad (8.52)$$

or

$$s_{i+1} - s_i + y_i - x_i = 0$$

or

$$s_{i+1} - s_i + y_i - x_i + a_i = 0$$

or

$$s_{i+1} + y_i - x_i + a_i = s_i \quad (8.53)$$

Note that  $s_1 = 50$ .

4. Since we cannot order more than the level required to fill the warehouse completely during month  $i$ , we have the requirement that

$$x_i \leq k - (s_i - y_i) \quad (8.54)$$

5. Since we cannot sell more than the stock on hand, we have the requirement that

$$y_i \leq s_i \quad (8.55)$$

or

$$y_i + w_i = s_i$$

From these observations we can state our problem in linear-programming terms as

$$\max \left( \sum_{i=1}^5 p_i y_i - \sum_{i=1}^5 c_i x_i \right) \quad (8.56)$$

17

$$\begin{aligned} s_i + z_i &= k \\ s_{i+1} + y_i - x_i + a_i &= s_i \\ y_i - s_i + w_i &= 0 \end{aligned}$$

and all variables  $\geq 0$ .

At this stage it appears that we have an objective function and three structural constraints. However, note that since our planning horizon covers five periods ( $i=5$ ), there are actually 15 structural constraints in this problem. The limitation imposed at the end of the horizon (no inventory left) reduces the problem somewhat, by reducing the number of variables. That is,  $z_5 = 0$ ,  $y_5 = s_5$ ,  $a_5 = 0$ , and  $w_5 = 0$ . We now have sufficient information to derive a basic feasible solution and solve the problem by the simplex method.

<sup>17</sup> Note that we have only three active (nonredundant) constraints per period.

#### d. The Warehouse Problem—Solution by Dynamic Programming

Conceptually, we are dealing here with a five-stage problem, as shown in Figure 8.8. We will now proceed, stage by stage, *backward* from stage 5 to stage 1.

##### Stage $n = 5$ (the First Stage to Be Considered)

On the first day of the last month we receive the quantity  $x_4$  ordered on the last day of the preceding (fourth) month. Our stock on hand at the beginning of stage 5 (first stage to be considered) is  $s_5$ . We have to make two decisions during the last month: (1) how much to sell during the month ( $y_5$ ), and (2) how much to order on the last day ( $x_5$ ).

Stages	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$
Months	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$

FIGURE 8.8

Because of our requirement that the venture end at the conclusion of the fifth period,  $x_5$  must equal zero. While deciding on the level of  $y_5$ , we must obey the constraint:

$$y_5 \leq s_5$$

The problem requires, however, that no stock be on hand at the end of the fifth month. Hence  $y_5$  must equal  $s_5$ ; that is, *sell all stock*.

The maximum profit at this stage is given by

$$f_5(s_5) = \max (p_5 y_5 - c_5 x_5) \quad (8.57)$$

Since  $x_5 = 0$ ,

$$f_5(s_5) = \max p_5 y_5$$

and since  $y_5 = s_5$ , the maximum profit is given by

$$f_5(s_5) = p_5 s_5 = 800s_5 \quad (8.58)$$

##### Stage $n = 4$ (the Second Stage to Be Considered)

On the first day of the fourth month our stock on hand equals  $s_4$ . Again, we have to make two decisions: (1) how much to sell during the fourth month ( $y_4$ ), and (2) how much to buy on the last day of that month ( $x_4$ ). Using the principle of optimality we get

$$f_4(s_4) = \max \{ p_4 y_4 - c_4 x_4 + \underbrace{f_5(s_5)}_{\text{optimal returns during the 4th month}} \} \quad (8.59)$$

Obviously,

$$s_5 = s_4 + x_4 - y_4 \tag{8.60}$$

Also,<sup>18</sup>

$$f_5(s_5) = p_5 s_5 \tag{8.61}$$

If we substitute (8.60) in (8.61), then

$$f_5(s_4 + x_4 - y_4) = p_5(s_4 + x_4 - y_4) \tag{8.62}$$

If we substitute (8.62) in (8.59), and rearrange terms, we obtain

$$f_4(s_4) = \max \{x_4(p_5 - c_4) + y_4(p_4 - p_5) + p_5 s_4\} \tag{8.63}$$

In addition, we have the following upper limits (constraints):

$$y_4 \leq s_4 \quad (\text{for sales}) \tag{8.64}$$

$$x_4 \leq k - (s_4 - y_4) \quad (\text{for ordering}) \tag{8.65}$$

In other words, analysis of stage 4 (second stage to be considered) leads us to the following linear-programming subproblem:

$$\max \{x_4(p_5 - c_4) + y_4(p_4 - p_5) + p_5 s_4\} = \max \{150x_4 - 100y_4 + 800s_4\} \tag{8.66}$$

s/t

$$\begin{aligned} y_4 &\leq s_4 \\ x_4 - y_4 &\leq k - s_4 \end{aligned}$$

and  $x_4, y_4 \geq 0$ .

Since the problem involves only two independent variables,  $y_4$  and  $x_4$ , we can easily solve it by the graphical method shown in Figure 8.9. We know that our optimal solution must lie in one of the corner points of the convex polygon  $OABC$ . Let us determine the value of the objective function at each of the corner points. These values are given in Table 8.15.

It is obvious from Table 8.15 that the highest value of the objective function occurs at point  $B$ . Our optimal solution, therefore, is given by

$$f_4(s_4) = \{700s_4 + 150k\} \tag{8.67}$$

Table 8.15

CORNER POINT	COORDINATES $(x_4, y_4)$	$f_4(s_4)$
$O$	$(0, 0)$	$800s_4$
$A$	$(0, s_4)$	$700s_4$
$B$	$(k, s_4)$	$700s_4 + 150k$
$C$	$(k - s_4, 0)$	$650s_4 + 150k$

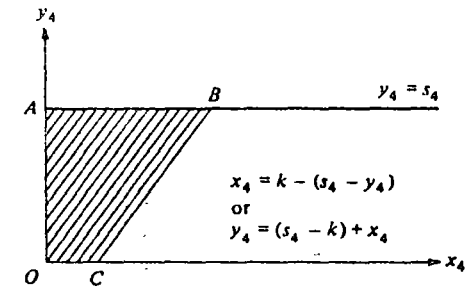


FIGURE 8.9

The optimal solution at point  $B$  corresponds to:

$$x_4 = k \quad \text{and} \quad y_4 = s_4$$

The fact that  $x_4 = k$  means that we should order to full capacity, and then sell the entire stock during the fifth month. As Table 8.16 shows, this is a logical policy, since we pay only \$650/ton in the fourth month and we can sell at \$800/ton during the fifth month.

Table 8.16

MONTH	SELL	BUY	$s_t$	PROFIT, DOLLARS	
5	1	0	100	50	—
4	2	150	0	150	7,500
3	3	0	0	0	—
2	4	0	150	0	—
1	5	150	0	150	22,500
TOTAL					30,000

The fact that  $y_4 = s_4$  means that whatever stock we have at the beginning of the fourth month should be sold during the fourth month. The value of  $s_4$ , however, is not known at this stage of our analysis.

A similar analysis for stages 3, 2, and 1 can be made in order to determine optimal policies. The results are given in Table 8.16.

Before giving the functional relation for this problem, let us go back for a moment and examine Equations (8.61) and (8.62). Note that the optimal policy for the fifth month  $f_5(s_5)$ , is a function of  $s_4, x_4$ , and  $y_4$ . Also, as shown by (8.63) and (8.66),  $x_4$  and  $y_4$  can eventually be expressed as functions of  $k$  and  $s_4$ . As we proceed backward, stage by stage, we will find that the optimal policy for any stage can eventually be expressed as a function of  $k$  (the warehouse capacity) and  $s_1$  (the starting inventory).

<sup>18</sup> As determined in the optimal solution of stage 5 (the first stage considered).

The functional equation for this problem is given by

$$f_n(s_n) = \max \{ p_{n-1}y_{n-1} - c_{n-1}x_{n-1} + f_n(s_n) \} \quad (8.68)$$

Also note that

$$s_n = s_{n-1} + x_{n-1} - y_{n-1} \quad (8.69)$$

This is subject to two constraints:

$$y_n \leq s_n \quad (8.70)$$

which means we cannot sell more than our stock at a given stage, and

$$x_n \leq k - s_n + y_n \quad (8.71)$$

which means we cannot order more than our capacity to store at a given stage.

*Note:* Dynamic programming can solve linear-programming problems as shown here and in the allocation examples. Generally, the simplex method is much more efficient than dynamic programming. However, in certain linear programs that are dynamic in nature, such as the warehouse problem, dynamic programming may be used efficiently. Large problems are difficult to solve with most linear-programming codes. Dynamic programming in such cases is superior to linear programming.

#### 8.4.6 AN INVESTMENT PROBLEM (BUYING CALL OPTIONS IN THE STOCK MARKET)

Several investment decisions can be multistage or multiperiod decisions. The outcome of each decision affects the decision conditions for subsequent stages.

For example, let us consider the following simplified problem:

1. An investor has the sum of \$5000 at the present time ( $t = t_0$ ).
2. He wishes to buy six-month call options for a certain stock at \$1000 each.
3. It is assumed that there is a 60 percent chance of making a net profit of \$1000 for each six-month option. In such a case, the options will certainly be exercised.
4. It is assumed that there is a 40 percent chance of not exercising the options—that is, a net loss of \$1000 for each six-month option.

The objective of the investor is to determine an investment policy that will maximize the chances of making a net profit of \$3000 during the next 18 months. Considering each six-month period to be one stage, the investor's objective is to have a total of \$8000 at the end of the third stage.

#### Analysis

A possible investment alternative is to buy five options at time  $t_0$  and hope for a "state" after six months that would result in a total of \$10,000. This alternative has the obvious danger that, if the stock price declines, our investor would lose all his capital at the end of the very first stage. In view of the stated objective, it is reasonable to suggest that the optimal investment policy would call for the purchase of less than five options (say two or three) at time  $t_0$ . Then, based on the outcome of the first stage, additional options would be purchased at the beginning of the second stage, and so on. In other words, the decision at the end of each stage would depend on the "state" of our investor's capital at that stage. This is a typical dynamic-programming problem.

#### Solution

As previously, we shall solve the problem by proceeding from the last stage to the first stage. Let us adopt the following notation:

- $k$  = number, in thousands of dollars, under the control of the investor, at the beginning of each stage
- $x_3$ ,  $x_2$ , and  $x_1$  = optimal number of options to be purchased, respectively, at the beginning of the third, second, and first stages
- $f_3(k)$ ,  $f_2(k)$ , and  $f_1(k)$  = highest possible probabilities of achieving the goal for a given  $k$  at the beginning of third, second, and first stages

We now proceed to investigate, for all possible levels of  $k$ , the respective optimal probabilities at the beginning of each stage.

#### Decision Conditions at the Beginning of Last (or Third) Stage

The time is one year after  $t_0$ , since each stage equals six months. Should the investor end the second stage with \$8000 ( $k=8$ ), he would have achieved his objective. In such a case the best policy for him would be *not* to buy any additional options (that is,  $x_3=0$ ). If he ends the second stage with, say, \$10,000 ( $k=10$ ), he can, if he wishes, purchase one or two additional options ( $x_3=1$  or  $x_3=2$ ). Similarly, if he has \$7000 ( $k=7$ ), he must invest at least \$1000 ( $x_3=1$ ) in order to have a 60 percent chance of achieving his goal (success), since with  $k=7$  if he does not invest, his chance of achieving his goal of \$8000 is zero.

In other words, for each level of  $k$  at the beginning of the third stage, we have an optimal  $x_3$  and the probability of achieving the goal. These values are entered in Table 8.17.

In order to find the best policy  $f_3(k)$ , we select in each row of Table 8.17 the highest probability of success and the corresponding value(s) of  $x_3$ . For example, if  $k=4$  then the best policy is to buy four options, a course of action having a 60 percent chance of success.

Table 8.17

$k$	PROBABILITY OF SUCCESS WHEN, FOR A GIVEN $k$ , $x_3$ EQUALS					$f_3(k)$	OPTIMAL $x_3$
	0	1	2	3	4		
0	0					0	
1	0					0	
2	0					0	
3	0					0	
4					0.6	0.6	4
5				0.6	0.6	0.6	3, 4
6			0.6	0.6	0.6	0.6	2, 3, 4
7	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1, 2, 3, 4
8	1					1	0
9	1	1				1	0, 1
10	1	1	1			1	0, 1, 2

Decision Conditions at the Beginning of Second Stage

Table 8.17 contains the necessary information for choosing an optimal policy at the beginning of the third stage. The investor must now decide on an optimal  $x_2$  with the objective of having at least \$8000 at the end of the third stage and knowing  $f_3(k)$  values from Table 8.17. The calculations are based on the following formula:

$$f_2(k) = \max_{x_2 \leq k} \{0.6f_3(k+x_2) + 0.4f_3(k-x_2)\} \quad (8.72)$$

For example, if  $k=2$  at the beginning of the second period, we must purchase two options ( $x_2=2$ ) in order to have a shot at  $k=4$  (remember, probability of success equals 0.6) at the beginning of the third period. Also, as the values in Table 8.18 indicate, if  $k$  indeed equals 4 at the beginning of the third stage, the investor has a probability of 0.6 of having  $k=8$  at the end of the third stage.

Now we construct joint probabilities. Thus, if  $k=2$  at the beginning of the second stage, the probability of having  $k=8$  at the end of the third stage is 0.36 ( $0.6 \times 0.6 = 0.36$ ). This value is entered in Table 8.18. We apply Equation (8.72) and enter the results into Table 8.18.

Decision Conditions at the Beginning of the First Stage

At this stage ( $t=t_0$ ),  $k$  takes on only one value, namely 5. The investor must now decide on the value of  $x_1$ , knowing  $f_3(k)$  and  $f_2(k)$  from Tables 8.17 and 8.18.

The calculations are based on the functional equation:

$$f_1(k) = \max_{x_1 \leq k} \{0.6f_2(k+x_1) + 0.4f_2(k-x_1)\} \quad (8.73)$$

Table 8.18

$k$	PROBABILITY OF SUCCESS WHEN, FOR A GIVEN $k$ , $x_2$ EQUALS							$f_2(k)$	OPTIMAL $x_2$
	0	1	2	3	4	5	6		
0	0							0	
1	0	0						0	
2	0	0	0.36					0.36	2
3	0	0.36	0.36	0.36				0.36	1, 2, or 3
4	0.6	0.36	0.36	0.36	0.6			0.6	0 or 4
5	0.6	0.6	0.36	0.6	0.6	0.6		0.6	0, 1, 3, 4, or 5
6	0.6	0.6	0.84	0.6	0.6	0.6	0.6	0.84	2
7	0.6	0.84	0.84	0.84	0.6	0.6	0.6	0.84	1, 2, or 3
8	1							1	0

Since  $k=5$ , this relation becomes

$$f_1(5) = \max_{x_1 \leq k} \{0.6f_2(5+x_1) + 0.4f_2(5-x_1)\} \quad (8.74)$$

The computation is done by simple enumeration, and results are given in Table 8.19, an examination of which indicates that there are two equally good investment policies. These policies say that if we buy one or three options at the beginning of the first stage, we have a probability of 0.74 of achieving our goal of  $k=8$  at the end of the third stage.

Table 8.19

$k$	PROBABILITY OF SUCCESS WHEN $x_1$ EQUALS					$f_1(k)$	OPTIMAL $x_1$	
	0	1	2	3	4			5
5	0.6	0.74	0.65	0.74	0.6	0.6	0.74	1 or 3

A schematic presentation of the two best policies at all stages is given in Figure 8.10.

The functional equation describing this problem is

$$f_{n-1}(k) = \max_{x_{n-1} \leq k} \{0.6f_n(k+x_{n-1}) + 0.4f_n(k-x_{n-1})\} \quad (8.75)$$

8.4.7 OTHER SMOOTHING PROBLEMS

Many business, engineering, and economics problems can be presented as one-dimensional smoothing problems. For example, consider a typical production scheduling problem involving known fluctuating demands and known

pg 409

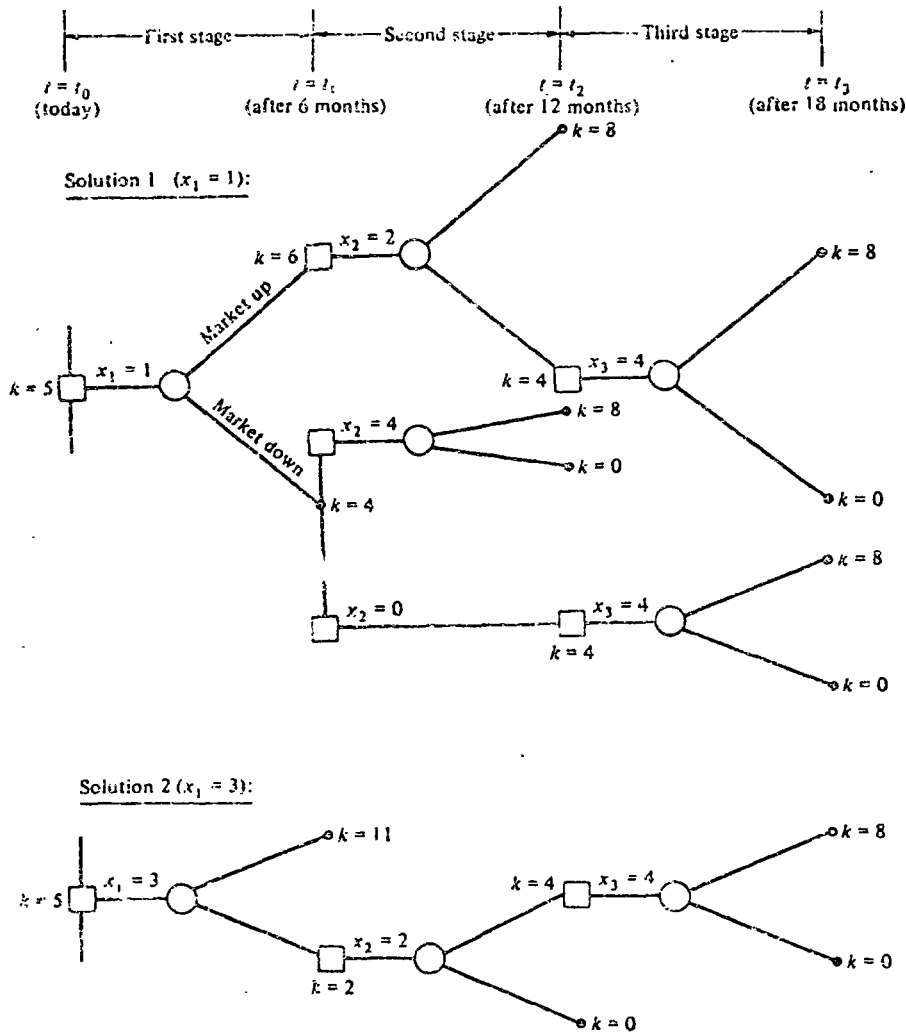


FIGURE 8.10

costs. Let us assume that the penalty for being out of stock is infinite. The objective is to satisfy all demand at minimum costs subject to the restrictions of available production resources (such as material and labor).

At the outset we can think of three approaches to finding a solution. First, regardless of the cost of hiring, training, layoff, and so on, we faithfully follow the demand curve by providing the required resources. This approach usually is not a minimum-cost approach. Second, we can schedule a constant work force for the entire planning horizon, accumulating finished-goods inventories during low-demand periods, and using excess inventory to supply

the requirements of high-demand periods. Third, we can divide the planning horizon into several periods, and schedule a constant work force for each of these periods so that the excess inventories of periods of low demand can be used in periods of high demand.

In such a problem the structural constraints are usually linear and the objective function may be one of the following:

1. A linear cost function.
2. A convex cost function.
3. A nonconvex cost function.

When the cost function is linear, we can solve the problem by linear programming. Convex programming can be employed to solve problems with convex objective functions. In the case of a nonconvex cost function, however, dynamic programming is the only available analytical tool.

If, in addition to the structural constraints, we impose the requirement that the solution be an integer solution, the problem is very similar to the warehouse problem (Section 8.4.5). The problem is also similar to one of optimizing the employment level (Section 8.4.3). For detailed examples see Vazsonyi [30], pp. 79-87, 194-202, and 238-342.

Another problem is the *caterer problem*, which was solved by linear programming in Chapter 5 as a transportation problem. The problem has been solved as a dynamic programming problem by Bellman and Dreyfus [6].

Several other problems that were solved by other methods can also be solved by dynamic programming, sometimes more efficiently. For example, the classical "n jobs sequencing through two machines" is presented by Bellman and Dreyfus [6] as a dynamic-programming problem.

### 8.4.8 MULTIDIMENSIONAL SMOOTHING AND SCHEDULING PROBLEMS

Many real-life situations can be formulated as multidimensional problems with more than one constraint. For example, in the employment-level problem, we could add another constraint by stating that the level of employment in any given month should not be less than a minimal level. In such cases, the dynamic-programming approach remains basically the same, but the solutions tend to get more complicated. (See Bellman and Dreyfus [6].)

## 8.5 MARKOV PROCESSES IN DYNAMIC PROGRAMMING

### 8.5.1 INTRODUCTION

Of the several attempts to construct a general dynamic programming formulation, the most successful model is the decision model suggested by Howard





DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL ( DEL 7 AL 22 DE ABRIL DE 1978 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. MA. ELENA ACOSTA VELASCO Calle "A" No. 24-9 Col. Educación México 21, D.F. Tel. 544-39-43	S. A. H. O. P. Bruselas No. 9 Col. Coyoacán México 21, D.F. Tel. 524-99-26
2. LIC. GABRIEL ADAN DIAZ Ernesto Meade Fieno No. 44 Frac. Colonial Iztapalapa México 13, D.F. Tel. 582-91-61	S. A. H. O. P.
3. ING. ANTONIO ALVARADO DOMINGUEZ Amado Nervo No. 31 Col. Sta. Ma. La Ribera México 4, D.F. Tel. 541-25-38	DIV. EST. SUP. DE INGENIERIA U.N.A.M. Ciudad Universitaria México 20, D.F. Tel. 550-52-15 Ext. 4497
4. ING. MANUEL ARENAS RAMIREZ Guanajuato No. 183-603 Col. Roma México 7, D.F. Tel.	PETROLEOS MEXICANOS Marina Nacional No. 329 Col. Anáhuac México, D.F. Tel. 545-74-60
5. ING. FRANCISCO CABRERA CAVAZOS Gigantes No. 51 Col. Arboledas Atizapán, Edo. de México Tel. 379-15-87	I N F O N A V I T Barranca del Muerto No. 280 Col. Guadalupe In México, D.F. Tel. 534-31-99
6. ARQ. JESUS RAMON DAVILA DEL VALLE Av. Mazatlán No. 188-2 Col. Condesa México 11, D.F. Tel. 516-88-43	S. A. H. O. P. Rubén Darío No. 13-5o. Piso Col. Rincón del Bosque México 5, D.F. Tel. 250-06-57
7. ALBERTO FROST RESTORI 11 de Abril No. 186-A Col. Sn. Pedro de los Pinos México 18, D.F. Tel. 516-42-16	COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO Tepic No. 40-1er. Piso Col. Roma México 7, D.F. Tel. 574-17-50

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL ( DEL 7 AL 22 DE ABRIL DE 1978 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. ENRIQUE ALBERTO GARAY MOTA U. Loma Hermosa Edif. 50-A-301 Col. Irrigación México 10, D.F. Tel. 557-51-70	S.A.H.O.P. Niño Perdido No. 580-201 México, D.F. Tel. 579-06-40
9. MARTIN HERNANDEZ BENITEZ Pirules No. 10 Izcalli del Bosque Naucalpan, Edo. de México Tel. 575-20-92 373-30-44	I P E S A, CONSULTORES San. Lorenzo No. 153-50. Piso Col. Del Valle México 12, D.F. Tel. 575-40-77 Ext. 45
10. LIC. ARTURO JUAREZ REYES	S.A.H.O.P.
11. ARQ. MANUEL LAMA GUAGNELLI Cholula No. 107 Col. Hipódromo México 11, D.F. Tel. 515-57-28	UNIVERSIDAD NACIONAL Ciudad Universitaria México 20, D.F.
12. ING. HUMBERTO LUNA NUÑEZ Ailes No. 46 Jardines de Sn. Mateo Edo. de México Tel. 560-79-37	COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO Tepic No. 40-1er. Piso Col. Roma Tel. 584-73-18
13. ARQ. JAVIER MADRAZO PINTADO Privada de Lava No. 20 Col. Jardines Pedregal México 20, D.F. Tel. 568-51-91	PLAR, S.A. Privada de Lava No. 20 Col. Jardines Pedregal México 20, D.F. Tel.
14. ARQ. ANTONIO ANDRES NIEMBRO Canal de Miramontes No. 1644-2 Col. Campestre Ch. México 21, D.F. Tel.	PLAR, ARQUITECTOS S.C. Privada de Lava No. 20 Col. Pedregal Sn. Angel México 20, D.F. Tel. 568-69-22

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL ( DEL 7 AL 22 DE ABRIL DE 1978 )

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

- |     |   |  |
|-----|---|--|
| 15. | ING. HECTOR H. NORIEGA ROMERO<br>Augusto Rodin No. 169-112<br>Col. Nápoles<br>México 19, D.F.<br>Tel. 598-11-11           | CENTRO DE INTEGRACION<br>EDUCATIVA, A.C.<br>Av. Casa de Moneda No. 214<br>Col. 10 de Abril<br>México 10, D.F.<br>Tel. 557-81-26            |
| 16. | ING. GUSTAVO G. ROCHA BELTRAN<br>Muitle No. 166<br>Col. Nva. Sta. María<br>México 16, D.F.<br>Tel. 556-71-98              | PETROLEOS MEXICANOS<br>Marina Nacional No. 329<br>Col. Anáhuac<br>México 16, D.F.<br>Tel. 545-74-60  |
| 17. | REBECA ROCHA GARCIA<br>Amores No. 37-18<br>Col. Del Valle<br>México 12, D.F.<br>Tel. 579-06-40                            | S. A. H. O. P.<br>Col. Narvarte<br>México 12, D.F.<br>Tel. 579-06-40   |
| 18. | LIC. LUZ MA. O. TAMAYO PEREZ<br>Juventino Rosas No. 4<br>Col. Exhip. de Peralvillo<br>México 2, D.F.<br>Tel. 583-09-84    | INSTITUTO DE GEOGRAFIA UNAM.<br>Ciudad Universitaria<br>México 20, D.F.<br>Tel. 550-52-15 Ext. 4294  |
| 19. | JULIO ZETTER<br>Retorno 8 No. 12 F.S.T. de Mier<br>Col. Jardín Balbuena<br>México 9, D.F.<br>Tel. 571-13-68               | I N F O N A V I T<br>Barranca del Muerto No. 280<br>México, D.F.<br>Tel. 534-11-20   |
| 20. | ING. RICARDO TAPIA RUIZ<br>Cocoterost No. 10<br>Col. Jardines de Sn. Mateo<br>Naucalpan, Edo. de México<br>Tel. 560-41-48 | I P E S A CONSULTORES<br>San Lorenzo No. 153-6<br>Col. Del Valle<br>México 12, D.F.<br>Tel. 575-40-77                                      |
| 21. | ING. JOSE TELLEZ SILVA<br>Guadalajara No. 520<br>Col. Independencia<br>Toluca, Méx.<br>Tel. 4-10-34                       | JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL EDO<br>DE MEXICO D.G.C.C. S.A.H.O.P.<br>Pino Suárez Nte. No. 100<br>Coi. Centro<br>Toluca, Méx.<br>Tel. 4-62-12 |

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: JUEGOS DE SIMULACION APLICADOS A LA PLANEACION URBANA Y REGIONAL ( DEL 7 AL 22 DE ABRIL DE 1978 )

NOMBRE Y DIRECCION

EMPRESA Y DIRECCION

22. ING. MAURA J. TREVIÑO  
Arteaga No. 1526 Ote.  
Monterrey, N. L.  
Y/O  
Quintana Roo No. 127 Depto 1  
Col. Roma Sur  
México 7, D.F.  
Tel. 564-35-93
- FAC. ARQ. U.A.N.L.  
Cd. Universitaria  
Sn. Nicolas de los Garza  
Monterrey, N. L.  
Tel. 52-28-78
23. FEDERICO GARCIA DE LA HOZ  
Fernández Leal 326  
Coyoacán  
México 21, D. F.  
Tel: 5-54-05-21
24. CARLOS POYNO SANCHEZ  
Pitagoras 617  
  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel: 5-36-04-00
25. JOSE LUIS MARROQUIN CASILLAS  
Avenida IV Manzana 4 No. Of. 19  
Col. Educación  
México 21, D. F.  
Tel: 5-49-97-30
- UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS ESC. DE  
ARQUITECTURA  
Ciudad Universitaria  
Cuernavaca, Morelos