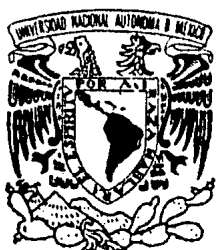


24  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS**

**COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**LA METODOLOGIA DE DINAMICA DE SISTEMAS  
Y SU APLICACION A LA GEOGRAFIA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**LICENCIADO EN GEOGRAFIA**

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

**JOSE MANUEL SALAZAR NAVA**

**ROSA MARIA THOMAS LOMELI**

**MEXICO, D. F.**

**1986**



**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

FE DE ERRATAS.

PAG.	PARRAFO	DICE	DEBE DECIR
10	5	obsevaciones	observaciones
22	3	parámentos	parámetros
25	1	incluye dentro él	incluye dentro de él
32	5	reforzamineto	reforzamiento
35	1	caracterizada	caracteriza
55	1	densida	densidad
59	5	genera través	genera a través
86	2	viviedas	viviendas
A-1		TASA DE MOTALIDAD	TASA DE MORTALIDAD
B-1		TASA DE MOTALIDAD	TASA DE MORTALIDAD
C-1		TASA DE MOTALIDAD	TASA DE MORTALIDAD
D-2		TASA DE MOTALIDAD	TASA DE MORTALIDAD
E-6	2	ímplica	implica
E-6	4	índices.	índices
E-50	3	linear	lineal

## I N D I C E

I.	INTRODUCCION .....	1
II.	ANTECEDENTES .....	4
III.	METODOLOGIA DE DINAMICA DE SISTEMAS .....	9
	3.1 Comprensión de un sistema dinámico .....	9
	3.2 Identificación y definición del problema .....	13
	3.2.1. Explicación del contexto .....	14
	3.2.2. Síntomas del problema .....	15
	3.2.3. Modos de comportamiento de referencia ...	16
	3.3 Conceptualización del sistema .....	20
	3.3.1 Propósito del modelo .....	22
	3.3.2 Definición de la frontera del sistema ....	23
	3.3.3 Tipos de variables que intervienen en el modelado .....	25
	3.3.4 Estructura de retroalimentación .....	26
	3.3.4.1 Diagramas causales .....	28
	3.3.4.2 Representación de las relaciones causales .....	29
	a) Circuitos de retroalimentación positiva .....	32
	b) Circuitos de retroalimentación negativa .....	33
	3.3.5 Formas de comportamiento en las estructuras de retroalimentación .....	35
	3.3.5.1 Sistemas de primer orden de retro- alimentación negativa .....	35
	3.3.5.2 Sistemas de primer orden de retro- alimentación positiva .....	36
IV.	MODELO DE POBLACION-VIVENDA PARA EL DISTRITO FEDERAL .	39
	4.1 Identificación y definición del problema .....	39
	4.1.1 Aspectos demográficos .....	39
	a) Crecimiento natural .....	41
	b) Crecimiento social .....	43
	4.1.2 El problema de la vivienda .....	45

4.1.3 Explicación del contexto .....	49
4.1.4 Síntomas del problema .....	50
4.1.5 Modos de Comportamiento de Referencia ....	51
4.2 Conceptualización del sistema .....	59
4.2.1 Propósito del modelo .....	59
4.2.2 Definición de la frontera del sistema ....	59
4.2.3 Estructura de retroalimentación .....	61
4.3 Formulación del modelo .....	67
4.3.1 Formulación de un modelo en Dinámica de Sistemas .....	67
4.3.1.1 Tipos de variables .....	67
a) Niveles .....	68
b) Flujos .....	69
c) Auxiliares .....	70
4.3.1.2 Símil de un sistema sencillo .....	70
4.3.1.3 Diagramas de tasa-nivel (Forrester)	72
a) Niveles .....	72
b) Canales .....	73
c) Flujos .....	73
d) Fuentes y pozos .....	74
e) Auxiliares .....	74
f) Parametros constantes .....	74
g) Variables en otros diagramas .....	75
h) Demoras .....	75
i) Variables exógenas .....	76
4.3.2 Formulación del modelo de población- vivienda .....	77
V. ANALISIS DE POLITICAS PARA EL MODELO DE POBLACION- VIVIENDA .....	94
5.1 Introducción .....	94
5.2 Análisis de políticas número 1 .....	95
5.3 Análisis de políticas número 2 .....	106
5.4 Análisis de políticas número 3 .....	116
VI. CONCLUSIONES .....	130

ANEXO A. Listado del modelo de población-vivienda y resultados tabulares para el análisis de políticas número 1 .....	A-1
ANEXO B. Listado del modelo de población-vivienda y resultados tabulares para el análisis de políticas número 2 .....	B-1
ANEXO C. Listado del modelo de población-vivienda y resultados tabulares para el análisis de políticas número 3 .....	C-1
ANEXO D. Variables utilizadas en el modelo .....	D-1
ANEXO E. EL LENGUAJE DYNAMO .....	E-1
1. Introducción .....	E-1
2. Las ecuaciones del modelo y su formulación ..	E-2
3. Secuencia computacional .....	E-6
4. Formato de las declaraciones DYNAMO .....	E-9
4.1 Tipos de ecuaciones .....	E-9
4.2 Nombres para las ecuaciones .....	E-10
4.3 Notación del tiempo en las ecuaciones ..	E-10
4.4 Escritura de expresiones algebraicas ..	E-11
4.5 Valores numéricos .....	E-13
4.6 Ecuaciones de nivel .....	E-14
4.7 Inicialización del modelo .....	E-16
4.7.1 Inicializando las ecuaciones ...	E-16
4.7.2 Inicializando la variable "TIME".	E-16
4.8 Ecuaciones de tasa .....	E-17
4.9 Ecuaciones auxiliares .....	E-19
4.10 Ecuaciones suplementarias .....	E-21
4.11 Constantes .....	E-21
4.12 Tablas .....	E-21
4.13 Declaración de funciones .....	E-22
4.14 Documentando el modelo .....	E-22
4.15 Impresión tabular .....	E-24
4.16 Impresión de gráficas .....	E-26
4.17 Especificaciones de la corrida .....	E-33
4.18 La declaración "RUN" .....	E-34

5. Funciones .....	E-36
5.1 Demoras .....	E-36
5.1.1 Demoras materiales .....	E-36
5.1.2 La función DELAY1 .....	E-40
5.1.3 La función DELAY3 .....	E-42
5.1.4 Orden de las demoras materiales ..	E-43
5.2 Funciones matemáticas .....	E-45
- Seno y coseno .....	E-45
- Exponenciación .....	E-45
- Logaritmo natural .....	E-45
- Raíz cuadrada .....	E-45
5.3 Funciones lógicas .....	E-46
- MAX .....	E-46
- MIN .....	E-46
- CLIP .....	E-47
- SWITCH .....	E-47
5.4 Funciones de tabla .....	E-48
5.5 Funciones de prueba .....	E-53
- STEP .....	E-53
- RAMP .....	E-54
- PULSE .....	E-56
- SIN .....	E-56
- NOISE .....	E-59

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE ILUSTRACIONES

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

A través de la historia una serie de descubrimientos e inventos han hecho más fácil la vida del hombre. La rueda, la imprenta, la máquina de vapor y la energía atómica entre muchos otros han contribuido a un mejor nivel de vida para el hombre, sin embargo el último gran invento es la computadora, cada vez más y más procesos son controlados por medio de estas máquinas.

Dentro de la investigación los sistemas de cómputo tienen una gran importancia, su uso permite un considerable ahorro de tiempo al realizar tareas con mayor rapidez y precisión que en la forma tradicional. Las computadoras permiten labores tan variadas como la construcción de mapas, trabajar con grandes cantidades de valores numéricos en una forma cómoda, o servir como laboratorio que permite reproducir fenómenos de la realidad, entre otras muchas aplicaciones.

Dentro de esta última modalidad se sitúa la Metodología de Dinámica de Sistemas, la computadora le sirve como laboratorio donde se encarga de realizar simulaciones de sistemas sociales principalmente. A partir de fenómenos observables en la realidad es posible elaborar ecuaciones muy sencillas que reflejen estos aspectos. Una vez hecho esto es posible simular su comportamiento en el tiempo. El cambio de valores en los diferentes parámetros del modelo permite realizar diversas simulaciones para comparar resultados.

Los aspectos relativos al crecimiento de la población y su necesidad de vivienda son puntos medulares que interesan a la Geografía, por todos los aspectos que se derivan de estas dos variables. Es por ello que dentro del presente trabajo se abordan los mismos, pretendiendo elaborar una modelo elemental que sirva de base para trabajos futuros.



### Objetivos del Proyecto.

1-. Explicar en forma detallada la Metodología de Dinámica de Sistemas y el lenguaje DYNAMO.

2-. Unificar los conceptos que existen sobre la Metodología de Dinámica de Sistemas y el Lenguaje Dynamo.

3-. Identificar las principales variables que intervienen en el problema de Población y Vivienda en el Distrito Federal.

4-. Una vez identificados los elementos que constituyen el problema, elaborar un modelo de simulación que se aproxime a las condiciones actuales.

5-. Realizar diversas simulaciones alterando los valores de las principales variables.

6-. Evaluar el modelo en base a las simulaciones realizadas, tratando de concluir cuales seran las tendencias más importantes de los próximos años.

### Organización de la Tesis.

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente forma:

El capítulo número dos expone algunos antecedentes sobre el uso de métodos cuantitativos y de modelos dentro de la Geografía.

El tercer capítulo explica cual es la filosofía de la Metodología de Dinámica de Sistemas, así como cuales son los pasos para la elaboración de un modelo.

El capítulo cuarto se refiere a la formulación del modelo de población-vivienda, su implementación en diagrama tasa-nivel y las ecuaciones que lo componen.

Dentro del capítulo número cinco se explican los modos de referencia del modelo y se analizan las diferentes políticas implementadas en el modelo de población-vivienda.

En el último capítulo (6) se hacen las conclusiones pertinentes respecto a la metodología empleada y al modelo de población-vivienda.

Se agregan además varios anexos. Los anexos A, B y C se refieren a listados de los modelos en los cuales se efectuaron análisis de políticas, así como los resultados numéricos de los mismos. El anexo D contiene una relación de los nombres de las variables utilizadas en el modelo para una referencia rápida. Por último el anexo E explica detalladamente el funcionamiento del lenguaje DYNAMO.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES

La Geografía en México es una de las ciencias que se ha desarrollado poco en el campo de la investigación. Sin embargo a nivel mundial esto no ha sido así. Existen países donde se realiza una investigación de alto nivel debido al curso que han seguido a través de la historia.

Primeramente sirvió en la etapa de los nuevos descubrimientos y expediciones marítimas para la elaboración de mapas cartográficos, más adelante se dedica también a elaborar estudios meramente descriptivos, hasta que a finales del siglo XIX se estructura a la Geografía como una ciencia de tipo diferente con métodos y finalidades propias.

La Geografía del siglo XX como todas las ciencias, ésta en evolución constante, como una ciencia en proceso de cambio. Es aquí donde también hace uso de los sistemas para tratar de comprender y explicar ciertos fenómenos.

El concepto de Sistemas o Modelos surge en ciencias como la Física y la Biología, y más tarde en las Ciencias Sociales.

Después de la Segunda Guerra Mundial, nacen la Informática y la Cibernética -esta última por Wiener- cuyo objetivo es el estudio de mecanismos de retroalimentación en sistemas físicos, biológicos y sociales. Paralelo a esto surge la Teoría General de Sistemas, cuyo representante fue el biólogo Von Bertalanfy, el cual incidio sensiblemente en el campo del conocimiento geográfico.

La Teoría General de Sistemas es una perspectiva metodológica la cual esta basada en el sistema, siendo el modelo

el instrumento más adecuado para llevar a cabo los correspondientes análisis científicos por medio de la lógica matemática.

En esta misma época Christaller elabora el modelo de los lugares centrales donde realiza una teoría de jerarquización de los conjuntos urbanos y el nivel de centralidad de ellos.

Racine y Raymond al estudiar la importancia y las consecuencias de la utilización geográfica del enfoque de sistemas definen al modelo como "un conjunto de elementos cibernéticamente interrelacionados en estructuras negaentrópicas sucesivas" [1]. Esto es, en otras palabras, un conjunto de variables que a través de la combinación de valores concretos definen el estado interno del sistema, y las estructuras negaentrópicas son la energía que necesita para su funcionamiento.

Los sistemas pueden ser diferenciados en Sistemas Cerrados y Sistemas Abiertos, a estos últimos pertenecen en su gran mayoría los sistemas analizados en el dominio del conocimiento geográfico.

Es a finales de los años cuarenta e inicios de los cincuenta, cuando la Geografía experimenta una nueva transformación conocida como la Revolución Cuantitativa, teniendo su mayor auge en la década de los sesenta.

Este movimiento hacia la cuantificación comienza cuando los geógrafos buscan técnicas que permitan explicar sus problemas de una forma más precisa, sin ambigüedades, de manera que sus hallazgos puedan ser comunicados a otros especialistas, sin dar pie a interpretaciones erróneas.

En esta etapa algunos geógrafos como Chorley y Strahler utilizan estos métodos principalmente en la Geografía Física,

extendiéndose a la Geografía Humana con autores como Haggett, Berry y Bunge. El uso de técnicas cuantitativas no es fácilmente aceptado, ya que dentro de los estudios, algunas variables pueden medirse fácilmente y otras no.

A pesar de esta oposición tan significativa la finalidad de esta revolución era hacer a la Geografía más científica para poder desarrollar un cuerpo teórico sólido.

Para desarrollar y verificar una hipótesis, necesitamos un cuerpo abstracto de observaciones que interrelacionadas y formalizadas muestren un cierto aspecto de la realidad. A esto puede denominarse modelo.

Chorley y Hagget en su libro Modelos en Geografía (1962) introducen el concepto de modelo en Geografía Física y Humana, y definen a la Geografía como la ciencia en que los factores deben estudiarse como parte de un todo, para lo cual el conocimiento debe basarse en la presentación del cuadro general existente sobre la tierra.

El concepto de modelos geográficos se prolonga y culmina en el ámbito anglosajón ya que frecuentemente existían problemas metodológicos en este campo.

Sin embargo esta metodología sigue vigente en el ámbito alemán y francés tanto en Geografía Física como Humana.

Especialmente en la Geografía Económica se necesitan patrones que se repitan, procesos de una imagen simplificada y racional que expliquen la realidad en forma precisa. Así, en tales situaciones es necesario la construcción de modelos que simplifiquen la realidad y ayuden a entender su funcionamiento en una forma general.

En 1964 Chorley y Hagget crean un modelo de modelos (Figura 2.1) que es posible ilustrar con ejemplos tomados de la Geografía Física y Humana.

Este modelo de modelos tiene mucha similitud con la construcción de modelos dinámicos (cuadro 1), donde el razonamiento verbal para la simplificación de un problema real es en la Dinámica de Sistemas, la Identificación del Problema y su Conceptualización. En la figura 2.1, según sea el enfoque que se le de a los modelos, se subdividen en: matemáticos, experimentados y modelos naturales.

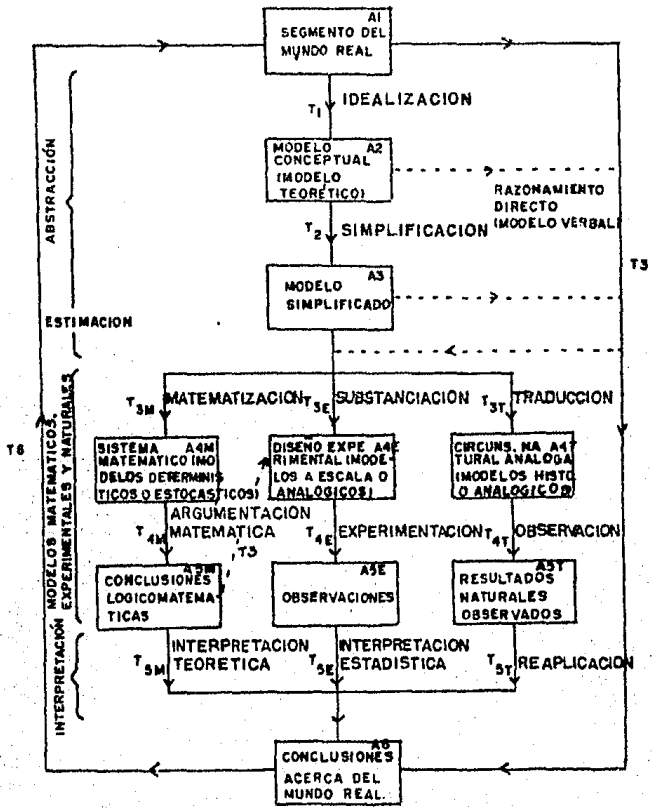


FIGURA 2.1 Modelo de Modelos de Chorley y Hagget.

En Dinámica de Sistemas únicamente se formula el problema y se traduce a ecuaciones en términos matemáticos (cuadro 1). En la última etapa en Dinámica de Sistemas se hace una interpretación de resultados, lo que Chorley (en su Modelo de Modelos) llama conclusiones.

Por último Chorley resume que "el papel de los modelos en Geografía consiste en codificar lo que ya ha ocurrido y en incitar en una nueva indagación del problema" [2].

En esta época no se enfoca a los modelos dinamicamente. Wingo y Pernoff a principios de los 70 introducen aspectos dinámicos del problema a través del tiempo y del espacio. El enfoque dinámico y proyecciones hacia el futuro destacan las contribuciones de Mitchell sobre un modelo de crecimiento regional que puede predecir el uso de suelo y sus cambios a través del tiempo.

Así pues, al comenzar la época de los años setenta el punto focal estático se alejaba, y se implantaba la existencia de un punto focal dinámico (principalmente en la elaboración de modelos urbanos, clasificando el Modelo de Dinámica Urbana de Jay Forrester como el mejor de esta época). En estos casos ya se ofrecían explicaciones del comportamiento del modelo.

Para la Geografía, Pierre George, introduce el concepto de Dinamismo, dentro de la Geografía Activa, y dice que los estudios que se hagan de situaciones deben de ser dinámicos, o sea con cambios a través del tiempo.

En los últimos años se han consolidado los métodos cuantitativos en Geografía (el enfoque de modelos forma parte de ellos). Así pues, es necesario reafirmar más a este tipo de métodos, con la introducción de la Metodología de Dinámica de Sistemas, para poder ofrecer mejores posibilidades al geógrafo al estudiar problemas o fenómenos que afectan en la actualidad.

## CAPITULO III

## METODOLOGIA DE DINAMICA DE SISTEMAS

## 3.1 COMPRESION DE UN SISTEMA DINAMICO.

El estudio de sistemas no es nuevo para el hombre, este término, su análisis y su enfoque se han desarrollado a pasos agigantados en los últimos años, y principalmente a inicios de la segunda guerra mundial. A través de la historia, el hombre se adaptó a los sistemas naturales sin sentirse obligado a entenderlos pero a medida que surgieron una gama de problemas confusos e inestables para comprender ciertos fenómenos, se interesó cada vez más en su estudio.

El concepto de sistema se utiliza en todas las disciplinas, como: Geomorfología, Biología, Administración, Ciencias Sociales, etcétera, pero la mayoría de sus análisis han sido verbales y cualitativos, lo que nos conduce a interpretaciones ambiguas acerca de ellos, así que, meras descripciones no son suficientes para exponer la naturaleza de los sistemas.

Generalmente, se define a un sistema como un conjunto de partes operativamente interrelacionadas y cuyo comportamiento persigue un propósito común. Un sistema puede incluir tanto personas como partes físicas. Como ejemplo se puede citar una ciudad determinada, este se compone de una serie de elementos (población, vivienda, empleo, transporte, servicios de salud, etc.), los cuales integran un sistema bastante complejo. Otro ejemplo es un mapa de carreteras, el cual es un modelo que representa su distribución en el espacio y con una cierta escala. Los diversos factores físicos de una región (relieve, altitud, latitud, régimen de lluvias, temperatura, etc.) se conjugan para formar un sistema que determina el clima.



El hombre vive y trabaja en un sistema social, su modo de comportamiento es complejo y difícil de entender. La mente humana tiene datos de imágenes, relaciones y abstracciones del mundo real, estos datos poseen solo un cierto aspecto de la realidad obtenidos a través de la experiencia y la observación, y de los cuales se extraen las características más importantes para representar dicha realidad. Bajo esta óptica se suministran los datos para un problema social concreto que se trata de resolver. Esto es un ejemplo simplificado de la toma de decisiones.

La toma de decisiones de un sistema, implica una predicción que se hace por medio de la ayuda de un modelo. Para tomar una decisión se elige entre varias alternativas posibles en función del efecto que se produzca en cada una de ellas. La relación que liga a las posibles acciones con sus efectos se encuentra dentro del modelo.

Un modelo es la representación abstracta de un cierto hecho de la realidad, tiene una estructura que esta formada por los elementos que caracterizan los aspectos más relevantes de dicha realidad y por un conjunto de símbolos que especifican las interrelaciones entre los elementos.

Un sistema complejo está representado por uno o varios modelos, así que, un modelo es un sustituto para un sistema, puede tomar varias formas y servir para diferentes propósitos.

Al estudiar un problema social es posible seleccionar variables a partir de percepciones y de experiencias pasadas dentro de un conjunto de observaciones más generalizadas, las cuales pueden ser difíciles de comprobar debido a la interpretación dada por el modelador, además de que por sí misma, la realidad es bastante más compleja de lo que se supone. Aunado a esto, cada problema social puede ser síntoma o consecuencia de otro.

Así pues, al formular una hipótesis y probarla con diferentes políticas puede llegarse a soluciones verdaderas del problema, pero las condiciones sociales, económicas y políticas no son estáticas, sino que cambian a través del tiempo, por lo que hay que revisar los modelos y actualizarlos

Cuando se desea estudiar un cierto aspecto de la realidad, su evolución en el tiempo, y como las relaciones entre sus partes determinan esta evolución, se llega a lo que se denomina SISTEMA DINAMICO, el cual es un modelo de un aspecto de la realidad cuya característica principal es la evolución en el tiempo. Este campo de estudio le corresponde a la Dinámica de Sistemas.

La teoría de los servomecanismos, desarrollada en los años treinta, tiene la característica fundamental de la retroalimentación de información. Entendiéndose como retroalimentación, la transmisión y regreso de información que servirá para tomar decisiones sucesivas. Esta teoría tiene dos características interesantes, el estudio sistemático del concepto de retroalimentación y el estudio del comportamiento dinámico.

La Dinámica de Sistemas es una metodología cuyo objetivo es la construcción de modelos en los que se reproducen los modos de comportamiento observados en la realidad. Los modelos pueden ser socioeconómicos, sociológicos, psicológicos, ecológicos, geoeconómicos, etc.

Uno de los objetivos de la Dinámica de Sistemas es establecer técnicas que permitan transformar conceptos de un lenguaje verbal (mental) a un lenguaje formalizado (que es el de las matemáticas).

Los procesos mentales (lenguaje verbal) son deformados debido a abstracciones basadas en experiencias, las cuales reflejan con un cierto grado de fidelidad, la realidad. La mente humana esta bien adaptada para construir modelos, pero cuando se

trata de implementar e interpretar sistemas dinámicos puede no ser totalmente objetiva. Cuando se conoce el problema, se tiene un objetivo definido, y se elabora un modelo, este puede no ser una representación exacta de la realidad, pero es posible transferirlo a un lenguaje formalizado, computándolo en patrones de tiempo para determinar su comportamiento dinámico (usando ecuaciones diferenciales o el paquete DYNAMO); entonces se comprenderá mejor el funcionamiento de un sistema y se podrán dar mejores soluciones a los problemas que se presenten en él.

Las ventajas que presenta la Dinámica de Sistemas tanto a la Geografía como a las demás ciencias, no es predecir el futuro, sino el comportamiento que seguirá el modelo a través del tiempo, para poder así planear e implementar políticas sobre el problema que se esta manejando. Otra ventaja de peso es el poder tener una solución analítica que nos de una gran información respecto al patrón total del sistema.

La Metodología de Dinámica de Sistemas se desarrolla a través de distintos pasos:

1-. Síntomas de perturbación del problema a tratar, se observan los modos de comportamiento del sistema para identificar los elementos fundamentales del mismo.

2-. Se buscan las estructuras de retroalimentación que puedan producir el comportamiento observado.

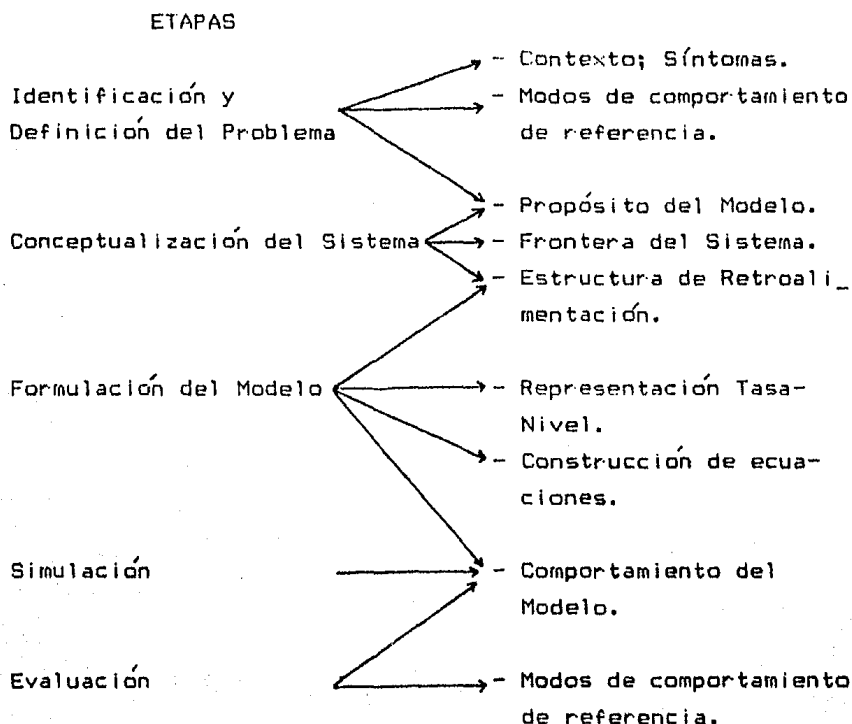
3-. A partir de la estructura observada se construye el modelo matemático de comportamiento del sistema.

4-. Se procede a la simulación de prueba del modelo en un computador.

5-. La estructura se modifica hasta que sus componentes y el comportamiento resultante coincidan con el comportamiento observado en el sistema real.

6.-Se modifican las decisiones hasta encontrar políticas aceptables y utilizables, que den lugar a un comportamiento real mejorado.

En el siguiente cuadro (No. 1) se resumen las etapas del proceso del modelado con la Metodología de Dinámica de Sistemas.



Cuadro No. 1 Etapas del proceso de modelado.

### 3.2 IDENTIFICACION Y DEFINICION DEL PROBLEMA

Existe una diferencia fundamental al resolver problemas tomando en cuenta la forma tradicional y la Metodología de Dinámica de Sistemas, esta diferencia radica en el enfoque que se le da al problema.

En la forma tradicional siempre se incluyen las causas inmediatas que afectan al problema, para tratar de identificar las necesidades y carencias que se presentan. El enfoque de Dinámica de Sistemas cuestiona las causas y los efectos de los componentes del problema a través del tiempo, en donde se puede tener una solución diferente a la forma tradicional, obteniendo alternativas distintas, no pensadas ni consideradas para la resolución del problema.

La identificación y definición del problema incluye el conocimiento de este, los estados del contexto, los síntomas del problema verbalmente, y define al mismo en términos de modos de comportamiento de referencia.

A: identificar un problema y tener una idea de las causas y aspectos de la realidad que lo generan, se obtiene un sistema hipotético que permite conocer mejor al problema, o identificar problemas adicionales.

Por consiguiente, el enfoque será sobre el problema y no sobre el sistema, ya que el segundo debe responder a las necesidades del primero, y no en sentido contrario.

### 3.2.1 EXPLICACION DEL CONTEXTO.

Cuando se conoce un problema de la realidad en una forma verbal, este puede estar condicionado por factores psicológicos, pero su realidad puede ser muy distinta. Sin embargo, si se llega a formalizar su estudio detalladamente, se indentificará y definirá el problema.

La explicación del contexto se refiere a la adquisición de información que involucre al problema, en forma general.

Al momento de conocer el contexto del problema en una forma clara y precisa, es posible identificar las principales variables del modelo, en este momento se alcanza la etapa inicial de la identificación del problema.

El objetivo de esta etapa es obtener un modelo tosco y elemental, el cual omite algunos detalles del mundo real que se esta modelando.

La importancia en la construcción de modelos, reside en la simplificación, un modelo se construye para mejorar la comprensión de un cierto aspecto de la realidad. Si este fuese idéntico a la realidad en todos sus aspectos, sería tan difícil de comprender como el propio mundo real, y en consecuencia, no llegaría a ser útil.

### 3.2.2 SINTOMAS DEL PROBLEMA.

En el momento en que se identifica un problema se dan a conocer los síntomas de él, esto es, sus detalles más relevantes que nos darán una actitud selectiva que depende de los objetivos o propósitos del estudio del problema.

En esta etapa se explora el modelo dependiendo de los síntomas que presente el problema, además, por este medio se identifican las variables que han de ser utilizadas y la interacción de estas en una relación de causa y efecto, lo cual conducirá a la descripción del comportamiento dinámico del problema.

Ahora bien, se debe tomar en cuenta que ninguna variable tiene un efecto independiente en el modelo, o sea, todos se encuentran interrelacionados. Si existe una decisión de cambio, esta puede tener leves o graves repercusiones sobre el modelo dependiendo de la importancia de las variables que afecta, lo cual modificaría el comportamiento dinámico de éste.

La importancia de identificar las principales variables del problema, o sea, los síntomas que presenta, es que lleva a la descripción del comportamiento dinámico inicial, lo que conduce al trazado de gráficas que representan el comportamiento temporal de las principales variables.

### 3.2.3 MODOS DE COMPORTAMIENTO DE REFERENCIA.

La etapa inicial del modelado en Dinámica de sistemas se debe obtener en una forma simple, clara y precisa a partir del problema a tratar, esto implica una descripción del comportamiento dinámico en términos de gráficas sobre el tiempo de las principales magnitudes de interés. La elaboración de las gráficas es lo que se denomina Modo de Comportamiento de Referencia.

El modelo inicial debe de contener los mecanismos básicos, o sea, el conjunto más pequeño de procesos de retroalimentación suficiente para generar los modos de referencia. Inicialmente se establecen los mecanismos básicos en forma de diagrama causa-efecto, sirviendo estos además, para definir la frontera del sistema.

Aun los modelos más simples estudiados deben de contener los modos de referencia. Al ir perfeccionando el modelo con la realidad, se tiende a conseguir un mayor ajuste del modo de referencia, es decir, se hará una eliminación progresiva de las hipótesis más simples. Por consiguiente, el modo de referencia va a jugar un papel esencial como catalizador de las especulaciones generales de algún aspecto de la realidad, en el proceso de perfeccionamiento de la estructura del modelado.

El proceso que se lleva a cabo para la elaboración de las gráficas es pensado en forma dinámica, o sea, enfocado en patrones de tiempo, períodos de incremento y decremento, fase de

relaciones entre variables, etc. Es decir, que al conocer los comportamientos de las variables en patrones de tiempo se obtendrá un vivo enfoque del problema (figura 3.1).

Asimismo, la elaboración de una gráfica puede llevar al diseño de otras.

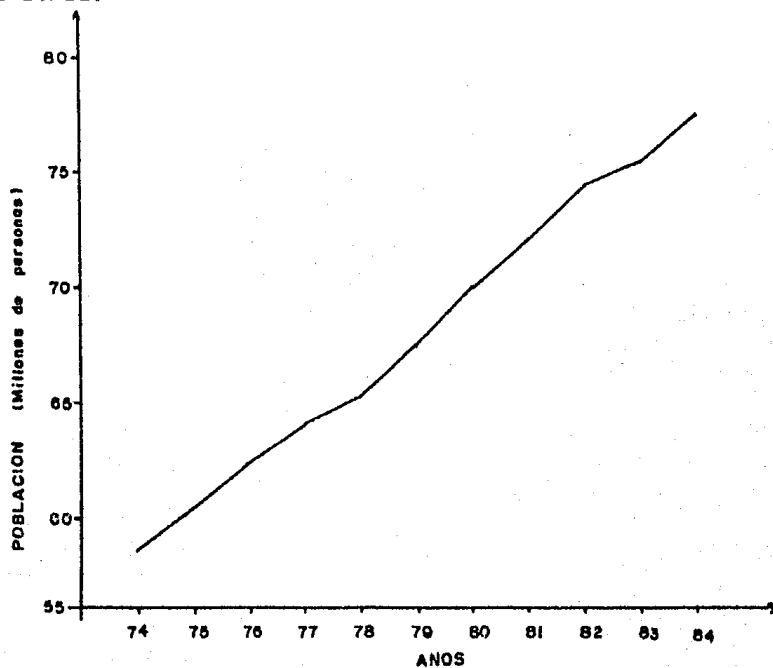


Figura 3.1 Gráfica de modos de comportamiento de referencia.

Pueden existir tres tipos de modos de referencia: el trazado de gráficas, el comportamiento deseable y el comportamiento observado de distintas políticas.

El trazado de gráficas muestra el comportamiento del problema, y sirve para dar una imagen aproximada de las gráficas que se han de obtener en el modelo inicial, que es fundamental para las etapas posteriores.



Los modos de referencia para un estudio de modelado, son basados en datos actuales. Cuando se llega a modelar un fenómeno pasado, el modo de referencia representa el comportamiento histórico, pero cuando se trata de modelar situaciones futuras y se tiene la ausencia de datos en algunas gráficas, estas pueden ser inferidas. En este caso resulta difícil saber que forma tendría sobre el tiempo, y cual sería su comportamiento a partir de otros patrones conocidos, aquí, el modo de referencia será el conjunto de sus distintos tipos (gráficas, comportamiento deseable y comportamiento observado) (figura 3.2).

Ahora bien, la ausencia de datos puede llevar a situaciones subjetivas, lo cual trae dos consecuencias: omitir el comportamiento real del modelo, o que se incorporen datos endogenamente en el modelo según sea su importancia.

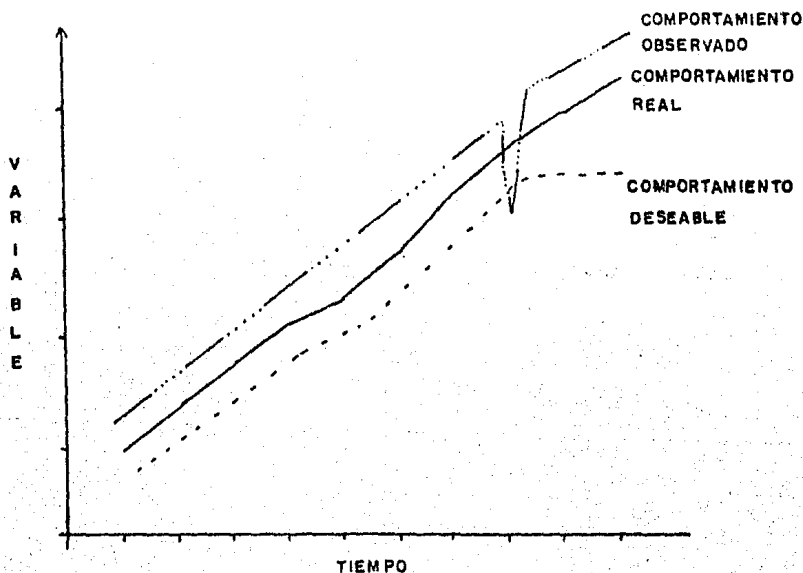


Figura 3.2 Tipos de modos de comportamiento de referencia de una variable a través del tiempo.

Para estos dos casos en particular, el establecimiento del modo de comportamiento de referencia determina el Horizonte de Tiempo sobre el que las variables pueden actuar.

El Horizonte de Tiempo es el período sobre el cual el problema se analiza. Aparece como un lapso en una escala gráfica que simula el tiempo que eventualmente correrá un modelo dinámico, este horizonte puede ser expresado en cualquier unidad de tiempo (horas, meses, años, etc.).

Jay Forrester menciona que el comportamiento dinámico en sistemas sociales puede ser representado solamente por modelos no lineales; el proceso de simulación, nos lleva paso a paso a una solución analítica del problema que se está tratando.

Para corroborar la validez de un modelo se deben reproducir los modos de referencia que ayudan a definir el problema, enfocar estos a la conceptualización y más tarde hacerlos figurar en las etapas de validación de un estudio. Es muy raro que un estudio de Dinámica de Sistemas se abstenga de ellos.

La omisión de los modos de referencia es difícil, aunque no imposible, se puede tener una serie de ideas sin un marco claro de referencia, implicando así una serie de propuestas acerca de sus posibles efectos. Es por esto que abstenerse de elaborar los modos de comportamiento de referencia es absurdo, ya que el tiempo de elaboración es mínimo comparado con los beneficios que reporta.

Se dice que cuando se llega al modo de referencia se puede considerar que se ha completado la especificación del problema.

### 3.3 CONCEPTUALIZACION DEL SISTEMA

Esta fase se inicia al familiarizarse con el problema que se estudia, incluye la bibliografía que se tenga del problema, opiniones de expertos y experiencias propias. En síntesis, se trata de conocer el problema a fondo.

Una vez que se ha definido con precisión el problema, se estructura en áreas funcionales, sectores y piezas simples. Primeramente, se desarrolla la estructura física del problema (estructuras simples de retroalimentación) a partir de las principales variables.

De esta manera se van identificando los distintos elementos o variables que forman el sistema, lo que conduce al establecimiento de las fronteras del sistema y a una descripción de los flujos de información.

El surgimiento del diagrama causal del sistema puede considerarse como la finalización de la Etapa de Conceptualización (figura 3.3).

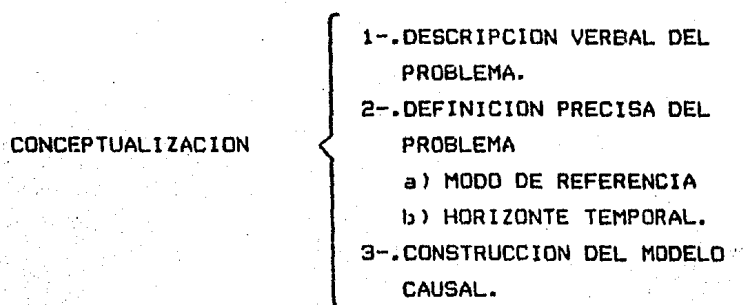


Figura 3.3 Etapa de conceptualización de un sistema.

Es en esta etapa en donde se debe llegar al máximo de claridad y precisión del problema. Aquí caben las palabras que menciona Richardson: "La Conceptualización es un arte".

Como ejemplo de esta etapa tenemos que: al estudiar un problema, se reflexiona sobre él, elaborándose así un modelo mental, se desarrolla un plan y se actúa de acuerdo a ese plan. Usualmente se olvida el hecho de que nuestra acción altera el estado del sistema inicial, dando como resultado una nueva comprensión del problema o quizás un conjunto de nuevos problemas que deben atacarse (figura 3.4).

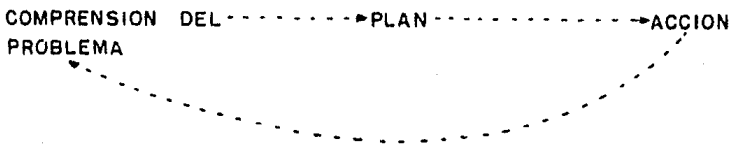


Figura 3.4 Seguimiento de la comprensión del problema.

La figura 3.5 muestra las fases de construcción del modelo, en ella se ve claramente como la etapa de conceptualización es importante. Se observa que cuando se llega a la etapa de formulación del modelo se debe regresar para verificar que la formulación esté de acuerdo con la conceptualización del problema planteado inicialmente, además, puede ser necesario ajustar parámetros (variables que puedan tener una gran influencia en determinados procesos reales de la toma de decisiones). Se continúa así hasta llegar a la resolución del problema, o sea no se pasa progresiva y únicamente de una fase a otra, sino que se volverá de una fase a otra cuantas veces sea necesario según el planteamiento del problema inicial.

Ahora bien, para reducir la complejidad de la definición del problema y de las fases de conceptualización, se toman en cuenta dos puntos de apoyo, que son: enfocar sobre un problema, no sobre un sistema y, tener un propósito claro en la elaboración de un modelo.

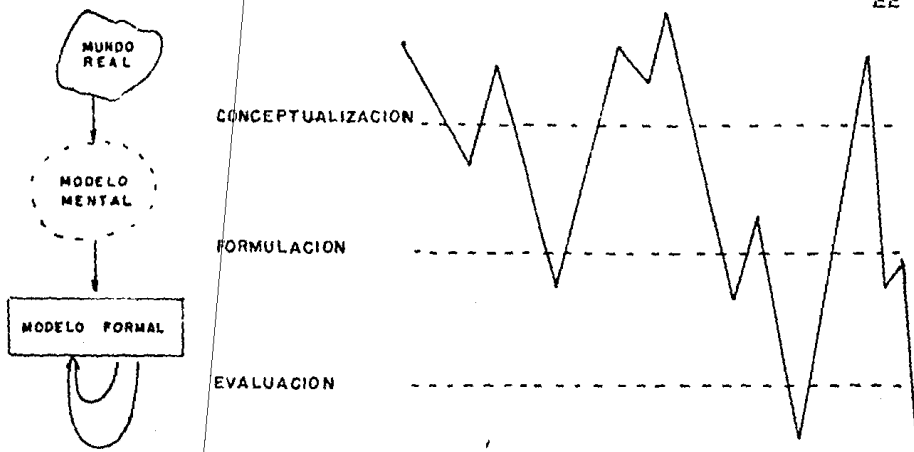


Figura 3.5 Fases de construcción del modelo.

### 3.3.1 PROPOSITO DEL MODELO.

Los Propósitos del Modelo son aquellos que proyectará el modelo no el sistema. Si se tiene firme y correctamente definido el propósito del problema se tendrá una base esencial para identificar y organizar la estructura de un modelo, y más aun, se logrará simplificar o minimizar la construcción del mismo.

La definición de un problema y el propósito del modelo son relevantes; la definición de un problema existe sin un modelo de aplicación y se puede definir dinámicamente en términos de variables que cambien en el tiempo. Ahora bien, se define el propósito del modelo sobre el interés que se tenga en su estudio y sobre los puntos potenciales de ventaja política e implementación deseada.

El propósito del modelo ayuda a guiar la formulación. Es la comprensión de las relaciones de la estructura de retroalimentación y el comportamiento dinámico del sistema para poder programar e implementar políticas. Conociendo esto, se formula el modelo en un computador, el cual permite experimentar la manipulación de parámetros y variables, que son la primera fase para la búsqueda de políticas e implementación de ellas.

Así que, si no se tiene un propósito dado, no es posible definir la frontera del sistema, ya que no se sabe que incluir o excluir de él. Al tener el propósito del modelo, se definirá la frontera, la cual encierra el número más pequeño de componentes del sistema.

### 3.3.2 DEFINICION DE LA FRONTERA DEL SISTEMA.

Un sistema dinámico puede estudiarse como una entidad aislada del medio, que genera su propio comportamiento, teniendo además un límite arbitrario que es la Frontera del Sistema (figura 3.6).

La Frontera del Sistema es aquella que permite que existan los componentes necesarios para generar los modos de comportamiento de interés del sistema. Este comportamiento se genera en el interior de los límites y no viene determinado desde el exterior, o sea, no depende de datos externos, aunque no se excluye la posibilidad de que puedan estar relacionados; sin embargo estos no van a afectar de manera tajante al sistema.

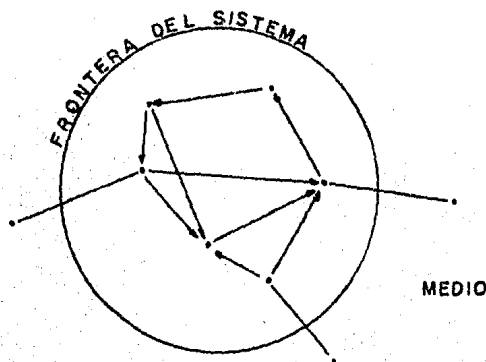


Figura 3.6 Representación de la frontera de un sistema. En la parte interior se muestra la interacción de los componentes que forman el sistema, separados del medio.

Richardson define la frontera del sistema como "la línea imaginaria que separa al sistema (para un propósito definido) del exterior" [3]. Forrester lo define en forma de principio básico "un sistema de retroalimentación es un sistema cerrado. Su conducta dinámica se crea dentro de la estructura interna, cualquier interacción que sea esencial dentro de los límites de sistema debe de ser incluida." [4]. Ahora bien, cuando se unen todos los circuitos de retroalimentación se está delimitando la frontera del sistema (figura 3.7).

Para la construcción de un modelo de simulación se piensa en el concepto de límite cerrado, el cual forzará a construir el modelo dentro de él. Primeramente se deben estimar los componentes necesarios, que produzcan la dinámica del comportamiento de interés, los cuales estarán enfocados en el interior de la frontera y excluirá todos aquellos componentes que son irrelevantes en el estudio del mismo. Sin embargo, si el límite del sistema es ampliado para la introducción de diferentes políticas, se extiende la frontera.

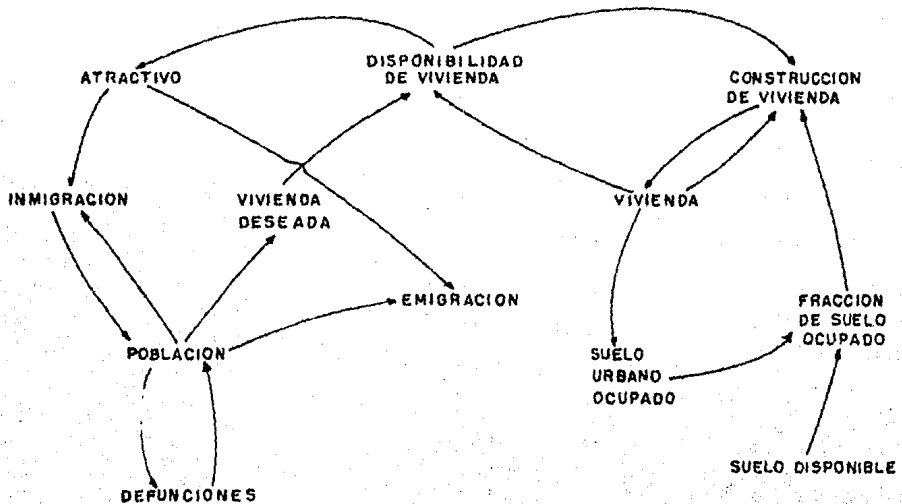


Figura 3.7 Ejemplo de la definición de frontera.

Las relaciones entre el medio y el sistema son unidireccionales. Los elementos del interior del sistema están interrelacionados entre sí por medio de circuitos de retroalimentación (la información va y viene), mientras que el medio está formado por "el conjunto de todos los objetos que se encuentran en el exterior del sistema" [5]. Ya que las relaciones consideran únicamente las acciones del medio sobre el sistema, y no las posibles acciones del sistema sobre el medio, estas pueden ser la fuente de información. El medio no comparte cadenas cerradas de acciones, sin embargo, si un cierto elemento del exterior influye directamente en el interior del sistema y se incluye dentro él, se marca una nueva frontera.

### 3.3.3 TIPOS DE VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL MODELADO.

El modelo de un sistema social está formado por un conjunto de relaciones entre elementos que interactúan. La elección de los elementos está determinada por la persona que construye el modelo.

Para iniciar el proceso de elección de los elementos, se debe conocer las clases de variables que existen, clasificándose en tres tipos principales: endógenas, exógenas y excluidas.

Las variables endógenas sirven para caracterizar aquellos elementos cuyo comportamiento está completamente determinado por la estructura del sistema, sin la posibilidad de modificación directa del exterior (Fig 3.8).

Las variables exógenas sirven para describir aquellos efectos sobre el sistema que son susceptibles de ser modificados desde el exterior mismo. Representan el medio del sistema.



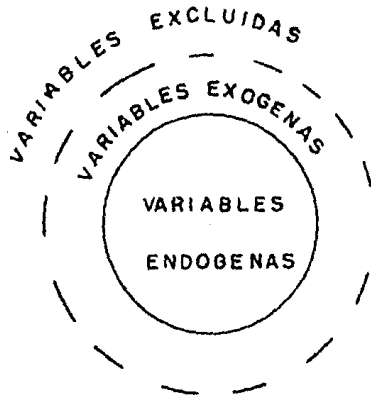


FIG 3.8 Tipos principales de variables.

Las variables excluidas son aquellas que no producen efectos y repercusiones sobre el sistema.

### 3.3.4 ESTRUCTURA DE RETROALIMENTACION

La parte fundamental de Dinámica de Sistemas es el enfoque del problema, el cual debe tener dos características importantes: que el problema sea dinámico, y que surja en circuitos de retroalimentación.

La teoría de sistemas de retroalimentación, suministra estructuras básicas necesarias que permiten generar una amplia variedad de comportamientos dinámicos encontrados en la realidad.

Cuando el problema se ha identificado, las variables se han localizado, los modos de referencia y el propósito se ha definido, y se ha dibujado un sistema preliminar de la frontera, el modelador explora las interconexiones entre las variables en una relación de causas y efectos hasta reconectarlas todas, las

cuales dan circuitos, que forman la estructura de retroalimentación.

Se define a la retroalimentación como la transmisión y regreso de información. Un circuito de retroalimentación es una sucesión cerrada de causas y efectos, o sea una ruta cerrada de acciones de información; y un Sistema de Retroalimentación es un conjunto interconectado de circuitos de retroalimentación.

Entender el comportamiento de los sistemas de retroalimentación es una meta de la Dinámica de Sistemas. El comportamiento, es una consecuencia de la estructura del problema (interrelación de los circuitos de retroalimentación), en donde la retroalimentación confunde la intuición común y el análisis. Pensar en integrar circuitos aislados puede ser en un momento dado provechoso. Sin embargo los problemas reales frecuentemente son más complejos y tiene muchos circuitos de retroalimentación unidos.

Un circuito de retroalimentación es una parte que contiene un proceso de decisión, una acción, un nivel o condición del sistema y una información dentro del circuito, la cual regresa al proceso de Decisión (figura 3.9).

El proceso de decisión es aquel que controla cualquier acción del sistema, el cual siempre es envuelto en un circuito de retroalimentación. La decisión se basa en la información que viene de la condición del sistema y genera una determinada acción. Este proceso de decisión puede ser parte de más de un circuito de retroalimentación.

Para conocer la estructura de retroalimentación se obtienen las cadenas de causas y efectos, las cuales están relacionadas a través de Diagramas Causales, que son frecuentemente usados en las etapas iniciales del modelado y en la descripción de la estructura del modelo para representaciones no técnicas.

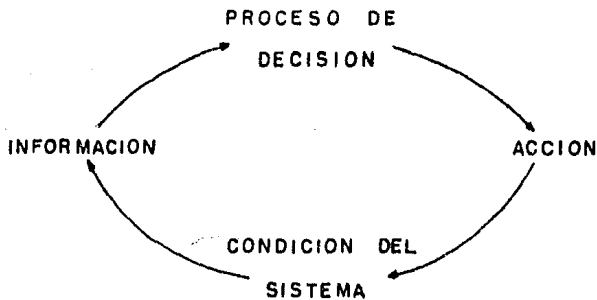


Figura 3.9 Circuito de retroalimentación.

#### 3.3.4.1 DIAGRAMAS CAUSALES.

Los elementos o variables que constituyen el sistema están relacionados entre sí por medio de diagramas causales, que es la manera más frecuente de representar la estructura de retroalimentación antes de la formulación del modelo, o sea, el desarrollo de un sistema de ecuaciones.

Un circuito tiene su representación más simple en un diagrama causal.

Un diagrama causal presenta tanto ventajas como desventajas. Dos de las principales ventajas de estos son: a) durante el desarrollo del modelo, sirven como un chequeo preliminar de hipótesis causales y, b) pueden simplificar la ilustración del modelo y describir su estructura en representaciones no técnicas.

Los inconvenientes o desventajas que los diagramas causales presentan, son que a pesar de que estos pueden ser usados en las etapas preliminares de la conceptualización, ayudando a identificar y organizar los componentes principales de los

circuitos de retroalimentación, carecen de la precisión y detalle de los diagramas de tasa-nivel (que se explican mas adelante). Los diagramas causales hacen que los diagramas de tasa-nivel presenten problemas conceptuales, ya que en la elaboración de los diagramas causales se oscurece información que es necesaria para el comportamiento de la estructura de retroalimentación. Por consiguiente, la interpretación de los diagramas de tasa-nivel a partir de los diagramas causales no es muy clara.

La figura 3.10 muestra ejemplos de diagramas causales en dos circuitos de retroalimentación del comportamiento urbano.

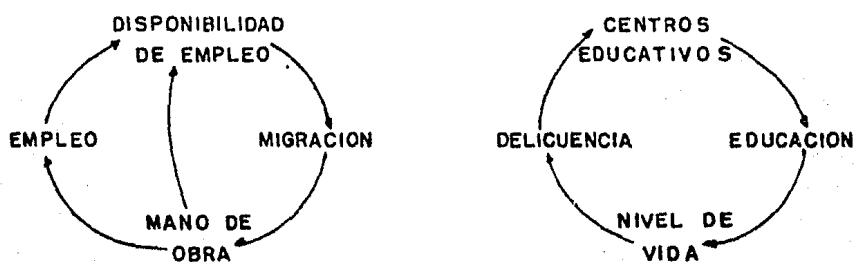


Figura 3.10 Diagramas causales de aspectos urbanos.

Es conveniente reafirmar que los diagramas causales deben de ser usados solo para la exploración de la etapa inicial del modelado y para la comunicación del modelo final.

En el modelado propiamente dicho, se procede de un diagrama causal a la construcción de un diagrama de tasa-nivel, una vez ya realizada la identificación de las variables.

### 3.3.4.2 REPRESENTACION DE LAS RELACIONES CAUSALES.

En la representación de las relaciones causales, lo único que interesa es si existe una relación o no, entre las variables que integran un diagrama causal.

Las relaciones que se establecen entre dos elementos o variables en los diagramas causales pueden ser de dos clases, la relación causal (que es la más importante) y la relación correlativa.

Relación Causal es aquella en la que un elemento es capaz de influenciar a otro en una relación de causa y efecto.

Relación Correlativa es aquella en la que existe una correlación entre dos elementos, sin existir en ella una relación de causa y efecto.

La naturaleza de la relación causal puede ser de dos tipos: positivos o negativos.

Sean dos variables de un problema representadas por las letras A y B. Si A influye a B, entonces se ligan entre sí por medio de una línea que indica la dirección de influencia y un signo positivo o negativo arriba de la línea que indica el tipo de influencia (figura 3.11).

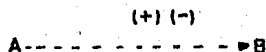


Figura 3.11 Relación causal.

El signo positivo significa una relación causal positiva, lo cual indica que las relaciones entre dos variables o elementos son en el mismo sentido. Por consiguiente, la relación de A y B

es positiva: 1) Si un cambio en A produce un cambio en B en el mismo sentido, 2) Si un aumento (disminución) en A produce un aumento (disminución) en B (figura 3.12).



Figura 3.12 Relación causal positiva (un incremento en la disponibilidad de empleo acarrea un incremento en la inmigración).

La relación negativa se denota por medio de un signo negativo, el cual indica que las relaciones entre dos variables o elementos son en sentido opuesto. De ahí que, la relación de A y B son negativas: 1) Si un cambio en A produce un cambio en dirección opuesta a B, 2) Si A le resta o subtrae algo a B y, 3) Si un aumento (disminución) en A corresponde una disminución (aumento) en B (figura 3.13).

Con base a lo anterior, se observa que el diagrama causal no tiene una información cuantitativa de la naturaleza de las relaciones entre dos elementos, sino que da una idea esquemática de las relaciones causales.

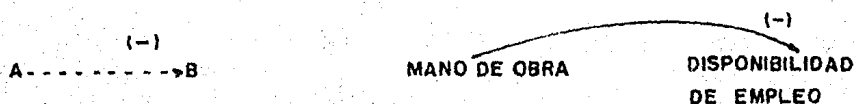


Figura 3.13 Relación causal negativa (un incremento en la mano de obra produce una disminución en la disponibilidad de empleo).

Para Aracil [6] existen dos tipos básicos de estructuras causales: la estructura causal simple y la estructura causal compleja.

La estructura causal simple se da cuando no se produce ningún tipo de interrelación entre las variables, es decir no forman circuitos cerrados de causas y efectos, sino que da un esbozo de las posibles relaciones entre las variables (figura 3.14).

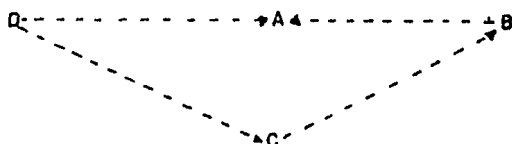


Figura 3.14 Estructura causal simple.

La estructura causal compleja se da cuando se establecen cadenas cerradas de relaciones causales, las cuales pueden ser de dos tipos positivas o negativas.

Forrester [7], Richardson [8] y Goodman [9] no llevan a cabo esta clasificación de estructuras causales, sino que toman únicamente la estructura causal compleja (llamada así por Aracil), para determinar la polaridad del circuito cerrado. Para determinar la polaridad de los circuitos se observa si existe un cambio arbitrario en el sentido del circuito, de ahí que éstos puedan ser positivos o negativos. Y son llamados circuitos de retroalimentación positivos o negativos.

#### a) Circuitos de Retroalimentación Positiva.

Son aquellos que responden a un reforzamiento, o sea que la variación de un elemento se propaga a lo largo del circuito de

manera que acrecenta la variación inicial. A este tipo de circuitos se le asocian fenómenos de crecimiento.

Un circuito de retroalimentación es positivo, si contiene un número par de relaciones negativas. Se denota por un signo positivo en el centro del circuito (figura 3.15).

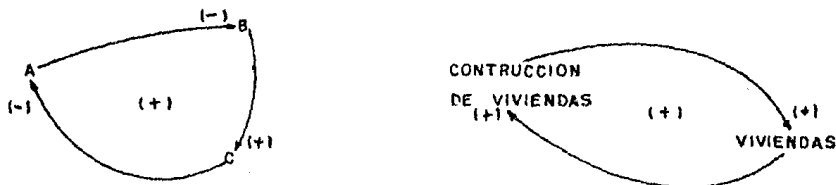


Figura 3.15 Circuito de retroalimentación positiva

#### b) Circuitos de Retroalimentación Negativa.

Son aquellos en que una variación en un elemento se trasmite a lo largo del circuito de manera que determine una variación de signo contrario en el elemento inicial.

Se caracteriza por una acción autocorrectora, lo que tiende a crear el equilibrio. Son aquellos que buscan una meta, la que varía desde un suave alcance hasta una fluctuación desordenada en busca de esa meta.

Un circuito de retroalimentación es negativo, si contiene un número impar de relaciones negativas (figura 3.16).

Las interrelaciones y la coexistencia entre ambos tipos de circuitos determinan el comportamiento global del sistema.

Uniendo los circuitos, el comportamiento del conjunto dependerá de cual de ambos ciclos domine al otro en cada momento.



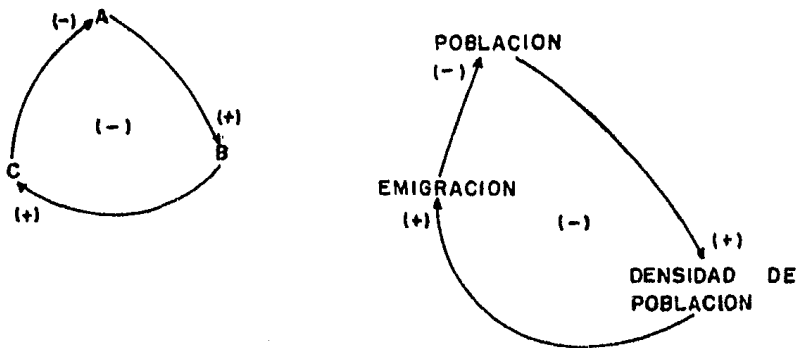


Figura 3.16 Circuito de retroalimentación negativa (un incremento en la población acarrea un incremento en la Densidad, al existir un mayor incremento de la densidad la gente tiende a salir, la emigración decrece a la población).

Existen algunas recomendaciones para obtener diagramas causales (según Aracil [10]):

- 1-. Evitar circuitos ficticios.
- 2-. Emplear elementos que sean fácilmente caracterizables por números.
- 3-. No emplear dos veces la misma relación en un mismo modelo. Si se quiere hacer un desarrollo de algún circuito se disgrega este, haciendo una secuencia de las relaciones.
- 4-. Evitar circuitos redundantes.
- 5-. No emplear el tiempo como factor causal.

### 3.3.5 FORMAS DE COMPORTAMIENTO EN LAS ESTRUCTURAS DE RETROALIMENTACION.

#### 3.3.5.1. Sistemas de Primer Orden de Retroalimentación Negativa.

A este tipo de estructura se le asocian procesos de autoregulación y equilibrio. Se caracteriza porque su comportamiento esta dirigido a una meta u objetivo.

Se dice que son sistemas de primer orden porque solo contienen un estado del sistema en su estructura (figura 3.17).

El comportamiento del sistema con respecto al tiempo puede ser graficamente simulado (figura 3.18), en donde se tiene una region de transición diferente para el valor de la meta que queremos obtener, hasta lograr la estabilización del modelo.

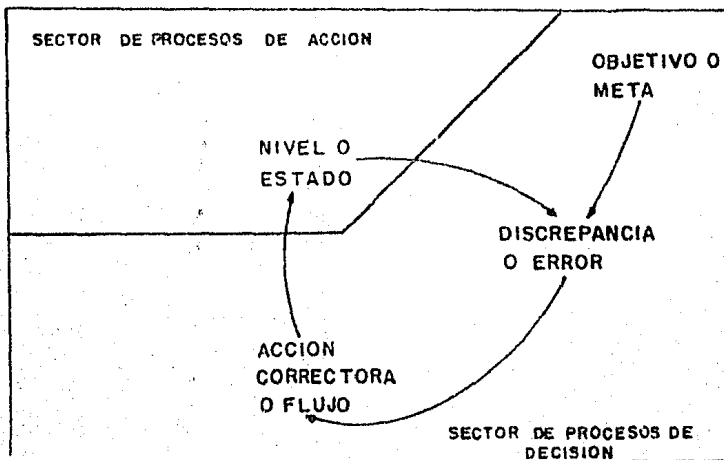


Figura 3.17 Sistemas de retroalimentación negativa (la discrepancia entre la meta y el estado del sistema, determina la magnitud y dirección de la acción correctiva tomada).

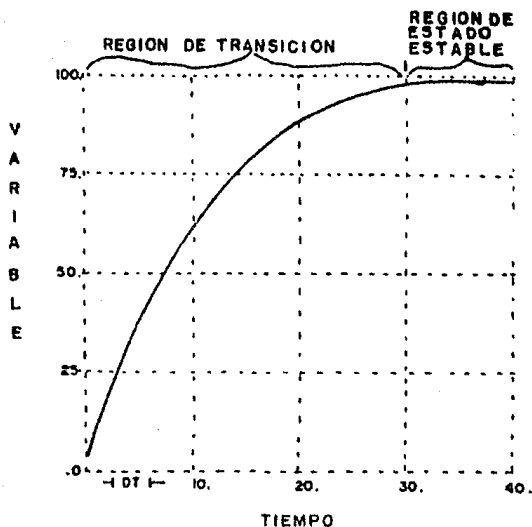


Figura 3.18 Simulación de un circuito de retroalimentación negativa.

### 3.3.5.2 Sistemas de Primer Orden de Retroalimentación Positiva.

A este tipo de estructura se le asocian procesos de crecimiento y colapso. Son caracterizados como circuitos inestables, desequilibrantes o de reforzamiento. Goodman [11] los caracteriza como circuitos viciosos o virtuosos. La viciosidad y la virtuosidad dependen si el elemento de un circuito se deteriora o se improvisa en el modelo. Un incremento o decremento en la variable principal produce un incremento o decremento en las siguientes.

Su comportamiento con respecto al tiempo se caracteriza con una curva exponencial. Por ejemplo, un crecimiento de la

población, agotamiento de los recursos naturales, etcetera (figura 3.19).

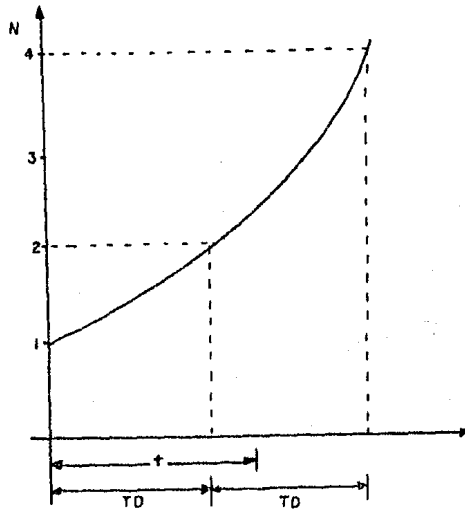


Figura 3.19 Simulación de un circuito de retroalimentación positivo (curva exponencial).

Otra forma característica menos común, es la demora acelerada o exponencial colapso (figura 3.20).

Los problemas reales están formados por circuitos de retroalimentación positivos y negativos, los cuales son complicados y complejos. Comprender su comportamiento y predecir las respuestas a diversas políticas es imposible sin un modelo formal, para esto se llega a la etapa de la formulación del modelo.

La formulación del modelo es el paso del diagrama causal al diagrama de tasa-nivel y la elaboración de las ecuaciones para procesarlas en un simulador computarizado.

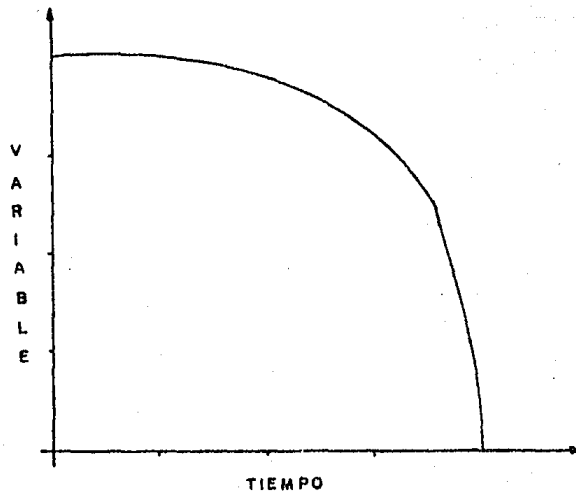


Figura 3.20 Simulación del circuito de retroalimentación positivo (curva exponencial colapso).

## CAPITULO IV

MODELO DE POBLACION-VIVIENDA  
PARA EL DISTRITO FEDERAL

## 4.1 IDENTIFICACION Y DEFINICION DEL PROBLEMA.

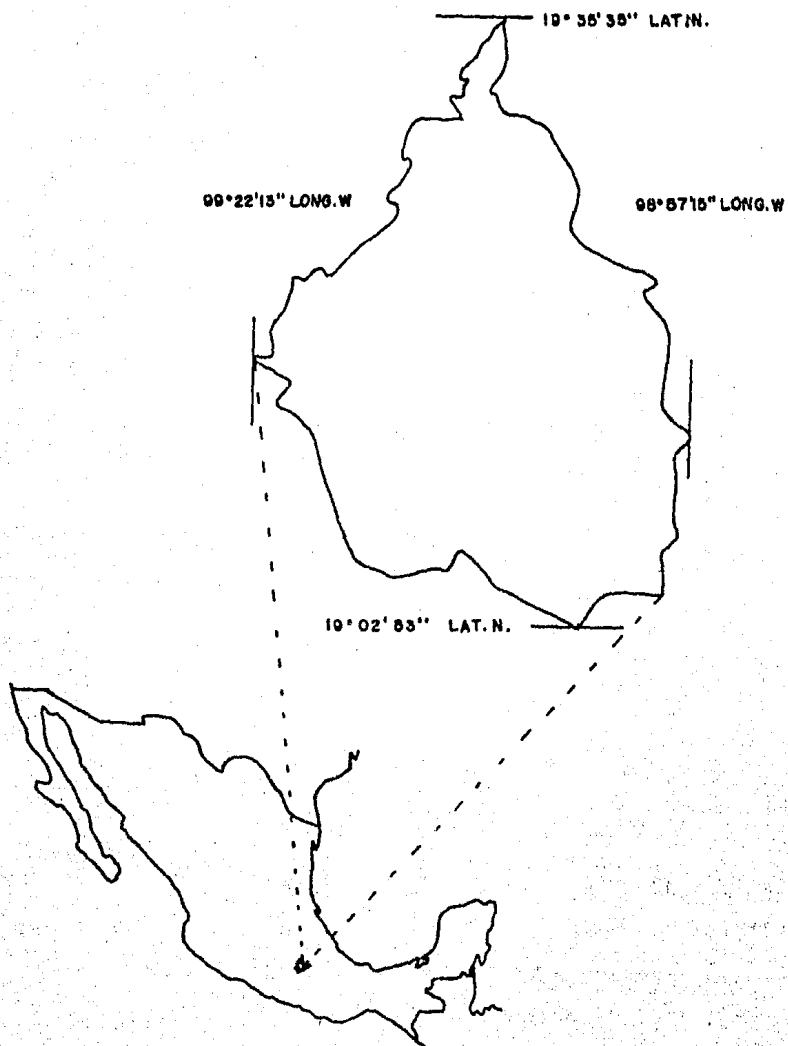
Básicamente, el objetivo de este modelo es reflejar el estado que guarda la población y la vivienda en el Distrito Federal (Mapa 1) para poder así, efectuar proyecciones que sean válidas. Los aspectos fundamentales que intervienen son dos: demográficos y relacionados al problema de la vivienda, y que a continuación se describen.

## 4.1.1 ASPECTOS DEMOGRAFICOS.

El proceso de concentración de las actividades políticas, económicas, culturales y de servicios en el país ha tenido gran influencia sobre los factores demográficos, en particular sobre la dinámica y distribución de la población, tanto a nivel nacional como del Distrito Federal.

El crecimiento demográfico del Distrito Federal disminuyó significativamente durante el decenio 1970-1980, respecto a la década anterior, al pasar de una tasa de 3.5% anual, a otra del 2.5. Con este ritmo de crecimiento la población de la entidad se incremento en 28% para situarse en 8.8 millones de personas contra 6.9 registrados en 1970, alcanzando la expansión de la mancha urbana 534.0 kilómetros cuadrados.

Sin embargo se ha puesto en marcha un proceso de desconcentración de la población, desde el centro hacia la periferia, el cual se explica fundamentalmente por el cambio en el uso del suelo urbano, de habitacional a comercial, dada la mayor rentabilidad de este último.



Mapa 1. Ubicación del área de estudio.

Un indicador que señala el grado de concentración de la población por kilómetro cuadrado, o sea, el espacio promedio de que dispone un habitante en su área de residencia, es la densidad. Con relación a este parámetro, en el Distrito Federal la densidad promedio en 1980 fue de 5 891.3 habitantes por kilómetro cuadrado. Sin embargo, existen delegaciones como Iztacalco, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza que presentaban densidades de 26116.6, 25468.22 y 22555.4 habitantes por kilómetro cuadrado. Por otro lado las delegaciones de Milpa Alta, Tlalpan y Cuajimalpa en 1980 tenían densidades muy bajas con valores de 199.59, 1191.31 y 1251.37 respectivamente. Esto da una idea de la desigualdad de las concentraciones en el Distrito Federal, asentuándose en aquellas áreas donde se centran la mayor parte de las actividades económicas y de servicios.

Ahora bien, la expansión de la población en el Distrito Federal queda determinada por los siguientes aspectos: crecimiento natural y crecimiento social .

#### a). CRECIMIENTO NATURAL.

El incremento natural involucra dos aspectos fundamentales de desarrollo social: los nacimientos y las defunciones.

En cuanto a los nacimientos, se usa la tasa bruta de natalidad ("... número de nacidos vivos por mil habitantes existentes en una año determinado" [12]) para hacer algunas comparaciones.

En 1960 en la República Mexicana se tenía una tasa bruta de natalidad de 46.05 mientras que para el Distrito Federal era de 43.57, hacia 1970 dicha tasa para la República Mexicana tenía un valor de 44.22 y para el Distrito Federal de 43.44. Ya para 1980 se presentan valores de 34.4 para la República Mexicana, y de 32.93 para el Distrito Federal. El comportamiento de ésta



variable muestra una clara tendencia a la baja entre 1960 y 1980, tanto a nivel nacional como para el Distrito Federal.

El otro componente del crecimiento natural de la población, la mortalidad, ha observado desde los años treinta una tendencia a la baja en general, si bien en el Distrito Federal se ha acentuado debido a los mejores servicios de salud y condiciones de vida más favorables con que cuenta.

Así, la tasa bruta de mortalidad ("... relación entre el número de defunciones que ocurren en un año y la población media de ese año." [13]) para la República Mexicana tuvo un descenso de 11.53 en 1960 a 10.07 en 1970, y para 1980 se presentó una tasa de 6.48.

En el Distrito Federal se presenta el mismo fenómeno: en 1960 se tiene una tasa de 10.18, en 1970 de 9.62 y para 1980 esta tasa alcanza un valor de 5.63 defunciones por cada mil habitantes. Estos logros obedecen a los adelantos alcanzados en el campo de la medicina en general y al incremento de la población atendida mediante la seguridad social, así como a las campañas de vacunación masivas.

Sin embargo, no obstante esta mejora, debe señalarse que la mortalidad infantil (o sea el grupo de menores de un año) tuvo un valor de 74.7 defunciones por cada mil nacidos vivos en 1970 y en 1980 esta variable tuvo un valor de 37.0. Este aspecto resulta importante destacarlo porque la mortalidad infantil es uno de los indicadores más significativos para medir el grado de bienestar alcanzado por la población. En el Distrito Federal las expectativas no son muy alagadoras ya que el índice de mortalidad infantil es aproximadamente seis veces mayor que la tasa bruta de mortalidad.

Entre las principales causas de mortalidad infantil se destacan en el período neonatal (hasta 27 días de vida), factores

de tipo biológico, mientras que, en el postneonatal (de 28 días a 11 meses de edad), aspectos socioeconómicos como la falta de higiene, alimentación deficiente, accidentes e infecciones.

#### b). CRECIMIENTO SOCIAL.

El crecimiento social refleja los cambios ocurridos por la inmigración (llegada a un lugar) y la emigración (salida de un lugar), la palabra migración reúne los dos aspectos anteriores.

Se entiende por migración interna aquellos cambios de domicilio más o menos permanentes, a una entidad distinta a la del nacimiento, dentro de los límites de un país.

El fenómeno de migración interna es difícil de seguir y de cuantificar. En los censos de población se acostumbra preguntar sobre el lugar de nacimiento de las personas. Para calcular la migración necesitamos saber, en el caso de que los entrevistados no hayan nacido en la entidad, en donde vivían y hace cuánto tiempo que llegaron. En los censos de 1970 y 1980 ya se publicaron las tabulaciones a este respecto.

Los movimientos migratorios internos han constituido tradicionalmente un factor importante en el crecimiento demográfico del Distrito Federal. Debido al crecimiento industrial, la entidad se convirtió en un centro de fuerte atracción, tanto por su actividad económica, cantidad y calidad de servicios con que cuenta, como por la crisis del sector agropecuario, agravada en la década de los sesenta. En este período el saldo migratorio neto fue positivo, pues los inmigrantes que arribaban al Distrito Federal superaban a los emigrantes.

Esta aglomeración que en un principio generó economías externas y un mercado en constante expansión, ante la ausencia de

regulación, provocó un serio deterioro en el medio natural y social, el cual se agudizó con el agotamiento, en los años setentas, del modelo de industrialización. En estas condiciones de deterioro de calidad de la vida y de menores posibilidades de encontrar empleo estable, se acentúa el proceso de emigración, en particular hacia el Estado de México. De esta manera el crecimiento de la población esta en función cada vez más del crecimiento natural (nacimientos menos defunciones) que del social (inmigrantes menos emigrantes).

Para el censo de 1970 se presenta en el Distrito Federal una inmigración de 729 600 personas, mientras que para 1980 este valor es de 451 582, lo cual indica un descenso de la inmigración de casi 300 mil personas. En cuanto a la emigración, para 1970 tiene un valor de 474 766 personas, y para 1980 es de 496 935. Este último parámetro no tiene un cambio muy significativo ya que de 1970 a 1980 solo existe un incremento en la emigración de aproximadamente 22 mil personas.

En el periodo 1970-1980, el signo del saldo migratorio o crecimiento social se convierte en negativo. Sin embargo es importante considerar que del valor de la inmigración para 1980 (496 935 personas), el 59.98% lo hacen hacia el Estado de México, y particularmente hacia la zona conurbada, lo que viene a agravar los problemas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El Distrito Federal se convierte así en una entidad en donde una parte significativa de su población es flotante, es decir, que labora y demanda todo tipo de servicios en la entidad sin residir en ella, situación que modifica por completo el concepto tradicional de considerar al Distrito Federal como el principal punto de atracción de residencia de la población.

#### 4.1.2 EL PROBLEMA DE LA VIVIENDA

"Todos los seres humanos... tienen derecho a un lugar donde comer, dormir, y cubrirse de la intemperie. Para ello, es necesario contar con un espacio mínimo construido que se denomina vivienda" [14].

Otra definición de vivienda es: "Vivienda es un conjunto de cuartos en donde una o más personas duermen y generalmente preparan sus alimentos en forma independiente. La vivienda pudo ser construida originalmente con el fin específico de ser habitada, o con cualquier otro fin y haber sido transformada o arreglada, total o parcialmente para serlo. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones existen viviendas en bodegas, fabricas, comercios, escuelas y azoteas de casas y edificios. Cualquier tipo de construcción o instalación deberá considerarse como una vivienda para los fines del censo, siempre que se encuentre habitada" [15].

En base a las definiciones anteriores podemos establecer que la vivienda es un satisfactor primordial para la población; que se convierte en problema al no ser totalmente satisfecho.

El alto costo de la vivienda y sus elementos, agudizado por el proceso inflacionario actual, aunado al acelerado crecimiento demográfico y a la especulación con el suelo urbano, han dado lugar a la existencia de un 70% de familias sin posibilidad de adquirir una vivienda propia. Al respecto se ha estimado que de 1973 a 1980 el incremento en los costos de la vivienda ha sido de 366% [16].

Como causas principales para que se produzca la insatisfacción de la vivienda se tiene la desigual distribución de la riqueza y de empleo adecuadamente remunerado para una gran parte de la población, condición que se agrava por una excesiva concentración de la población en el Distrito Federal y una intensa especulación con el suelo urbano.

Para la gran mayoría de la población es imposible satisfacer esta necesidad debido a sus exiguos ingresos comparados con los altos costos que representa obtener una vivienda. Muchas personas ante la imposibilidad de poder adquirir una vivienda se ven en la necesidad de "resolver" ellos mismos su problema mediante una serie de formas cuyas características principales son las de no satisfacer las condiciones mínimas de habitabilidad socialmente determinadas (poseer agua, luz, drenaje, pocas personas por habitación, etc.); algunas de estas formas son vecindades, ciudades perdidas, tugurios autoconstruidos en lotes invadidos o en fraccionamientos ilegales, etcétera.

En el Distrito Federal esta problemática se manifiesta primordialmente por la difícil accesibilidad de la población de bajos recursos al suelo urbano. Dentro de la ciudad, existe un espacio limitado que es constantemente requerido para diferentes propósitos e intereses.

Además debe tomarse en cuenta que en la ciudad se presenta una dinámica sumamente acelerada, lo que constituye un problema para la planeación del uso del suelo, ya que siendo la tierra la base para estructuras de larga vida, las decisiones tomadas actúan a largo plazo.

La calidad de la vida urbana depende de la forma en que se utilice la tierra. Las distancias entre los lugares de trabajo, las viviendas y las zonas de servicios, es uno de los factores que influyen en la calidad de la vida urbana. No solo se trata de tener, después de todo, un derecho a la vivienda, sino a todas las actividades urbanas.

Los programas de vivienda llevados a cabo por el sector público, así como algunos proyectos llevados a cabo por el sector privado, suelen utilizar tierra más barata alejada del centro de la ciudad, lo que aumenta incesantemente el tamaño del área

urbana. Por otra parte los propietarios de la tierra agrícola de la periferia urbana se abstienen de vender sus propiedades mientras no se decreta el cambio de uso del suelo, por otro lado existe gran presión por parte de los fraccionadores e instituciones para usar esa tierra en proyectos urbanos. Todo esto produce un rápido incremento en los precios de la tierra alrededor de la ciudad.

El incremento en los precios de la tierra genera muchos efectos. En primer lugar, un alza en los precios de las viviendas, lo que representa una fuerte limitante para los grupos de bajos ingresos de la población, quienes se ven forzados a adquirir viviendas lejos de la ciudad, elevando sus costos de transporte, o en otros casos se ven en la necesidad de invadir tierras en zonas más céntricas. En segundo lugar, incrementa la riqueza de los fraccionadores y propietarios de bienes raíces.

El déficit estimado para 1980 en el Distrito Federal es de aproximadamente medio millón de viviendas, cifra que evidencia las enormes dimensiones del problema al compararse con las de 1970, que arrojaban un déficit de 130 mil viviendas en la entidad [17].

Por otro lado, las políticas gubernamentales tendientes a la solución del problema habitacional, que se ven reflejadas en organismos como el INFONAVIT (Instituto Nacional de Fomento a la Vivienda de los Trabajadores) o el FOVISSSTE (Fomento a la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado), entre los más importantes, no han tenido resultados totalmente favorables, pues al excluir de sus acciones a la población no asalariada y a la que gana menos de 2.5 veces el salario mínimo, se ha reforzado la utilización de mecanismos informales para el acceso a la vivienda.

Además los sistemas financieros no han sabido enfrentarse a la realidad económica y social de los sectores de más bajos

ingresos. Aunado a la escasez de recursos financieros, no hay mecanismos e instrumentos que garanticen los créditos otorgados a los sectores de menores recursos.

Las personas de estratos socioeconómicos bajos (de cero a dos veces el salario mínimo) no son sujetos de crédito ante ninguna institución bancaria, ya que su capacidad de pago es prácticamente inexistente al dedicar aproximadamente el 82% de su ingreso a la alimentación, vestido y transporte, dejando solo un 6% para la vivienda. Los sistemas de financiamiento bancarios están destinados a grupos de ingresos muy superiores al salario mínimo, con tasas de interés excesivamente altas.

Por ello, a partir de la década de los setentas la autoconstrucción fue reconocida como la solución más viable al problema habitacional. Para 1980, más del 60% de la población del Distrito Federal recurrió a mecanismos informales en la obtención de un habitat mínimo estimándose que aproximadamente el 65% de las viviendas han sido construídas por sus habitantes sin una asistencia adecuada, ubicadas en colonias donde faltan servicios de infraestructura y equipamiento, con una localización inadecuada respecto a las fuentes de trabajo y con irregularidad en la tenencia de la tierra.

Ahora bien, en el Distrito Federal tenemos basicamente cinco diferentes tipos de uso del suelo: habitacional, industrial, servicios, vialidad y áreas verdes (espacios abiertos).

En el renglón de uso habitacional, se estima que el 54% del área urbana se ocupa para este fin. De este porcentaje, poco más de la mitad (54.38%) lo ocupan zonas de vivienda unifamiliar y el resto se dedica a vivienda plurifamiliar (departamentos, vecindades y lotes ocupados por mas de dos familias).

El 5% del área urbana se dedica a usos industriales, el 7% a servicios, el 28% a vialidad y el 6% a áreas verdes.

#### 4.1.3 EXPLICACION DEL CONTEXTO.

Obtener las variables que intervienen en el problema, es quizás uno de los pasos más interesantes en la elaboración de un modelo de simulación en Dinámica de Sistemas.

Al realizar cualquier estudio sobre aspectos sociales, el componente fundamental será la población. Dinámica de Sistemas tiene la capacidad de prever tendencias futuras de la población y, para el objetivo de este modelo, de la población urbana.

Contar con estimaciones futuras de población permite "...prever el aumento futuro de la demanda a la que tendrán que hacer frente la administración pública y en general los sectores productivos de la economía" [18].

"La proyección de la población en las ciudades se hace bajo ciertos supuestos sobre el comportamiento futuro de los procesos demográficos: mortalidad, fecundidad y migración. De estos procesos, la migración es la menos predecible debido a un sinúmero de factores que la determinan y que varían en el tiempo y en el espacio" [19].

En base a lo anterior, debemos seleccionar variables que nos permitan disgregar la fecundidad, la mortalidad y la migración.

Dentro de la fecundidad, las variables más importantes que la determinan son: la tasa bruta de natalidad, el número de mujeres en edad fértil, el acceso a métodos de planificación familiar, etcétera.

La mortalidad es medible a través de variables como: la tasa bruta de mortalidad, la tasa de mortalidad infantil (defunciones de menores de un año por 1000 habitantes), la esperanza de vida al nacer, el acceso a servicios de salud, etcétera.



Para la migración, se encuentran factores tanto de rechazo como de atracción, entre los que se incluyen la densidad de población, la disponibilidad de empleo, el acceso a servicios de salud y educacionales, los índices de criminalidad y delincuencia, fenómenos meteorológicos o geológicos, etc.

En cuanto a la vivienda se tienen variables como la fracción del producto interno bruto dedicada a la industria de la construcción, el porcentaje de la fracción anterior dedicada a la construcción de viviendas, la disponibilidad de suelo urbano, la inflación que afecta continuamente el precio de los materiales para construcción y de la mano de obra, el salario en sus diferentes categorías, el déficit de viviendas, el número de viviendas en condiciones precarias, el crédito para vivienda, las tasas de interés, el costo de alquiler de la vivienda, el número de personas con vivienda propia, los organismos gubernamentales para construcción de vivienda, etcétera.

#### 4.1.4 SINTOMAS DEL PROBLEMA.

Dentro de los síntomas del problema se explica cuales fueron las variables seleccionadas del grupo anterior para la construcción del modelo de población-vivienda.

Primeramente, para la población se tomaron en cuenta los nacimientos, las defunciones, la inmigración y la emigración. Tanto los nacimientos como las defunciones se ven influidos por la población. Mientras que la inmigración y la emigración son afectadas también por la población, además de la disponibilidad de empleo, la densidad de población y el índice de hacinamiento por vivienda.

Las causas que afectan a la inmigración y a la emigración fueron determinadas como las más importantes para el objeto de estudio del modelo.

La disponibilidad de empleo es influenciada por la población económicamente inactiva y por el número de empleos existentes.

Además la población genera una necesidad de vivienda, y ésta una demanda de vivienda, lo que repercute en el número de viviendas por autoconstrucción y por la industria de la construcción. Construir viviendas se ve reflejado en el número total de viviendas que a su vez actúa en el número de personas por vivienda, y esta en la inmigración y la emigración.

Sin embargo, no es posible construir viviendas indefinidamente (aunque se contara con todos los recursos), ya que solo existe una cierta fracción disponible de terreno que no podrá ser rebasada. El suelo, es entonces, una limitante para la construcción de vivienda y para el establecimiento de otros usos del suelo (industrial, vialidad, áreas verdes, etc.).

#### 4.1.5 MODOS DE COMPORTAMIENTO DE REFERENCIA.

Los principales Modos de Comportamiento de Referencia que se utilizaron en este modelo se pueden dividir en dos grupos: los que se refieren a procesos de tipo demográfico y los que tienen que ver con aspectos de la vivienda.

En cuanto a los aspectos de tipo demográfico, existen proyecciones para el Distrito Federal en cuanto a tasas de natalidad y mortalidad para el período 1980-2000. De estas se desprende que la tasa de natalidad baja senciblemente de 32.9 nacimientos por cada mil habitantes en el año de 1980 a 20.4 en el año 2000 (figura 4.1). Para la proyección sobre tasa de mortalidad en el mismo período, tenemos que de un valor de 5.6 muertes por cada mil habitantes en 1980, se espera reducirla a 5.5 en el año 2000 (figura 4.2). Estas gráficas se elaboran en base a datos del Consejo Nacional de Población [20].

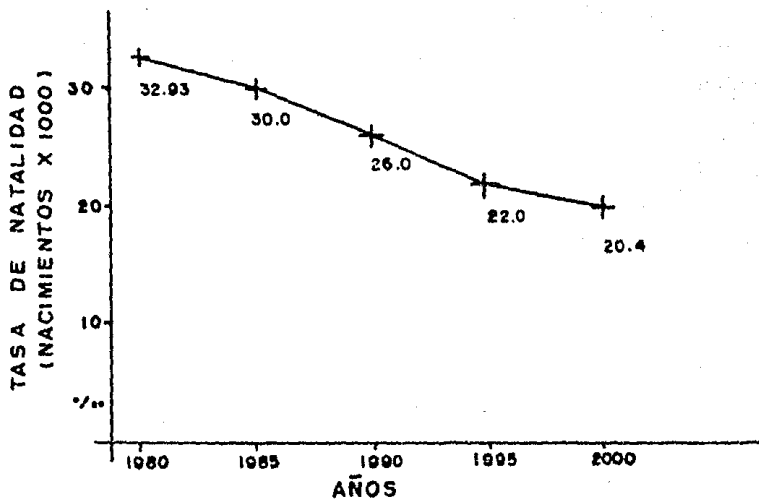


Figura 4.1 Proyección de la tasa de natalidad 1980-2000.

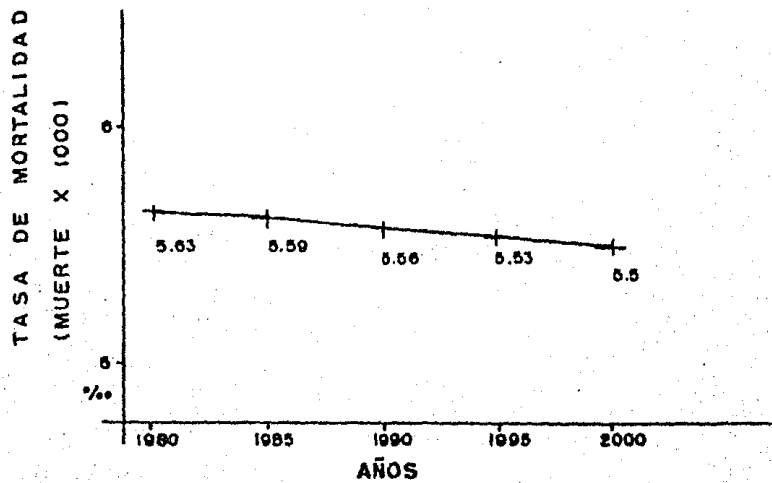


Figura 4.2 Proyección de la tasa de mortalidad 1980-2000.

Para el cálculo de la inmigración se utiliza el valor de 451,582 personas en el año de 1980 [21]. Sin embargo, no existen datos que expliquen las causas que generaron esta inmigración. Para determinarla en años subsecuentes se hace uso de otras tres variables: el índice de hacinamiento, la disponibilidad de empleo y la densidad de población por kilómetro cuadrado. Los valores se obtienen a partir de reglas de tres (simple o inversa dependiendo del caso), y se expresan en un porcentaje de la población que inmigrará en un determinado instante de tiempo. El peso que se le da a cada una de estas variables es el mismo, o sea en cada caso en particular intervienen las tres variables en la misma proporción. En la figura 4.3 se muestra que a un aumento en el índice de hacinamiento, existe una disminución en la inmigración. En cuanto a la disponibilidad de empleo (figura 4.4), un aumento de esta lleva a un aumento en la inmigración. Por último, a un aumento en la densidad de población (figura 4.5) se presenta una disminución en la inmigración.

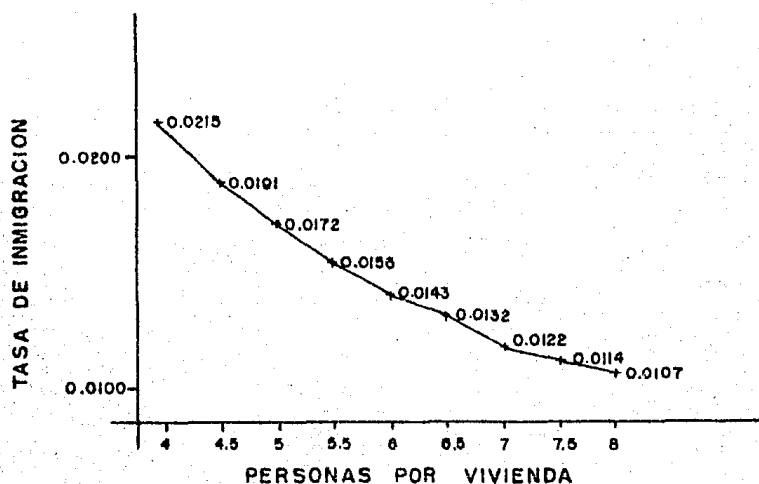


Figura 4.3 Relación entre la inmigración y el índice de hacinamiento.

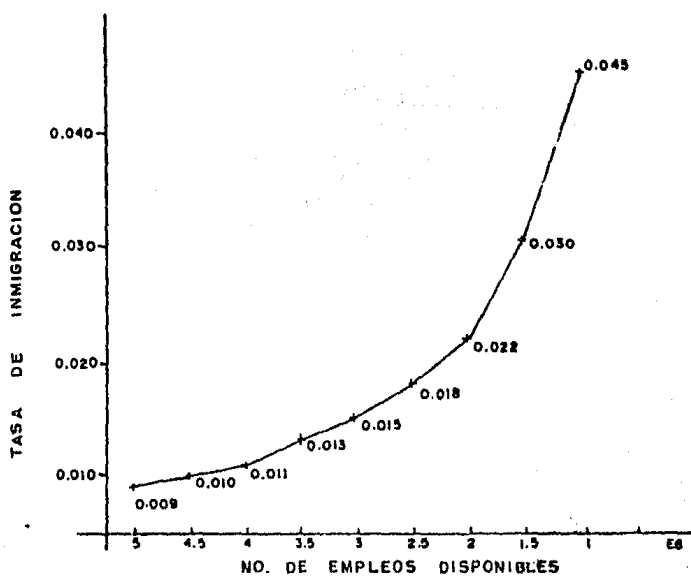


Figura 4.4 Relación entre la inmigración y la disponibilidad de empleo.

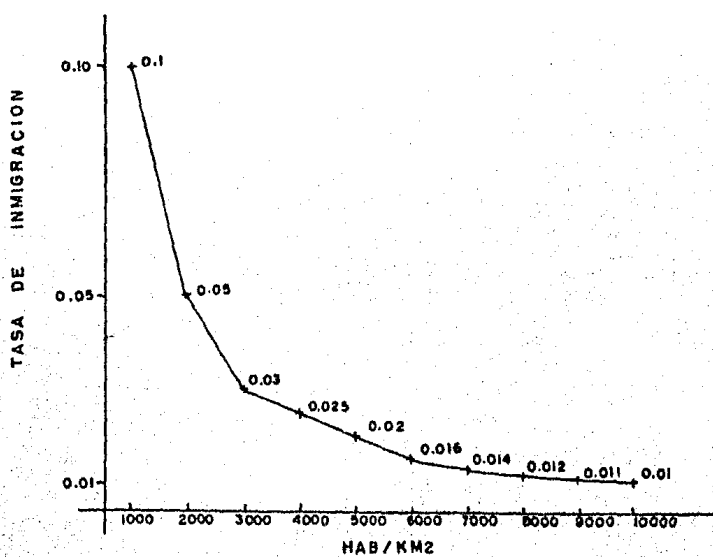


Figura 4.5 Relación entre la inmigración y la densidad de población.

El cálculo de la emigración se efectúa de la misma forma que el de la inmigración, destacando lógicamente, que los resultados obtenidos son diametralmente opuestos. A un mayor índice de hacinamiento (figura 4.6) se presenta una mayor emigración. Para la disponibilidad de empleo (figura 4.7), un aumento en este parámetro lleva a una disminución en la emigración. Por último, un aumento en la densidad de población (figura 4.8) produce una baja en el número de emigrantes.

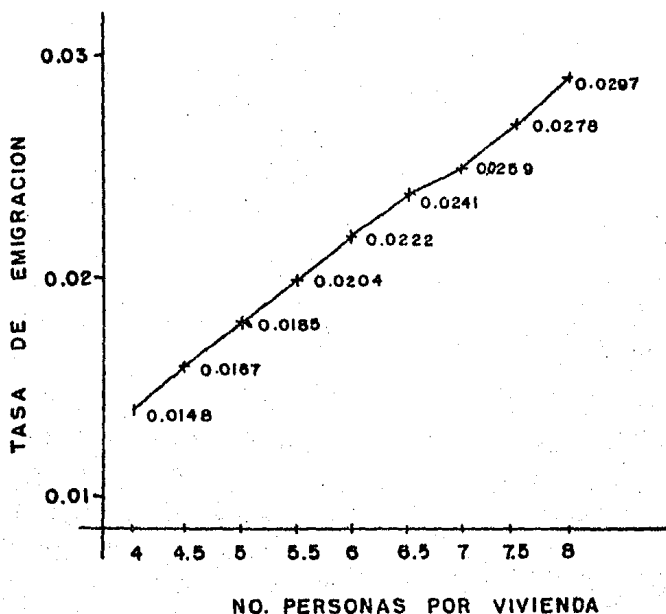


Figura 4.6 Relación entre la emigración y el índice de hacinamiento.

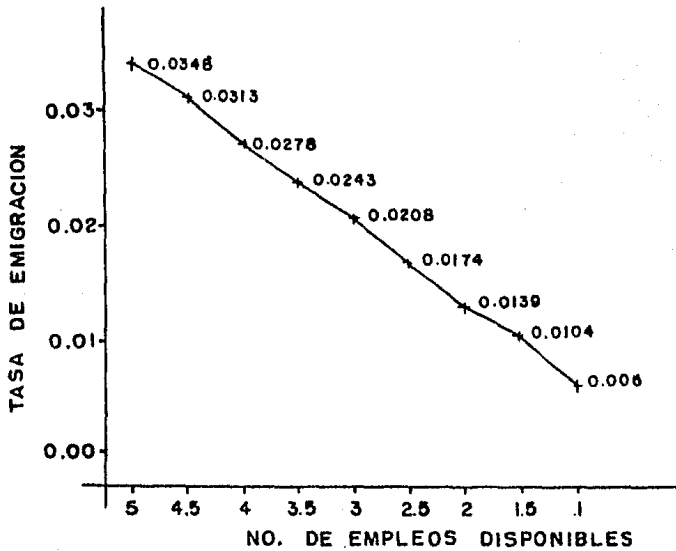


Figura 4.7 Relación entre la emigración y la disponibilidad de empleo.

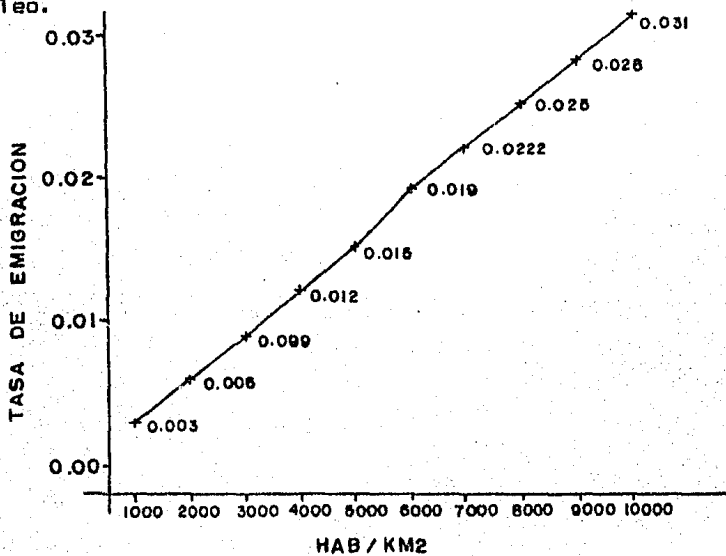


Figura 4.8 Relación entre la emigración y la densidad de población.

Otro de los aspectos importantes es el de la vivienda, sin embargo, no se dispone de datos exactos sobre el número de viviendas que se construyen cada año. Esto, debido a que una vivienda puede ser autoconstruída (y no necesariamente contar con todos los servicios), o puede ser construída por algún organismo del Estado o empresa particular.

Para obtener los valores del modelo se procedió a restar el número de viviendas existentes en 1980 del de 1970. A continuación se dividió entre 10, obteniéndose así el promedio de viviendas construídas por año. Considerando que para 1980 el déficit de vivienda era de medio millón, puede establecerse una relación entre la demanda de vivienda y la construcción de la misma. Además se toma en cuenta que el 65% de la vivienda es autoconstruída, mientras que el 35% restante se debe a otros medios. Estas cantidades se manejan como unidades de vivienda debido a las facilidades numéricas que esto representa para el modelo.

La figura 4.9 muestra la relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas autoconstruídas. Mientras que la figura 4.10 señala la relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas edificadas por la industria de la construcción.



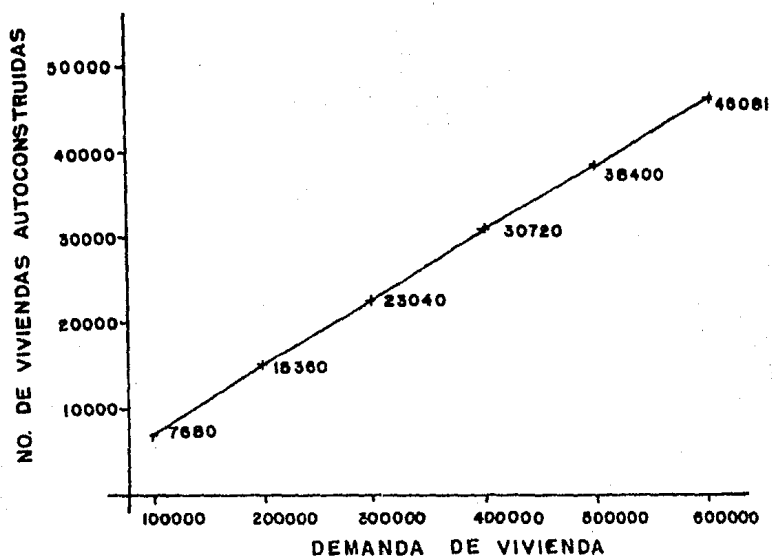


Figura 4.9 Relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas autoconstruidas.

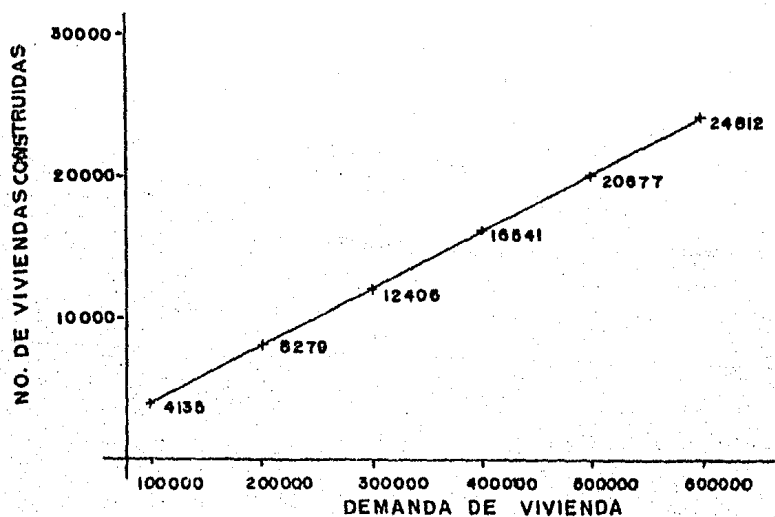


Figura 4.10 Relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas edificadas por la industria de la construcción.

## 4.2 CONCEPTUALIZACION DEL SISTEMA.

### 4.2.1 PROPOSITO DEL MODELO.

El propósito del modelo de población-vivienda es primeramente, mostrar de una forma detallada una aplicación práctica de la metodología de Dinámica de Sistemas y, en segundo lugar, tener un modelo que refleje las tendencias y los cambios que es posible esperar en cuanto a población y vivienda en el Distrito Federal, durante el período comprendido de 1980 al año 2000.

### 4.2.2 FRONTERA DEL SISTEMA.

La frontera que se ha establecido para este modelo es muy sencilla e incluye variables endógenas y variables exógenas.

Como variables endógenas tenemos que, por una parte, solamente se usan cuatro variables que determinan la población (nacimientos, defunciones, inmigración y emigración).

Para determinar la inmigración y la emigración se usan las mismas variables, que generan factores de atracción y de rechazo y son: la disponibilidad de empleo, el índice de hacinamiento (personas por vivienda), la densidad por kilómetro cuadrado y la población.

La disponibilidad de empleo se genera través de la población económicamente inactiva y del número de empleos existentes.

El índice de hacinamiento resulta de la población y del número total de viviendas.

Para obtener el total de vivienda se utiliza el número de viviendas por autoconstrucción y el número de viviendas por la industria de la construcción. Estas dos se generan a partir de la demanda de vivienda, que es resultado de la necesidad de vivienda. La necesidad de vivienda se obtiene a partir del número de viviendas totales y de la población.

El factor limitante para la construcción de viviendas es la fracción libre de terreno.

Para conocer la fracción ocupada de terreno, se recurre a dividir la vivienda en cinco tipos principales: vivienda unifamiliar, vivienda plurifamiliar tipo 1, vivienda plurifamiliar tipo 2, viviendas departamentales y conjuntos habitacionales.

Se conoce como vivienda unifamiliar "una o dos viviendas como máximo construídas en un predio y con un cuarto de cocina cada una de ellas" [22].

Habitación plurifamiliar tipo 1 se define como: "más de dos viviendas en un predio, con un sistema constructivo y materiales que les dan un carácter permanente. Tienen incluida la cocina y el baño en forma común" [23].

Para vivienda plurifamiliar tipo 2 se da la siguiente definición: "más de dos viviendas en un predio, pero su sistema constructivo no asegura la permanencia de la construcción. Tienen cocina y baño en forma común" [24].

Se llama vivienda departamental a "... más de dos viviendas en un predio, con un sistema constructivo y materiales que le dan un carácter permanente... tienen una cocina y un baño en el interior por vivienda" [25].

Los conjuntos habitacionales son "... un conjunto de viviendas con las siguientes características: tienen una planeación en conjunto; pueden ser casas aisladas o edificios; más de tres edificios o más de 50 casas aisladas; conservan en común servicios de administración, estacionamiento, vigilancia y mantenimiento" [26].

Esta división no se muestra en el diagrama causal por no ser importante para éste. Sin embargo, dentro del diagrama tasa-nivel se calcula la cantidad de terreno que ocupa cada una de ellas, y a partir del total de suelo ocupado por vivienda, se calculan otros tipos de uso del suelo.

Como variable exógenas tenemos a todas aquellas que se toman como constantes: la tasa de generación de empleos, el número de personas deseadas por vivienda, el área ocupada por vivienda, la fracción de viviendas que corresponden a determinado tipo (unifamiliar, plurifamiliar tipo 1, plurifamiliar tipo 2, etc.), el porcentaje de población económicamente inactiva, etc.

#### 4.2.3 ESTRUCTURA DE RETROALIMENTACION.

Una vez establecidas las variables que forman la frontera del sistema, es posible elaborar el diagrama causal del modelo que se muestra en la figura 4.11.

Dicho modelo se presenta completo, pero para una mayor facilidad en su manejo se ha dividido en pequeñas secciones que a continuación se explican.



la emigración forma un circuito negativo (cuando crece la población se generan condiciones socioeconómicas negativas, lo cual favorece la salida de población del Distrito Federal y por ende una disminución de la misma).

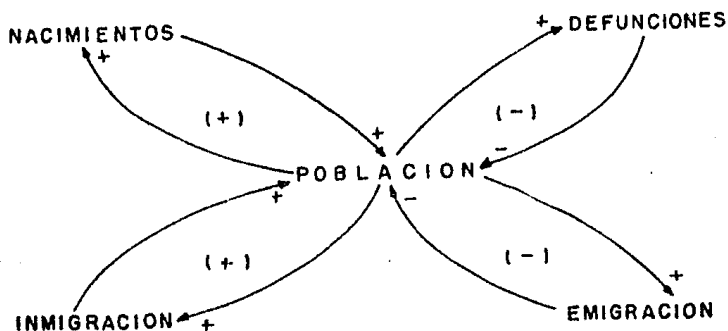


Figura 4.12 Circuitos básicos que afectan el crecimiento de la población.

A partir de aquí los circuitos que se generan para la población son más complejos (figura 4.13): al aumentar la población se genera una mayor cantidad de población económicamente activa (personas que tienen empleo) e inactiva (sin empleo), siendo esta última la importante para el modelo ya que es la que ocupa los empleos que se van generando, y tiene una liga causal positiva; cuando crece la población económicamente inactiva, la disponibilidad de empleo disminuye (liga causal negativa); al crecer la disponibilidad de empleo, se genera una mayor inmigración (liga causal positiva) y una menor emigración (liga causal negativa). A este nivel se cuenta entonces con dos circuitos mayores de retroalimentación: el que se liga a la inmigración que es negativo (número impar de ligas causales negativas) y el que lo hace a la emigración (número de ligas

causales negativas par). Por otra parte al aumentar el empleo la disponibilidad de empleo aumenta (liga causal positiva).

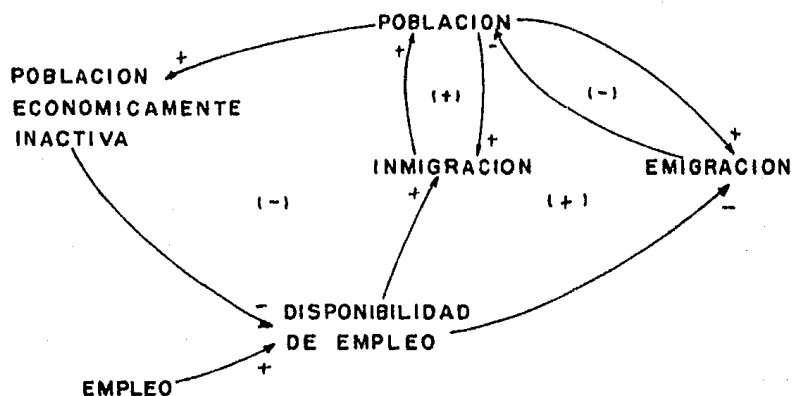


Figura 4.13 Circuitos de población-migración a través de disponibilidad de empleo.

Por otro lado (figura 4.14), al aumentar la población, la densidad de habitantes por kilómetro cuadrado aumenta (liga causal positiva), y al aumentar la densidad la inmigración disminuye y la emigración aumenta (se forman dos circuitos mayores de retroalimentación, ambos de signo negativo).

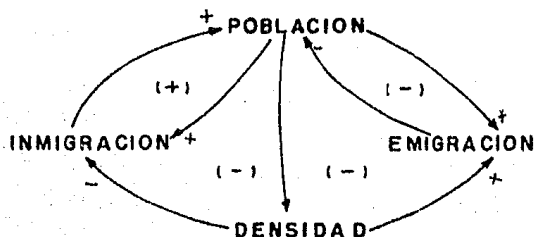


Figura 4.14 Circuitos de población-migración a través de densidad de población.

Otro circuito es el que liga a la población y a la emigración por medio de la vivienda (figura 4.15). Cuando crece la población se genera una mayor necesidad de vivienda (liga causal positiva) y, al crecer ésta, la demanda de vivienda aumenta (liga causal positiva); al aumentar la demanda de vivienda se aumenta el número de viviendas autoconstruídas (liga causal positiva) y el número de viviendas edificadas por la industria de la construcción (liga causal positiva), al aumentar el número de viviendas construídas, el número total de viviendas se incrementa (ambas ligas son positivas). Al aumentar la vivienda total, la necesidad de vivienda disminuye (liga causal negativa); puede observarse aquí que se ha cerrado un circuito de retroalimentación menor con signo negativo. Continuando con el circuito mayor, al crecer el número total de viviendas, el número de personas por vivienda (índice de hacinamiento) disminuye (liga causal negativa), al aumentar el número de personas por vivienda la inmigración disminuye (liga causal negativa) y la emigración aumenta (liga causal positiva). Aquí se cierran dos circuitos de retroalimentación, tanto el de inmigración como el de emigración tienen signo positivo (número par de ligas causales negativas).

Por último, tenemos los circuitos que se forman a partir de la fracción libre de terreno (figura 4.16). Cuando aumenta la fracción libre de terreno, el número de viviendas que es posible construir a través de la industria de la construcción y de la autoconstrucción aumenta (ligas causales positivas), al aumentar el número de viviendas construídas la fracción ocupada de terreno aumenta. Cuando la fracción ocupada de terreno aumenta la fracción libre disminuye (liga causal negativa). El circuito de retroalimentación que se genera aquí es de signo negativo).

Existen dos circuitos de retroalimentación más: al aumentar tanto el número de viviendas edificadas por la industria de la construcción y por autoconstrucción, la fracción libre de terreno disminuye (ligas causales negativas). Tenemos pues que, los circuitos aquí son negativos ya que tienen un número impar de ligas causales negativas.



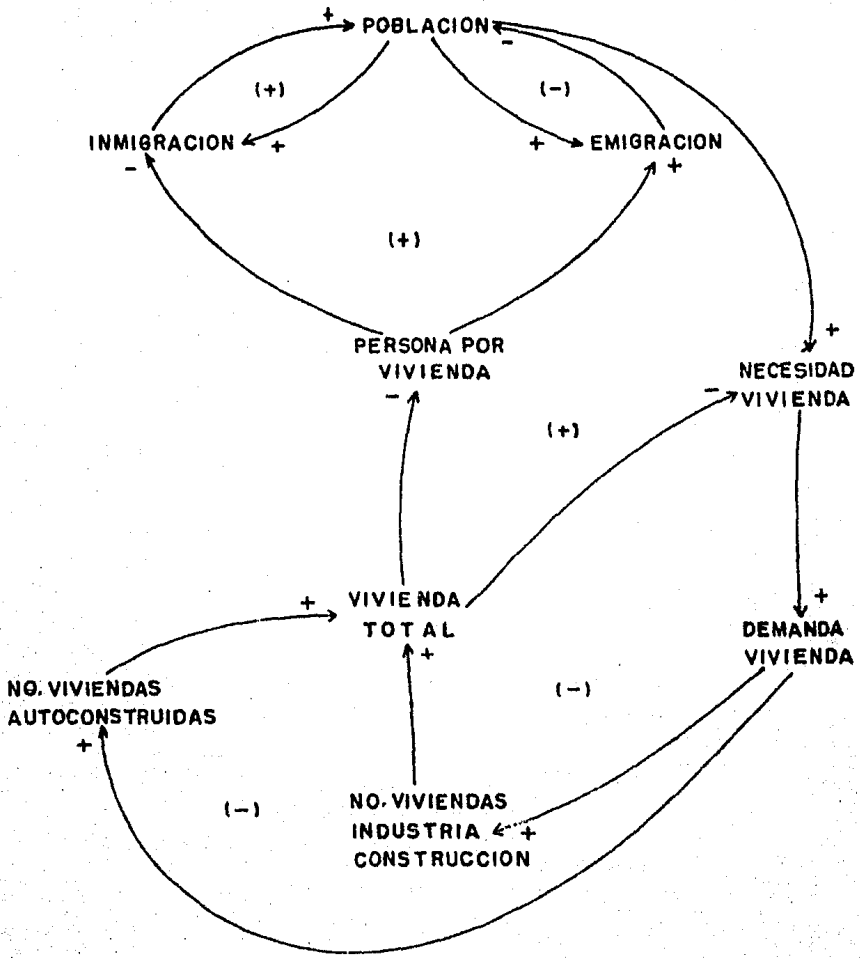


Figura 4.15 Circuitos de población-migración a través de vivienda.

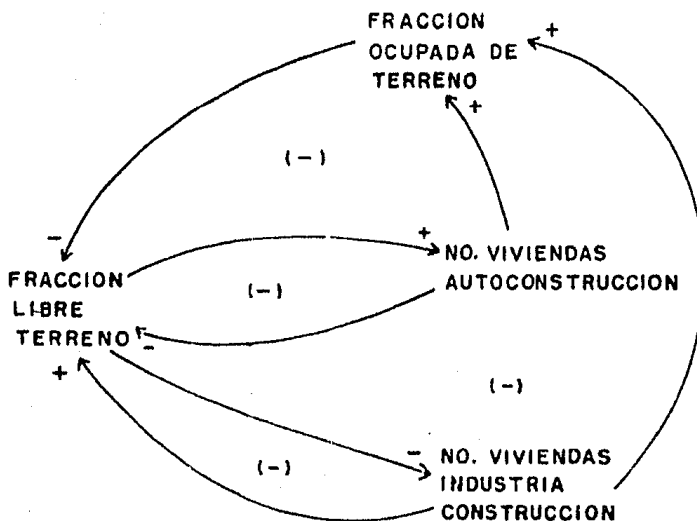


Figura 4.16 Circuitos que involucran la fracción libre de terreno.

#### 4.3 FORMULACION DEL MODELO.

##### 4.3.1 FORMULACION DEL MODELO EN DINAMICA DE SISTEMAS.

##### 4.3.1.1 TIPOS DE VARIABLES.

La estructura secundaria (la estructura primaria es el diagrama causal) de un modelo obtenida a partir de un sistema, se forma por medio de variables. Estas variables se dividen en tres grupo principales: niveles, flujos y auxiliares. Cada uno de estos grupos presenta características especiales que a continuación se describen.

### a) NIVELES.

Los niveles son las acumulaciones dentro del sistema con respecto al tiempo. La evolución de estas variables es significativa para el estudio del sistema, ya que representan valores medibles en un instante determinado.

Estos valores se obtienen a partir de la diferencia entre un flujo de entrada y uno de salida. Las acumulaciones pueden ser positivas o negativas. Ejemplos de variables de nivel son: la población (que es medible en un instante determinado y puede aumentar o disminuir dependiendo de un sinnúmero de factores), el empleo, la vivienda, las áreas de cultivo, etc.

Una prueba que permite definir si una variable es un nivel o un flujo consiste en considerar si la variable continuará existiendo o no, y si seguirá teniendo significado en un sistema que se ha detenido. Si toda actividad en forma de flujos tuviera que cesar, los niveles todavía existirían. El detener la inmigración y la emigración de una ciudad no influye en la existencia continuada de una población dentro de la misma.

Los niveles se dan tanto en la red de información como en la red física de material. Los niveles de información aparecen en las actitudes mentales que influyen las decisiones. Los de complacencia, optimismo y recuerdo de una desastrosa depresión pasada ejercen presión sobre el comportamiento económico actual.

Características comunes a todos los niveles es que cambian lentamente en respuesta a las alteraciones de otras variables, y que dichas alteraciones tienen lugar a través de variables de flujo.

## b) FLUJOS.

De lo expuesto hasta este momento surge la naturaleza de los flujos. Estos corresponden a la actividad que se desarrolla en un sistema, mientras que, los niveles, miden el estado resultante.

Las variables de flujo: determinan las variaciones en los niveles del sistema; caracterizan las acciones que se toman en el mismo, las cuales quedan acumuladas en los correspondientes niveles; y determinan como se convierte la información disponible en una acción o actuación.

Debido a su naturaleza se trata de variables que no son medibles en sí, sino por los efectos que producen en los niveles con los que estan relacionadas. El bloque representativo de un flujo admite como señal de entrada, la información proveniente de los niveles y/o de las variables auxiliares del sistema (las variables de flujo no pueden conectarse entre sí) y suministran como salida el flujo que alimenta a un nivel.

Las ecuaciones asociadas a variables de flujo reciben la denominación de ecuaciones de flujo, funciones de decisión o ecuaciones de tasa.

A todo nivel se asocia por lo menos una variable de flujo, si el flujo entra, el nivel se incrementa y viceversa, todo dependerá de las cantidades que entren y salgan del nivel para determinar su valor.

Las ecuaciones de tasa son declaraciones de políticas que dicen en que forma se toman las "decisiones". Las políticas son las declaraciones generales de como la información pertinente se convierte a decisiones (o flujos, tasas, o corrientes de acción presente, siendo todos términos sinónimos). Las ecuaciones de flujo muestran como el sistema se controla a sí mismo.

Las decisiones que aparecen en una ecuación de flujo pueden ser abiertas, si implican la intervención de un agente externo al sistema, o implícitas, si están completamente determinadas por las variables internas del sistema. Además las unidades en que se mide una variable de flujo deben ser consistentes con las de las variables que relaciona.

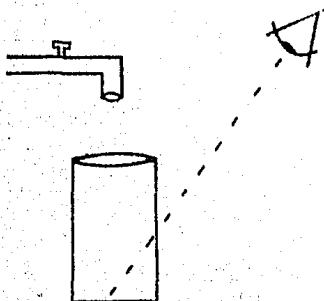
#### c) AUXILIARES.

Las variables auxiliares representan pasos o etapas en que se descompone el cálculo de una variable de flujo.

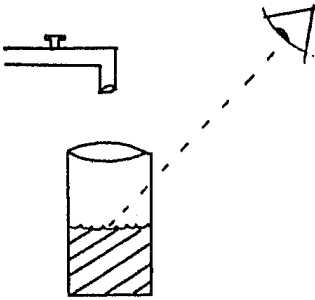
Las variables auxiliares en realidad son parte de las variables de flujo, sin embargo, se distinguen de ellas en la medida en que tengan un significado real por sí mismas, o sencillamente, porque hacen más fácil la comprensión de las ecuaciones de flujo.

#### 4.3.1.2 SIMIL DE UN SISTEMA SENCILLO.

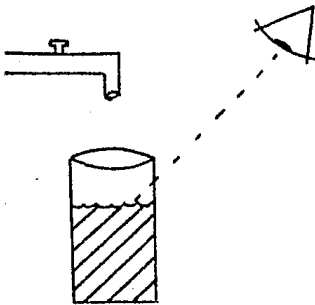
A continuación se muestra un ejemplo donde actúan las variables de nivel y de flujo, y en el que se describe un sistema compuesto de una llave de agua y un vaso que se encuentra vacío y se desea llenar por una persona.



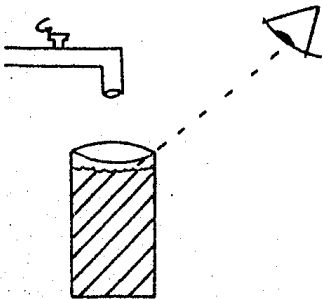
- 1.- El vaso está vacío, se toma la decisión de abrir el flujo de agua.



2.- El vaso se esta llenando (nivel 1), la decisión de mantener abierta la llave se toma considerando cuanta agua se desea en el vaso.



3.- El mismo caso anterior, sin embargo, el vaso comienza a llenarse, se empieza a pensar en la posibilidad de cerrar la llave de agua.



4.- El vaso ha alcanzado el nivel deseado y se ha tomado la decisión de cerrar la llave, el sistema ha concluído su ciclo.

Las variaciones en el nivel de agua en el vaso vienen determinadas por las actuaciones sobre la llave que regula el caudal que alimenta al vaso. La decisión sobre la apertura de esta válvula (la llave de agua) se toma teniendo como única información el valor alcanzado por el nivel del agua en un tiempo considerado. Esto dependerá de que tan lleno se desea el vaso, si todavía se considera vacío (apreciación personal), la llave se

deja abierta, mientras que, si se observa que se esta llenando, la tendencia será a cerrarla.

En este caso se aprecia que el valor tomado en cada instante por la variable de flujo (decisión de abrir o cerrar la llave) depende exclusivamente de los valores alcanzados por el nivel en dichos instantes. De la misma forma, el valor alcanzado por el nivel, depende de los valores tomados por la variable de flujo que alimenta al nivel.

A partir de este símil, es posible establecer un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden, lo que es posible evitar utilizando el lenguaje DYNAMO.

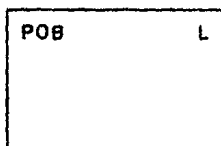
#### 4.3.1.3 DIAGRAMAS DE TASA-NIVEL.

Un diagrama de tasa-nivel representa la transición entre la descripción causal (diagrama causa-efecto) y un conjunto de ecuaciones.

El diagrama tasa-nivel expone las interrelaciones entre las ecuaciones y ayuda a clarificar la formulación del sistema. Este diagrama muestra como se disgregan los niveles y los flujos, además como estan interconectados para producir los circuitos de realimentación y como estos se ligan entre sí para conformar el sistema.

A continuación se describe el conjunto de símbolos estandard destinado a este tipo de diagramas.

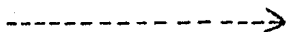
a) Niveles. Se muestra como un rectángulo. Dentro del cual se escribe el grupo de símbolos que denotan la variable de nivel en particular (por ejemplo "PQR"). Es recomendable además escribir el tipo de ecuación que representa (L). El símbolo se muestra a continuación:



b) Canales. El flujo tiene lugar en el nivel y fuera de él. Existen básicamente dos símbolos para los canales: canal material en línea continua, para magnitudes físicas que se conservan; y canal de información en línea discontinua, que no es necesario que se conserve. La función de estos símbolos es ligar a los otros elementos del diagrama. Hay que considerar que los niveles acumulan siempre flujos materiales, mientras que las variables de flujo se alimentan a partir de canales de información.



CANAL MATERIAL



CANAL DE INFORMACION

c) Flujos. Se representan con un semirectángulo con una válvula en el extremo que puede abrirse o cerrarse. Es recomendable escribir el tipo de ecuación que la define (R).

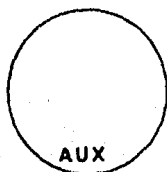




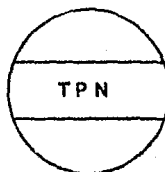
d) Fuentes y pozos. Representan flujos de entrada y salida exteriores al sistema y que no tienen ninguna importancia para el comportamiento del mismo. Estos dos (fuente y pozo) se consideran no agotables o de capacidad infinita. Se representan por una nube.



e) Auxiliares. Las variables auxiliares son conceptos en que se han subdividido los flujos porque tienen significado independiente. Se encuentran en los canales de información que controlan a los flujos y pueden sustituirse algebraicamente en las ecuaciones de flujo. El símbolo de los auxiliares es un círculo. Las entradas y salidas son siempre por canales de información. Dentro del círculo se encuentra el nombre de la variable que la define. Las variables auxiliares se pueden emplear para representar funciones de tabla. Esto es gráficas de dos variables a partir de las cuales el sistema obtiene datos importantes para su funcionamiento. Para denotar una función tabla se utiliza el mismo círculo con dos líneas paralelas.



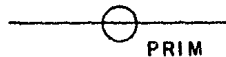
AUXILIAR



FUNCION TABLA

f) Parámetros constantes. Muchos valores numéricos que describen las características de un sistema se consideran constantes, por lo menos mientras dura la computación de una

pasada del modelo. Se denotan por un pequeño círculo cruzado por una línea (se recomienda escribir además del símbolo, el nombre de la constante).

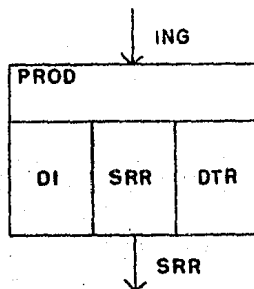


g) Variables en otros diagramas. Muy a menudo el diagrama de un sistema se divide en secciones, por lo que las fuentes y los destinos se encierran entre paréntesis con el nombre y tipo de ecuación. Se unen a través de canales con las demás variables.

(POBIN 16, A) ----->

-----> (PIB 25, N)

h) Demoras. Es un elemento que simula retrasos en la transmisión de información o de material. Las demoras exponenciales, pueden representarse por una combinación de niveles y de flujos. Sin embargo, existe un símbolo abreviado que se muestra a continuación:



- ING la tasa de ingreso.  
 PROD cantidad (nivel en tránsito).  
 DI pedido de la demora.  
 DTR constante de tiempo de la demora.

SRR la tasa de egreso.

i) Variables exógenas. Variables cuya evolución es independiente de las del resto del sistema. Representan además una acción del medio sobre el sistema. Se denotan con dos círculos, uno dentro del otro.



Con los símbolos anteriores se puede construir un diagrama tasa nivel que represente el símil del vaso de agua explicado en la sección 4.3.1.2 (Figura 4.17)

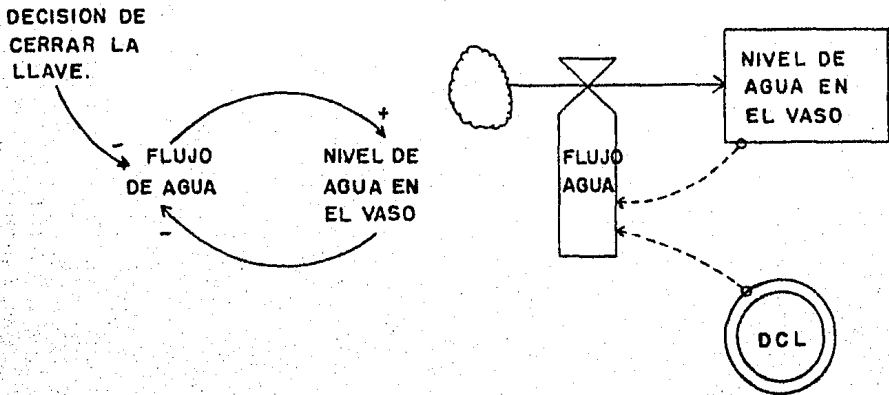


Figura 4.17 Diagrama causal y tasa-nivel del símil del vaso de agua.

Es necesario insistir en que una variable de flujo no puede actuar directamente sobre otra variable de flujo, de la misma manera que una variable de nivel no puede afectar a otra.

Una variable de nivel solo puede afectar a otra variable de nivel a través de una variable de flujo y viceversa.

Cualquier trayecto a través del diagrama de un sistema debe encontrar alternativamente niveles y flujos (estos últimos pueden estar descompuestos en auxiliares), y nunca dos variables del mismo tipo en sucesión (la excepción a esto son las variables auxiliares que si pueden formar cadenas).

#### 4.3.2. FORMULACION DEL MODELO DE POBLACION-VIVIENDA.

Una vez que se ha elaborado el diagrama causal es posible elaborar el diagrama de tasa nivel y a partir de este las ecuaciones DYNAMO.

El diagrama de tasa-nivel realizado para el modelo de población-vivienda se muestra completo en la figura 4.18, sin embargo para una mejor comprensión se ha dividido en pequeños diagramas que a continuación se explican.





El crecimiento de la población se genera a partir del diagrama que se muestra en la figura 4.19.

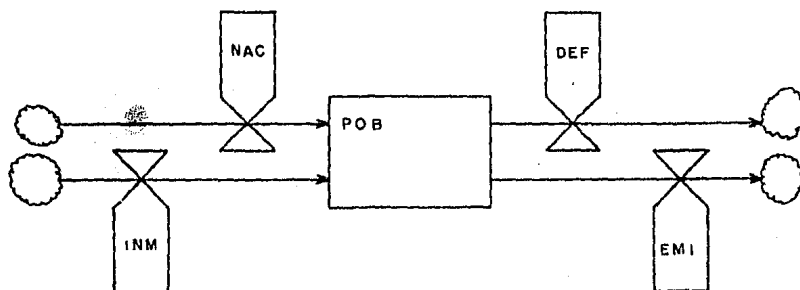


FIGURA 4.19 Nivel de población.

Aquí existe el nivel de población (POB) que es afectado directamente por dos flujos de entrada: número de nacimientos (NAC), y número de inmigrantes (INM); y dos tasas de salida: número de defunciones (DEF), y número de emigrantes (EMI). Estas variables forman la ecuación de nivel que a continuación se escribe:

$$L \quad POB.K = POB.J + (DT) * ((NAC.JK + INM.JK) - (DEF.JK + EMI.JK))$$

$$N \quad POB = 8.831E4$$

NOTE POBLACION DEL DISTRITO FEDERAL.

El flujo de nacimientos se muestra en la figura 4.20. Para calcularlo se multiplica la población total por la tasa de natalidad, esta última se obtiene a partir de una gráfica en donde la variable independiente es el año y la variable dependiente la tasa de natalidad. Las ecuaciones que la componen son:

$$R \quad NAC.KL = POB.K * TANAT.K$$

NOTE NUMERO DE NACIMIENTOS.

$$A \quad TANAT.K = TABHL(TTANAT, TIME.K, 1980, 2000, 5)$$

NOTE TASA DE NATALIDAD.  
 A  $TTANAT=0.03293/0.03/0.026/0.022/0.0204$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE NATALIDAD.

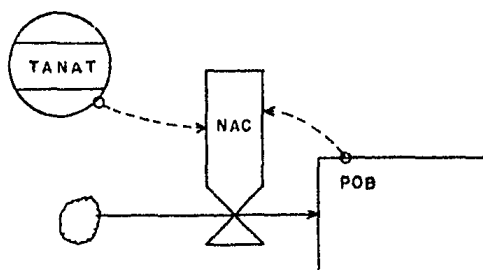


Figura 4.20 Diagrama tasa-nivel del flujo de nacimientos.

El flujo de inmigrantes (figura 4.21) se disgrega en un auxiliar llamado tasa de atracción hacia la ciudad (TAT) que se obtiene de tres tablas:

TIDE (Tasa de inmigración por disponibilidad de empleo),  
 TINMD (tasa de inmigración por densidad) y,  
 TIHA (tasa de inmigración por hacinamiento).

TIDE está en función de la disponibilidad de empleo (DISEMP), TINMD de la densidad de habitantes por kilómetro cuadrado (DENSI), y TIHA del índice de hacinamiento (HACI).

La disponibilidad de empleo (DISEMP) se obtiene a partir de un flujo de generación de empleo (GE) y de la población económicamente inactiva (PEI), ésta a su vez se obtiene de multiplicar la población del Distrito Federal por un porcentaje de población económicamente inactiva (PPEI) que es constante.

La densidad de habitantes por kilómetro cuadrado (DENSI) se obtiene de dividir a la población (POB) entre el área del Distrito Federal (AREA).



El índice de hacinamiento es producto de dividir a la población (POB) entre el número total de viviendas (VIVTOT).

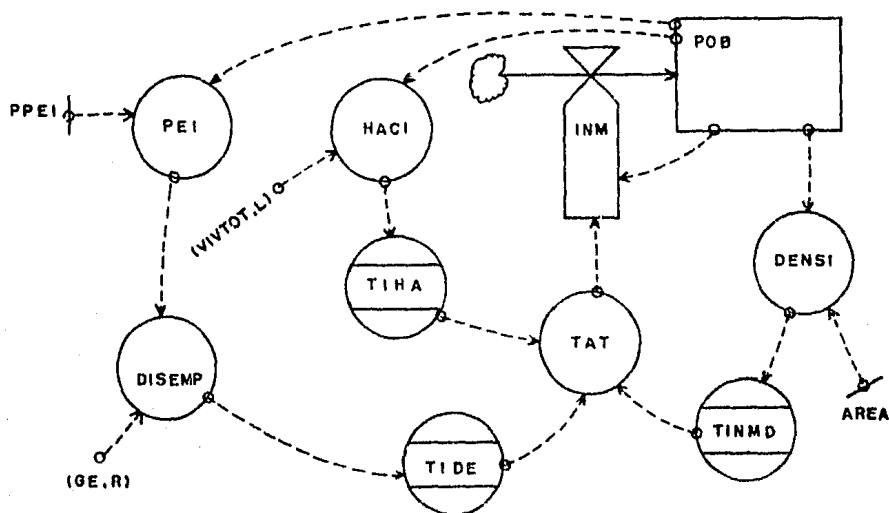


Figura 4.21 Diagrama tasa-nivel del flujo de Inmigrantes.

A continuación se muestran las ecuaciones que forman este diagrama:

R  $INM.KL=POB.K*TAT.K$

NOTE NUMERO DE INMIGRANTES.

A  $TAT.K=TIHA.K+TIDE.K+TINMD.K$

NOTE TASA DE ATRACCION HACIA LA CIUDAD.

A  $TIHA.K=TABLE(TTIHA,HACI.K,4,8,0.5)$

NOTE TASA DE INMIGRACION POR HACINAMIENTO.

T  $TTIHA=0.0215/0.0191/0.0172/0.0156/0.0143/0.0132/0.0122/$   
X  $0.0114/0.0107$

NOTE TABLA DE TASAS DE HACINAMIENTO.

A  $TIDE.K=TABLE(TTIDE,DISEMP.K,-5E6,-1E6,5E5)$

NOTE TASA DE INMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.

T  $TTIDE=0.00918/0.0102/0.0114/0.0131/0.0153/0.0183/0.0229/$   
X  $0.0306/0.0459$

NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
 A  $DISEMP.K=GE.JK-PEI.K$   
 NOTE DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 A  $PEI.K=POB.K*PPEI$   
 NOTE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 C  $PPEI=0.3239$   
 NOTE PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 A  $TINMD.K=TABLE(TTINMD,DENSI.K,1000,10000,1000)$   
 NOTE TASA DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 T  $TTINMD=0.1/0.0502/0.0334/0.0251/0.02/0.0167/0.0143/$   
 X  $0.0125/0.0111/0.01$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 A  $DENSI.K=POB.K/AREA$   
 NOTE DENSIDAD DE POBLACION.  
 C  $AREA=1499$   
 NOTE AREA DEL DISTRITO FEDERAL (KM2).  
 A  $HACI.K=POB.K/VIVTOT.K$   
 NOTE INDICE DE HACINAMIENTO.

El flujo de defunciones (DEF) de la figura 4.22 muestra como se disgrega en una variable auxiliar llamada TAMOR (tasa de mortalidad) que se obtiene a partir de una tabla en donde la variable independiente es el año, y la variable dependiente es la tasa de mortalidad. Esta tabla abarca de 1980 al año 2000.

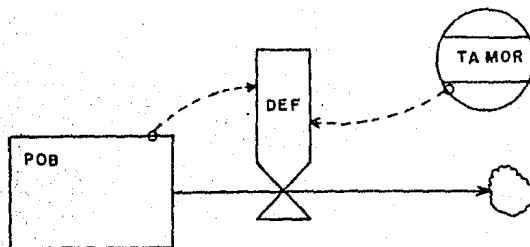


Figura 4.22 Diagrama tasa-nivel del flujo de defunciones.

Las ecuaciones de este circuito son:

R       $DEF.KL=POB.K*TAMOR.K$   
 NOTE      NUMERO DE DEFUNCIONES.  
 A       $TAMOR.K=TABHL(TTAMOR, TIME.K, 1980, 2000, 5)$   
 NOTE      TASA DE MORTALIDAD.  
 T       $TTAMOR=0.00563/0.00559/0.00556/0.00553/0.0055$   
 NOTE      TABLA DE TASAS DE MORTALIDAD.

El flujo de emigrantes EMI (figura 4.23) se obtiene de multiplicar a la población (POB) por una tasa de rechazo de la ciudad (TRE), ésta fue obtenida a partir de tres tablas:

TEMID (Tasa de emigración por densidad),  
 TEDE (Tasa de emigración por disponibilidad de empleo), y  
 TEHA (Tasa de emigración por hacinamiento).

TEMID es función de la densidad de población (DENSI), TEDE lo es de la disponibilidad de empleo (DISEMP) y TEHA del índice de hacinamiento (HACI).

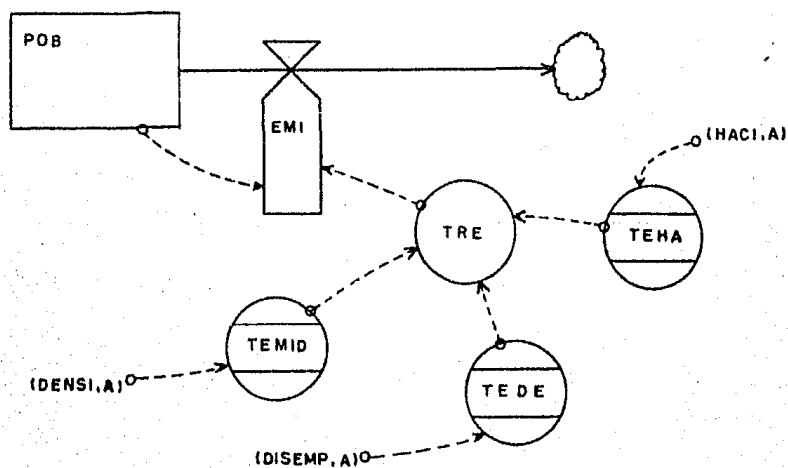


Figura 4.23 Diagrama tasa nivel del flujo de emigración.

Las ecuaciones que forman este circuito se muestran a continuación:

R  $EMI.KL=POB.K*TRE.K$   
 NOTE NUMERO DE EMIGRANTES.  
 A  $TRE.K=TEMID.K+TEDE.K+TEHA.K$   
 NOTE TASA DE RECHAZO DE LA CIUDAD.  
 A  $TEMID.K=TABLE(TTEMID,DENSI.K,1000,10000,1000)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
 T  $TTEMID=0.00318/0.00636/0.00955/0.0127/0.0159/0.0191/$   
 X  $0.0222/0.0254/0.0286/0.0318$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
 A  $TEDE.K=TABLE(TTEDE,DISEMP.K,-5E6,-1E6,5E5)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 T  $TTEDE=0.0348/0.0313/0.0278/0.0243/0.0208/0.0174/0.0139/$   
 X  $0.0104/0.00696$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
 A  $TEHA.K=TABLE(TTEHA,HACI.K,4,8,0.5)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
 T  $TTEHA=0.0148/0.0167/0.0185/0.0204/0.0222/0.0241/0.0259/$   
 X  $0.0278/0.0297$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.

La figura 4.24 muestra el diagrama tasa-nivel del nivel de empleo (EMPLEO). Este nivel se encarga de almacenar el número de empleos a partir de una tasa de generación de empleo (GE). Es en esta última donde radica la importancia del nivel, ya que es la que provee de información al auxiliar disponibilidad de empleo (DISEMP) para el cálculo de TIDE y TEDE (tasas de inmigración y emigración por disponibilidad de empleo respectivamente).

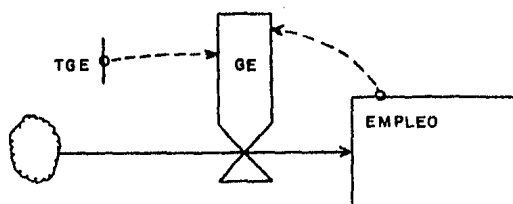


Figura 4.24 Diagrama tasa-nivel para empleo.

A continuación se muestran las ecuaciones que se forman a partir del diagrama anteriormente explicado:

L  $EMPLEO.K = EMPLEO.J + (DT) * (GE.JK)$

N  $EMPLEO = 3.3125E6$

NOTE NUMERO DE EMPLEOS.

R  $GE.KL = EMPLEO.K * CLIP(TEN.K, TGE, TIME.K, 1982)$

NOTE GENERACION DE EMPLEOS.

A  $TEN.K = CLIP(TGE, 0, TIME.K, 1984)$

NOTE TENDENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.

C  $TGE = 0.0269$

NOTE TASA DE GENERACION DE EMPLEO.

El nivel de vivienda (figura 4.25) consta de dos flujos: VIVIA (número de viviendas por autoconstrucción) y VIVIC (número de viviendas por la industria de la construcción), las que se obtienen a partir de la misma variable: demanda de vivienda (DEMVIV). La demanda de vivienda es función de la necesidad de vivienda (NECVIV), y esta última se obtiene al dividir a la población (POB) entre el número de personas deseado por vivienda (NPDVIV) para después restarlo al número total de viviendas (VIVTOT).

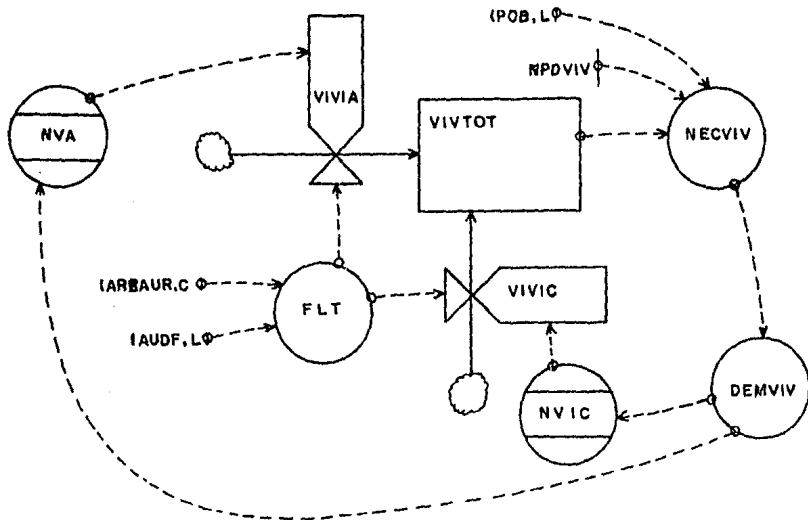


Figura 4.25 Diagrama tasa-nivel del nivel de vivienda.

A continuación se muestran las ecuaciones que componen a este nivel:

L  $VIVTOT.K = VIVTOT.J + (DT) * (VIVIA.JK + VIVIC.JK)$

N  $VIVTOT = 1.7471E6$

NOTE TOTAL DE VIVIENDAS.

A  $VIVIA.KL = CLIP(NVA.K, 0, FLT.K, 0.001)$

NOTE VIVIENDA POR AUTOCONSTRUCCION.

A  $NVA.K = TABLE(TNVA, DEMVIV.K, 100000, 600000, 100000)$

NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION.

T  $TNVA = 7680.1 / 15360.3 / 23040.5 / 30720.7 / 38400.9 / 46081$

NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. AUTOCONSTRUIDAS POR DEMANDA.

R  $VIVC.KL = CLIP(NVIC.K, 0, FLT.K, 0.001)$

NOTE VIVIENDAS POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

A  $NVIC.K = TABLE(TNVIC, DEMVIV.K, 100000, 600000, 100000)$

NOTE NUM. DE VIV. POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

T  $TNVIC = 4135.4 / 8270.9 / 12406.4 / 16541.9 / 20677.4 / 24812.8$

NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. POR IND. DE LA CONSTRUCCION.

A  $DEMVIV.K = NECVIV.K$

NOTE DEMANDA DE VIVIENDA.

A  $NECVIV.K = (POB.K / NPDVIV) - VIVTOT.K$

NOTE NECESIDAD DE VIVIENDA.

C        NPDVIV=4  
 NOTE        NUMERO DE PERSONAS DESEADAS POR VIVIENDA.  
 A        FLT.K=AREAUR-AUDF.K  
 NOTE        FRACCION LIBRE DE TERRENO.  
 C        AREAUR=1000  
 NOTE        AREA URBANIZABLE DEL DISTRITO FEDERAL.

Es importante mencionar la variable llamada fracción libre de terreno (FLT) que tiene por objeto controlar el crecimiento del área urbana. Dentro de los 1499 kilómetros cuadrados del Distrito Federal, no todos son urbanizables. Una parte tiene la característica de ser parque nacional, la otra la podemos catalogar como prácticamente inhabitable. Se consideró el área urbanizable con un valor de 1000 kilómetros cuadrados aunque, como se verá más adelante, esta variable no presenta problemas. Al ritmo que crece la ciudad, no rebasará los 1000 kilómetros cuadrados en el año 2000.

La fracción libre de terreno (FLT) se deriva del área urbana del Distrito Federal (AUDF), y es la limitante para el crecimiento de la ciudad. En la figura 4.26 se observa el nivel de área urbana (AUDF), el cual se obtiene a partir del flujo de incremento de área urbana (IAU). El incremento del área urbana (IAU) se obtiene a partir de cinco auxiliares:

FOTIND (fracción ocupada de terreno por la industria),  
 FORSER (fracción ocupada de terreno por los servicios),  
 FOTVIA (fracción ocupada de terreno por vialidad),  
 FOTEA (fracción ocupada de terreno por espacios abiertos), y  
 FOTVIV (fracción ocupada de terreno por vivienda).

En realidad las cuatro primeras tasas se obtienen a partir de reglas de tres simples tomando como base FOTVIV, sin embargo esto nos muestra cual puede ser el crecimiento de la ciudad si las condiciones en el uso del suelo crecieran en forma proporcional al actual.

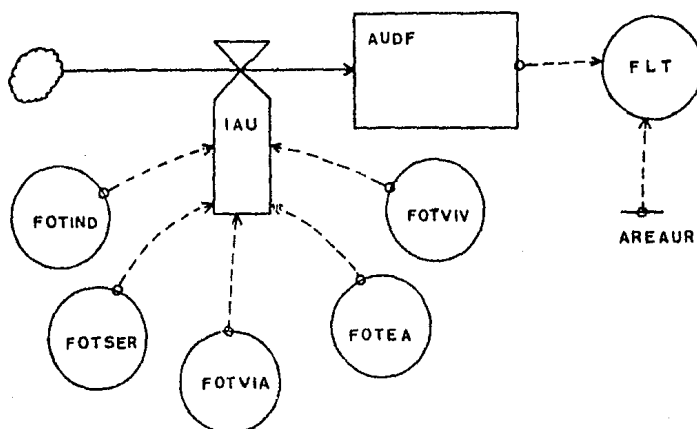


Figura 4.26 Diagrama tasa-nivel del nivel de área urbana.

A continuación se muestran las ecuaciones que se obtiene del diagrama de tasa-nivel anteriormente explicado:

L  $AUDF.K = AUDF.J + (DT) * (IAU.JK)$

N  $AUDF = 534$

NOTE AREA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL.

R  $IAU.KL = FOTIND.K + FOTSER.K + FOTVIA.K + FOTEA.K + FOTVIV.K$

NOTE INCREMENTO DEL AREA URBANA.

A  $FOTIND.K = FOTVIV.K * 26.7 / 288.36$

NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR LA INDUSTRIA.

A  $FOTSER.K = FOTVIV.K * 37.38 / 288.36$

NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR SERVICIOS.

A  $FOTVIA.K = FOTVIV.K * 149.52 / 288.36$

NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR VIALIDAD.

A  $FOTEA.K = FOTVIV.K * 32.04 / 288.36$

NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR ESPACIOS ABIERTOS.

El diagrama causal que disgrega a la fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV) lo podemos observar en la figura 4.27. Aquí FOTVIV se divide en cinco auxiliares:

FOTVU (fracción ocupada de terreno por viviendas unifamiliares),



FOTVP1 (fracción ocupada de terreno por viviendas plurifamiliares tipo 1),  
 FOTVP2 (fracción ocupada de terreno por viviendas plurifamiliares tipo 2),  
 FOTVDE (fracción ocupada de terreno por viviendas departamentales) y,  
 FOTCH (fracción ocupada de terreno por conjuntos habitacionales).

FOTVU (fracción de viviendas unifamiliares) es el resultado de multiplicar el número de las viviendas unifamiliares (UNIFAM) por el área promedio que ocupa cada vivienda (ADV). UNIFAM se obtiene de multiplicar el número de viviendas construídas en una unidad de tiempo (SVAIC) por un porcentaje llamado fracción de viviendas unifamiliares (FVU). SVAIC es la suma de el número de viviendas edificado por autoconstrucción (VIVIC) y por la industria de la construcción (VIVIA).

FOTVP1 (fracción ocupada de terreno por viviendas plurifamiliares tipo 1) es resultado de dividir el número de viviendas plurifamiliares tipo 1 (PLURI1) entre un número aleatorio (ALE1) multiplicado por el área acupada por vivienda (ADV). El número aleatorio se utiliza porque se desconoce el número de viviendas de este tipo que hay en cada predio, entonces se calculan aleatoriamente entre un rango de 2 a 4 viviendas por predio. PLURI1 es el resultado de multiplicar SVAIC por FVP1 (porcentaje de viviendas plurifamiliares tipo 1).

FOTVP2 (fracción ocupada por vivienda plurifamiliar tipo 2) se calcula de la misma forma que FOTVP1, se divide PLURI2 entre ALE2 y se multiplica por ADV. El rango del número aleatorio aquí también va de 2 a 4 viviendas por predio. PLURI2 es el resultado de multiplicar SVAIC por FVP2 (porcentaje de viviendas plurifamiliares tipo 2).



Para calcular (FOTVDE) se sigue la misma tónica de las anteriores. Sin embargo aquí, el número aleatorio (ALE3) toma valores que van de 2 a 12 viviendas por predio.

El cálculo de FOTCH (fracción ocupada de terreno por conjuntos habitacionales) se realiza de la misma forma. El número aleatorio toma valores de 3 a 15 viviendas por predio.

En los casos donde el rango en el que se obtiene el número aleatorio es el mismo, se usan diferentes variables para obtener números aleatorios diferentes.

Las ecuaciones que se obtiene a partir de este diagrama se muestran a continuación:

A  $FOTVIV.K = FOTVU.K + FOTVP1.K + FOTVP2.K + FOTVDE.K + FOTCH.K$

NOTE FRACCION OCUPADA DE TERRENO POR VIVIENDA.

A  $FOTVU.K = UNIFAM.K * ADV$

NOTE F. O. T. POR VIVIENDA UNIFAMILIAR.

C  $ADV = 0.000125$

NOTE AREA OCUPADA POR VIVIENDA (KILOMETROS CUADRADS).

A  $UNIFAM.K = SVAIC.K * FVU$

NOTE NUMERO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

A  $SVAIC.K = VIVIA.JK + VIVIC.JK$

NOTE SUMA DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION Y

NOTE POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

C  $FVU = 0.5438$

NOTE FRACCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

A  $FOTVP1.K = PLUR11.K / ALE1.K * ADV$

NOTE F. O. T. POR VIVIENDA PLURIFAMILIAR TIPO 1.

A  $PLUR11.K = SVAIC.K * FVP1$

NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.

C  $FVP1 = 0.16$

NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.

A  $ALE1.K = 2 + (2 * NOISE()) + 1$

NOTE GENERACION DE UN NO. ALEATORIO PARA PLUR11.

A            FOTVP2.K=PLURI2.K/ALE2.K\*AOV  
 NOTE            F. O. T. POR VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 A            PLURI2.K=SVAIC.K\*FVP2  
 NOTE            NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 C            FVP2=0.1067  
 NOTE            FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 A            ALE2.K=2+(2\*NOISE()+1)  
 NOTE            GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA PLURI2.  
 A            FOTVDE.K=DEPAR.K/ALE3.K\*AOV  
 NOTE            F. O. T. POR VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A            DEPAR.K=SVAIC.K\*FVDEP  
 NOTE            NUMERO DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 C            FVDEP=0.895  
 NOTE            FRACCION DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A            ALE3.K=2+(10\*NOISE()+5)  
 NOTE            GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA DEPAR.  
 A            FOTCH.K=COHAB.K/ALE4.K\*AOV  
 NOTE            F. O. T. POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A            COHAB.K=SVAIC.K/FVCH  
 NOTE            NUMERO DE VIVIENDAS POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 C            FVCH=0.1  
 NOTE            FRACCION DE VIVIENDAS EN CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A            ALE4.K=3+(12\*NOISE()+6)  
 NOTE            GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA COHAB.  
 N            TIME=1980  
 NOTE            INICIALIZACION DEL TIEMPO.

Para una mayor información sobre el funcionamiento de las ecuaciones se da una descripción detallada del lenguaje DYNAMO en el Anexo E.

Una vez elaboradas las ecuaciones del modelo a partir del diagrama tasa-nivel se pasa a la etapa de simulación y a la de evaluación.

## CAPITULO V

### ANALISIS DE POLITICAS PARA EL MODELO DE POBLACION-VIVIENDA

#### 5.1 INTRODUCCION.

Dentro de este capítulo se hacen tres análisis de políticas sobre el modelo de población-vivienda. El primero de ellos se refiere a las condiciones que se presentaban antes del sismo del 19 de septiembre de 1985, el segundo se refiere a los cambios sufridos debido al sismo y a las principales políticas propuestas por el gobierno. Por último, sobre este segundo modelo se hacen cambios a ciertas variables para observar el comportamiento del mismo.

La simulación abarca el período comprendido de 1980 al año 2000. El nuevo siglo que se acerca representa un reto para el país y trae expectativa en cuanto al nivel de vida de la población. En base a este modelo se desea plantear algunas de las tendencias que pueden ocurrir en los próximos 15 años.

Es necesario recalcar que Dinámica de Sistemas no pretende adivinar el futuro, pero sí, en base a una serie de interrelaciones dadas en la realidad, hacer proyecciones. Sin embargo no es posible hacer una sola proyección. Los sistemas sociales son tan complejos que no tiene una rigidez en su comportamiento, por lo cual, es necesario hacer una gran cantidad de simulaciones con el modelo cambiando el valor de los parámetros (algunos de una forma drástica) y, buscando aún, los fenómenos menos esperados (se demostró recientemente la falla del gobierno, en cuanto a su política económica, al no tomar en cuenta dentro de su política económica una posible reducción en el precio del petróleo, cosa que a fin de cuentas, sucedió).

En cuanto al modelo de población-vivienda, su funcionamiento es el mismo para el período 1980-1984 en las tres simulaciones. Se considera una población en 1980 de 8.831 millones de habitantes. Los nacimientos y las defunciones se obtienen de tablas elaboradas en base a datos proporcionados por publicaciones varias. Para el año de inicio de la simulación se considera una extensión del área urbana de 534 kilómetros cuadrados y un máximo de crecimiento para esta variable de 1000 kilómetros cuadrados. En cuanto a los empleos, para 1980 existían 3.312 millones con una tasa de generación de empleo del 2.69% anual aproximadamente; sin embargo debido a la crisis económica, para 1982 y 1983 esta tasa se reduce a un valor negativo (muy cercano a cero, es por esto que se utiliza en el modelo ésta última cifra); ya para el año de 1984 el valor de esta tasa toma un valor semejante al del período 1980-1982.

Los cambios experimentados por el modelo en cada una de las simulaciones se describen a continuación.

## 5.2 ANALISIS DE POLITICA NUMERO 1.

El modelo que se presenta en esta simulación es el que se había elaborado originalmente para este trabajo, sin embargo a raíz del sismo hubo que modificarlo. Se considera importante su presentación debido a que muestra las tendencias que se presentaban para el Distrito Federal hacia el año 2000.

Las ecuaciones que lo componen son las que se explican en el capítulo anterior (Formulación del Modelo) y se publican íntegramente en el Anexo A Junto con los resultados tabulados.

La simulación que se obtuvo a partir de este modelo se explica en seguida.

En la figura 5.1 se observa el comportamiento que sigue la población, los nacimientos, las defunciones, la inmigración y la emigración. La población pasa de 8.831 millones de personas, a un total de 10.650 millones de habitantes. El crecimiento que sigue la curva es acelerado, sin embargo, la pendiente disminuye hacia 1994. A partir de aquí el crecimiento de la población es más lento (disminuyendo de 43 a 25 mil personas al año). Los nacimientos disminuyen progresivamente y pasan de 290 mil en 1980 a 217 mil en el año 2000. Las defunciones se mantiene prácticamente constantes en todo este período, y sí al final aumentan, es más por un aumento en la población que por una disminución en la esperanza de vida. La inmigración aumenta en cuanto a cantidad, pero su volumen respecto al total de la población disminuye. En cuanto al fenómeno de emigración, este se acelera en el período 1980-1988 para después seguir creciendo con mayor lentitud.

La figura 5.2 muestra el número total de empleos (EMPLEO) y la tasa de generación de empleos (GE). Tanto el empleo como la tasa de generación de empleos crecen durante el período 1980-1981, sin embargo para el período 1982-1983 el empleo se estabiliza como consecuencia de una baja en la tasa de generación de empleos debida a la situación del país en este lapso. Una vez pasado este período ambos se vuelven a incrementar. Para el año 2000 se tiene un número de empleos de 5.341 millones, con una tasa de generación de 143.69 mil empleos.

En la figura 5.3 la población económicamente inactiva (PEI) sigue aumentando para tender a estabilizarse hacia 1995. Mientras tanto la disponibilidad de empleo sigue decreciendo, alcanzando su punto más crítico en el año 2000 con un valor de -3.306 millones. Esto es, un déficit en el empleo de 3.306 millones.

En la figura 5.4 el índice de hacinamiento (HACI) pasa de 5.05 personas por vivienda en 1980 a 4.2 personas por vivienda en el año 2000, esto es, muy cerca del objetivo programado de 4 personas por vivienda.

El índice de hacinamiento se complementa con el número de viviendas que existen en el Distrito Federal (Figura 5.5).

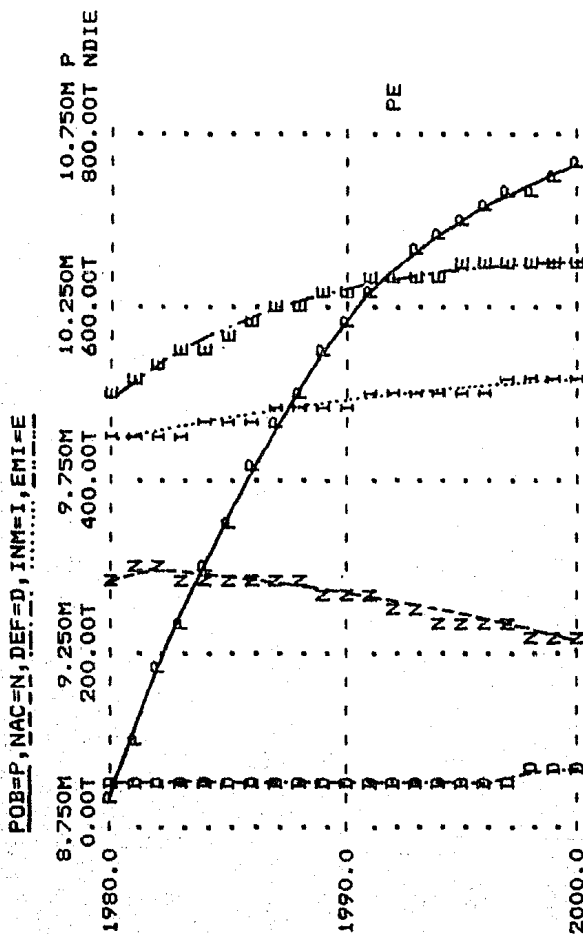


Figura 5.1 Gráficas de población, nacimientos, defunciones, inmigración y emigración.



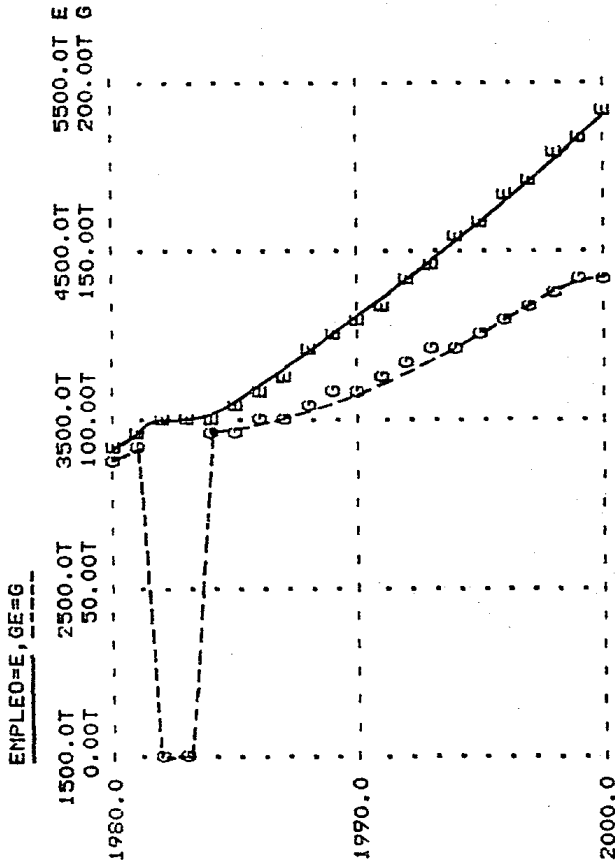


Figura 5.2 Grafica en donde se muestran las variables de empleo (EMPLEO) y generacion de empleo (GE).

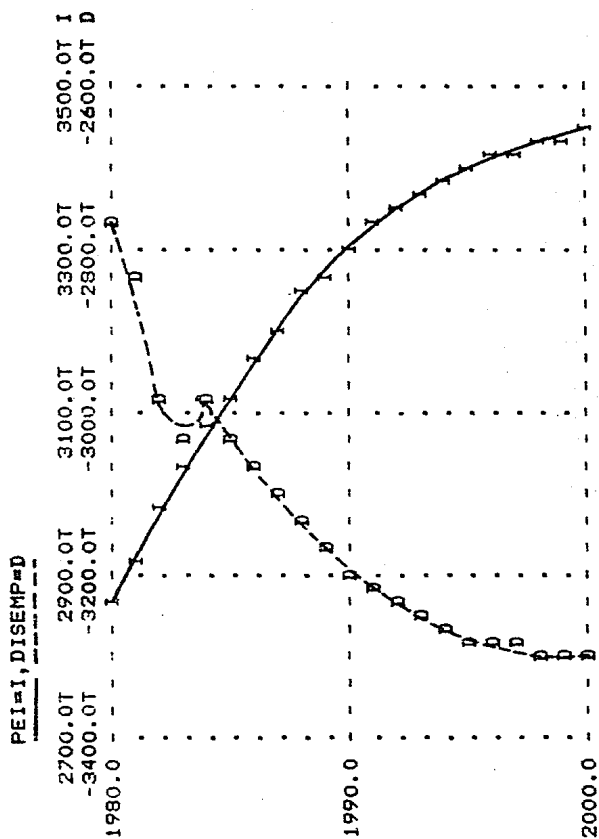


Figura 5.3 Gráfica de población económicamente inactiva (PEI) y disponibilidad de empleo (DISEMP).

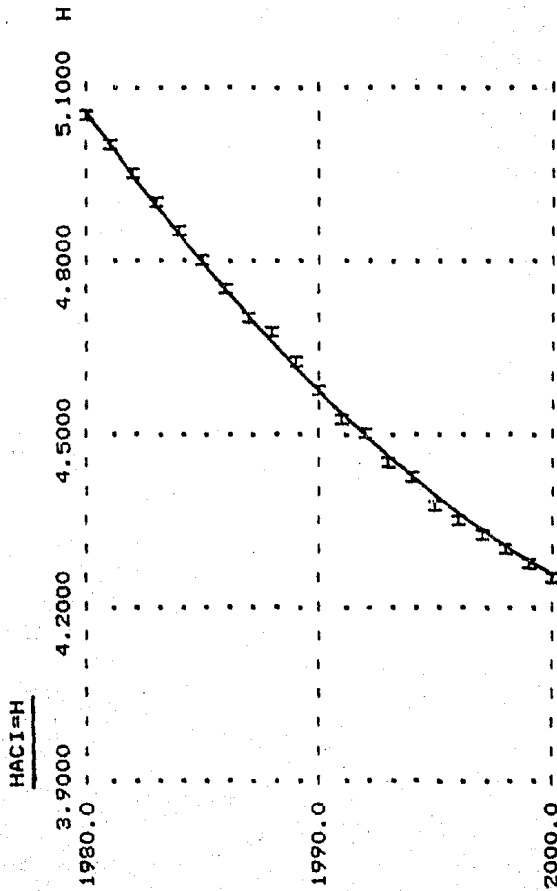


Figura 5.4 Gráfica de Índice de hacinamiento (HACI).

En esta figura (5.5) se puede observar como crece el número total de viviendas (VIVTOT) de 1.747 millones en 1980 a 2.511 millones en el año 2000.

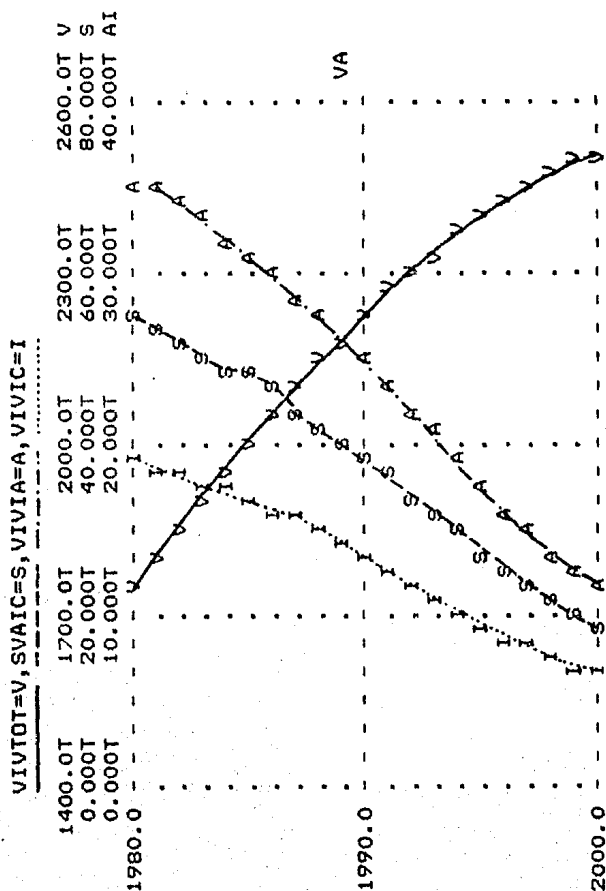


Figura 5.5 Grafica en la que se representan las principales variables de vivienda.

El número de viviendas construídas en un año está dado por la variable SVAIC y decrece continuamente en función de la demanda de vivienda (DEMIVIV) que disminuye en la medida que se van construyendo más viviendas. Por último se muestran el número de viviendas edificado por la industria de la construcción (VIVIC) y por autoconstrucción (VIVIA). La primera pasa de 35,300 en 1980 a 11,618 en el año 2000; mientras que la segunda va de 19,050 a 6,256 en el mismo período. Debe recordarse que el número de viviendas construídas está en función del índice de hacinamiento y del número de personas deseado por vivienda.

En lo que respecta a la ocupación del espacio (Figura 5.6), se muestra un aumento en el área urbana del Distrito Federal (AUDF), que llega a los 935 kilómetros cuadrados en el año 2000. Si se compara esta cantidad con el incremento anual del área urbana (IAU) que en el año 2000 es de 6 kilómetros cuadrados, se observa que la cantidad de suelo disponible para crecimiento es mínima (FLT) y tiende a agotarse en los siguientes años de una forma muy rápida.

Por otro lado (Figura 5.7), la densidad de habitantes por kilómetro cuadrado (DENSI) crece continuamente (7,105 en el año 2000), sin embargo, cabe esperar que una vez que se acabe el área disponible para crecimiento urbano, la tasa de emigración aumente y por lo tanto la densidad baje. Desgraciadamente dicho fenómeno no se presenta durante el período de tiempo calculado.

Por último, en la figura 5.8 se muestra la fracción ocupada de terreno por vivienda en cada unidad de tiempo, la que crece en forma anormal debido a la secuencia de cálculo que se sigue. Los valores bajos corresponden a un aumento en la construcción de casas de tipo departamental y conjuntos habitacionales, mientras que un aumento en este valor reflejaría una mayor construcción de viviendas de tipo unifamiliar o plurifamiliar (tipo 1 o 2).

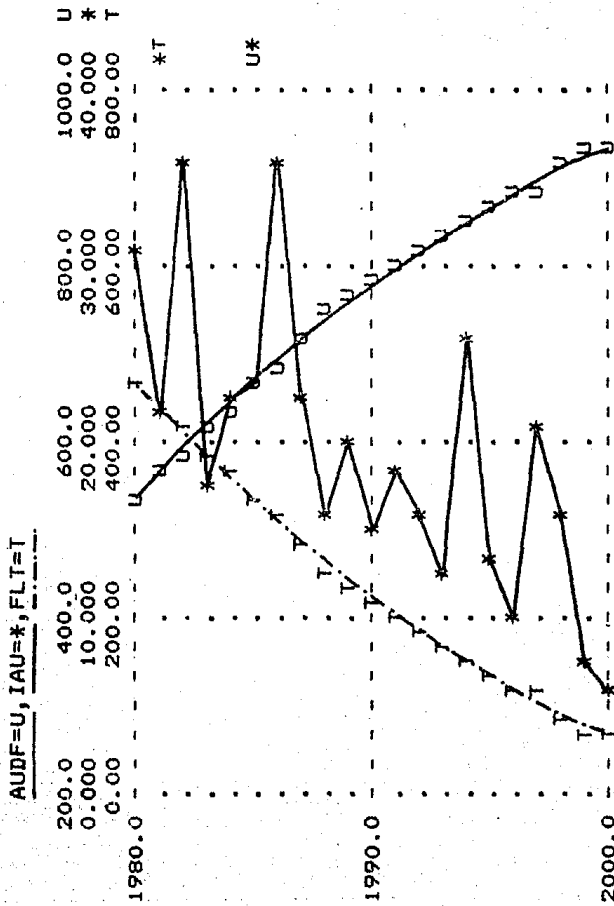


Figura 5.6 Grafica de aspectos de uso del suelo.

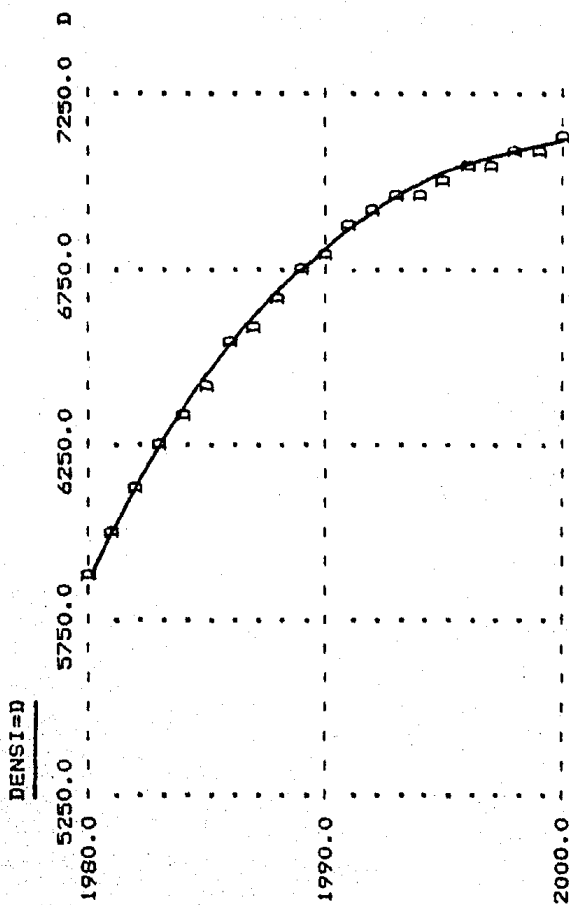


Figura 5.7 Grafica de densidad de poblacion (DENSI).

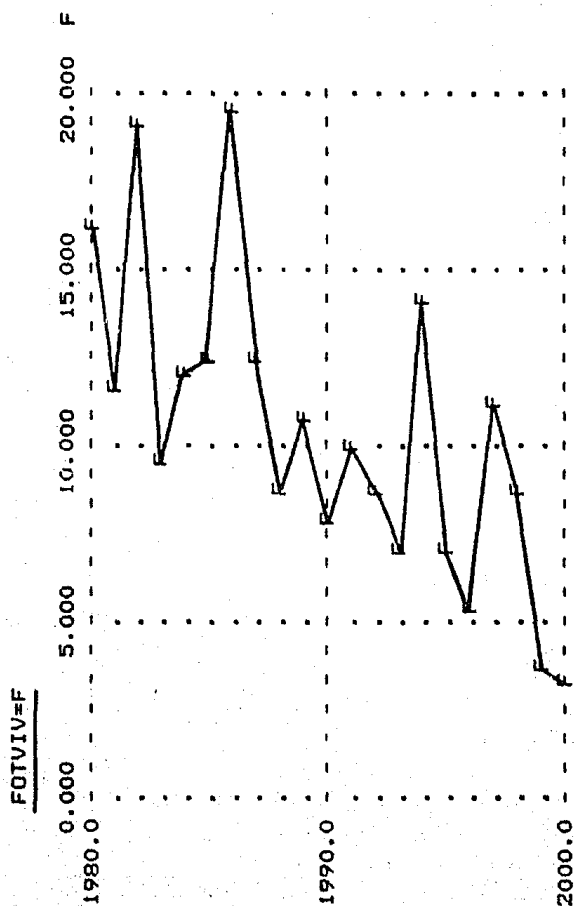


Figura 5.8 Grafica de fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV).



Después de haber analizado las gráficas anteriores se puede concluir que la dinámica que se presentaba en el Distrito Federal solo agudizaba los problemas ya existentes en la actualidad: crecimiento de la población y de su área urbana, alta densidad por kilómetro cuadrado, etc. En contrapartida el número de viviendas es alto y el índice de hacinamiento disminuye.

### 5.3 ANALISIS DE POLITICAS NUMERO 2.

Este segundo análisis de políticas (ANAPOL2) pretende reflejar los cambios ocurridos en el Distrito Federal a partir del sismo del 19 de septiembre de 1985, además de que pretende implementar la política del gobierno tendiente a desconcentrarse. Para ello se utilizó el modelo descrito anteriormente, y solo se le hicieron algunos cambios a nivel de ecuaciones auxiliares. El listado completo del modelo, así como los resultados tabulados de esta simulación se pueden consultar en el Anexo B.

Los cambios hechos a este modelo surten efecto a partir de 1985 y reflejan algunos sucesos ocurridos en la ciudad. Primeramente existe un aumento en la mortalidad. Debido a la discrepancia de las cifras oficiales, se decidió calcularla en base a un número aleatorio entre 5 y 20 mil personas. En segundo lugar se produce una gran destrucción de empresas particulares, lo que lleva a una disminución en el número de empleos (entre 500 mil y un millón) que se simula también aleatoriamente. A continuación nos encontramos que también existe una disminución en el número de viviendas (aproximadamente 50 mil), por daños en la infraestructura de los inmuebles. Y, por último, una de las primeras políticas del gobierno, consistente en acelerar la descentralización, que se traduce en un aumento en las cifras de emigración en 100 mil personas para 1985.

Es posible reproducir estos efectos mediante la anexión al modelo de un conjunto de ecuaciones auxiliares (PULSE, CLIP y

NOISE principalmente). Una vez hecho esto, se dejó que el modelo siguiera su curso con los datos especificados dentro del análisis de políticas número 1.

Los resultados que se presentan es posible analizarlos a partir de la figura 5.9 en donde están representadas las variables de población (POB), nacimientos (NAC), defunciones (DEF), inmigración (INM) y emigración (EMI).

El crecimiento de la población sigue un curso ascendente, con la única discrepancia de que en el período 1986 no crece en la medida que lo venía haciendo. En esta simulación el número de personas en el Distrito Federal para el año 2000 es de 10.564 millones de (lo que en realidad no significa una gran diferencia con el análisis de políticas 1, ya que este tenía un valor de 10.650 millones).

El número de nacimientos sufre un ligero repunte en 1981-1982 para después comenzar a disminuir constantemente, y ya para el año 2000 alcanza un valor de 215 mil nacimientos. El número de defunciones se mantiene estable con respecto a la población, y solo en 1985 se incrementa en aproximadamente 6 mil personas.

El número de inmigrantes sigue un camino normal ascendente con una tendencia a estabilizarse hacia los últimos años del presente siglo. Mientras que la emigración sólo aumenta en 1985 a 670 mil personas, para el año siguiente tener un valor de 575 mil y terminar en el año 2000 con 645 mil personas.

En la figura 5.10 puede observarse como se comporta el empleo (EMPLEO) y la tasa de generación de empleo (GE). El primero crece a partir de 1980 para estabilizarse en el período 1982-1983, para 1985 vuelve a crecer, pero, a raíz del sismo, su nivel disminuye y toma un valor de 2.961 millones de empleos. A partir de este punto crece en forma acelerada para alcanzar un total de 4.294 empleos en el año 2000.

La generación de empleo (GE), sigue un camino semejante al del empleo, a principios de la década de los ochenta crece, en el período 1982-1983 disminuye a cero, para 1984 y 1985 crece en 93 y 96 mil empleos respectivamente y, a partir de 1986 y hasta el año 2000 se incrementa de 79 mil a 115 mil empleos por año.

En la figura 5.11 se muestra la gráfica que involucra a la población económicamente inactiva (PEI) y a la disponibilidad de empleo (DISEMP). La primera tiende a aumentar desde -2.771 millones en 1980 hasta -3.306 millones en el año 2000.

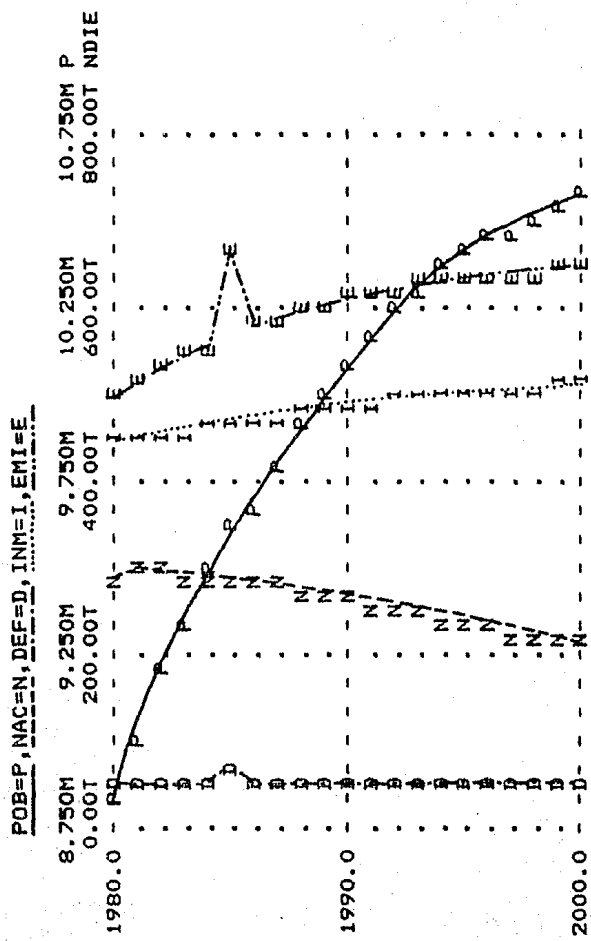


Figura 5.9 Gráfica de variables de población para análisis de políticas 2.

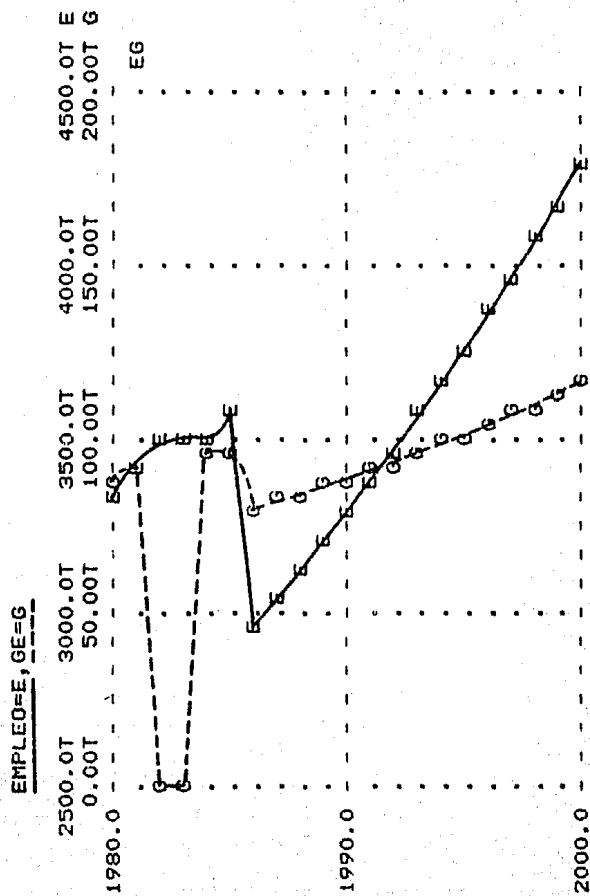


Figura 5.10 Gráfica de variables relacionadas con empleo.

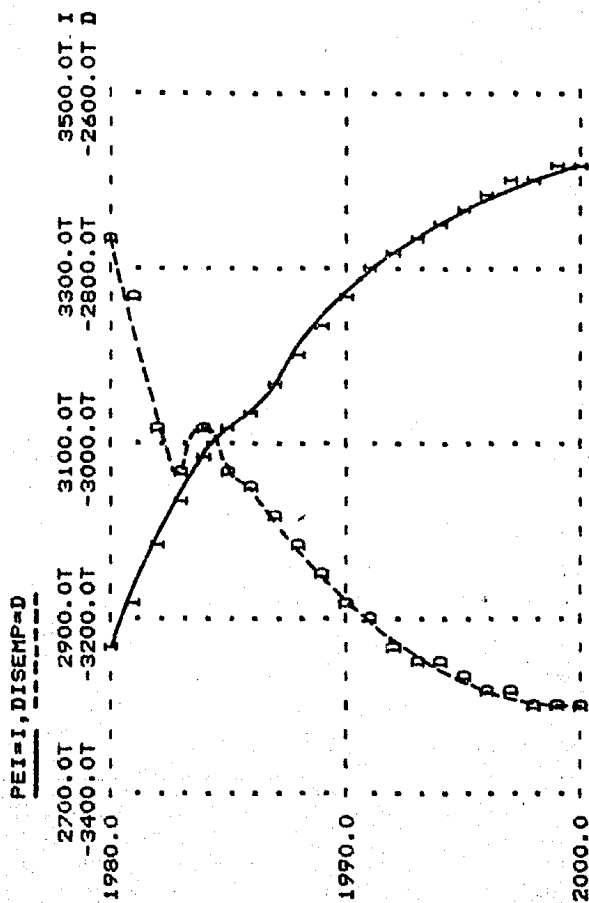


Figura 5.11 Gráfica de población económicamente inactiva (PEI) y de disponibilidad de empleo (DISEMP).

Mientras tanto, la disponibilidad de empleo sufre una caída brusca durante los tres primeros años de la década de los ochenta, ya para 1984 sufre un pequeño repunte para después bajar en forma progresiva hasta 1993 en donde tiende a estabilizarse. Mucha de esta estabilidad es debida quizás a un aumento en la emigración y no a un aumento en la generación de empleos.

El índice de hacinamiento (HACI) representado en la figura 5.12 disminuye progresivamente, pero como consecuencia del sismo, tiende a elevar su valor durante 1986, para después continuar descendiendo. En este caso llega a 4.25 en el año 2000, lo que lo sitúa casi en el mismo nivel que el primer análisis de política.

El número de viviendas (VIVTOT) en la figura 5.13 aumenta rápidamente durante los veinte años de la simulación, y solo tiene un pequeño estancamiento durante 1985 y 1986. Al terminar el siglo, el número de viviendas es de 2.482 millones contra 2.511 millones de la simulación anterior. En este caso ya se observa una disminución en cuanto al número total de viviendas de casi 30 mil unidades con respecto a la primer simulación.

La suma de las viviendas por autoconstrucción y por industria de la construcción disminuye progresivamente, y solo cuando ocurre el sismo tiende a estabilizarse (3 años). En cuanto al número de viviendas construídas por los dos tipos principales tenemos que ambas descienden progresivamente en la década. Teniendo un leve repunte en 1986 (48,856 viviendas construídas).

El área urbana del Distrito Federal (figura 5.14) en esta simulación alcanza los 936 kilómetros cuadrados en el año 2000. Lo que representa un valor mayor que en la simulación anterior, quizá debido al repunte en el número de viviendas construídas después del sismo.

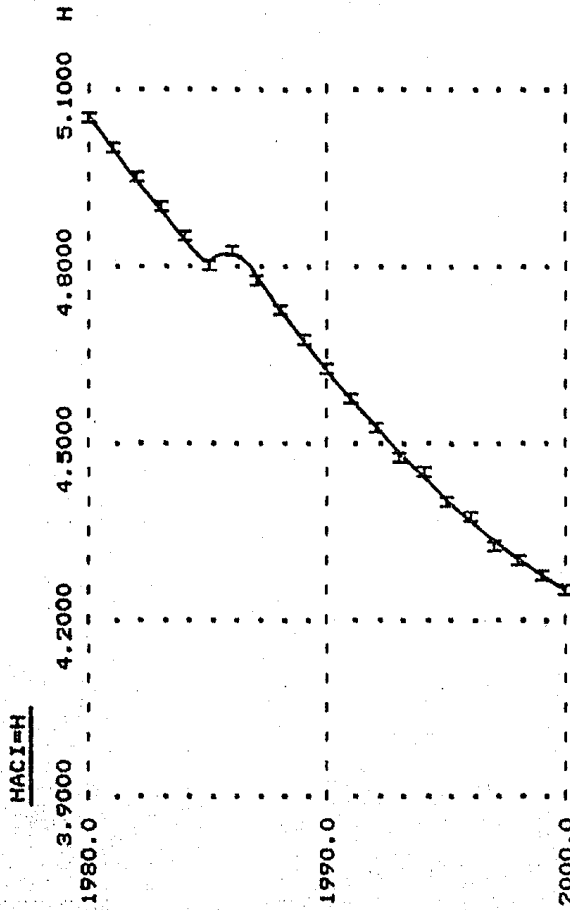


Figura 5.12 Gráfica de Índice de hacinamiento (HACI).



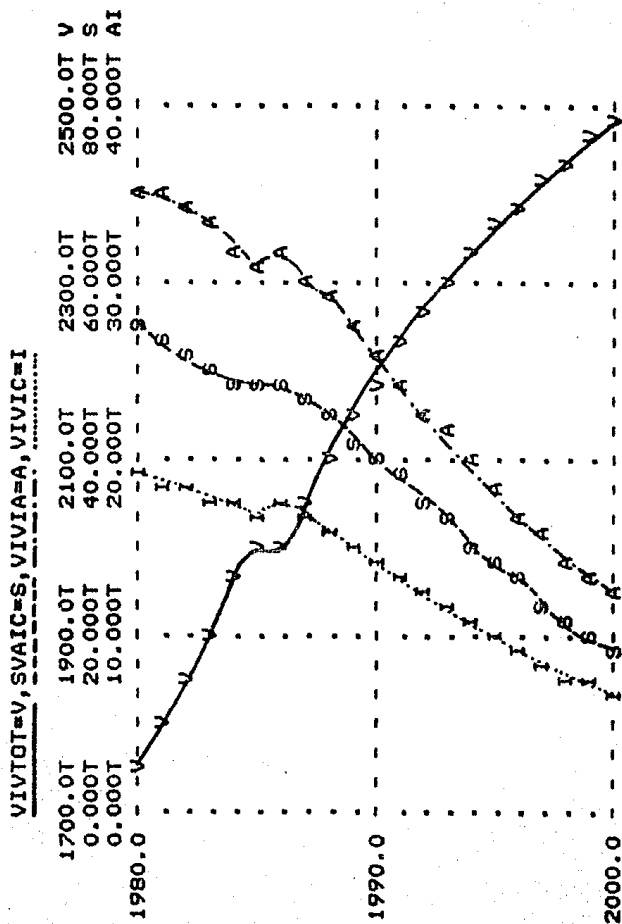


Figura 5.13 Grafica de variables relacionadas con vivienda (VIVTOT, SVAIC, VIVIA, VIVIC).

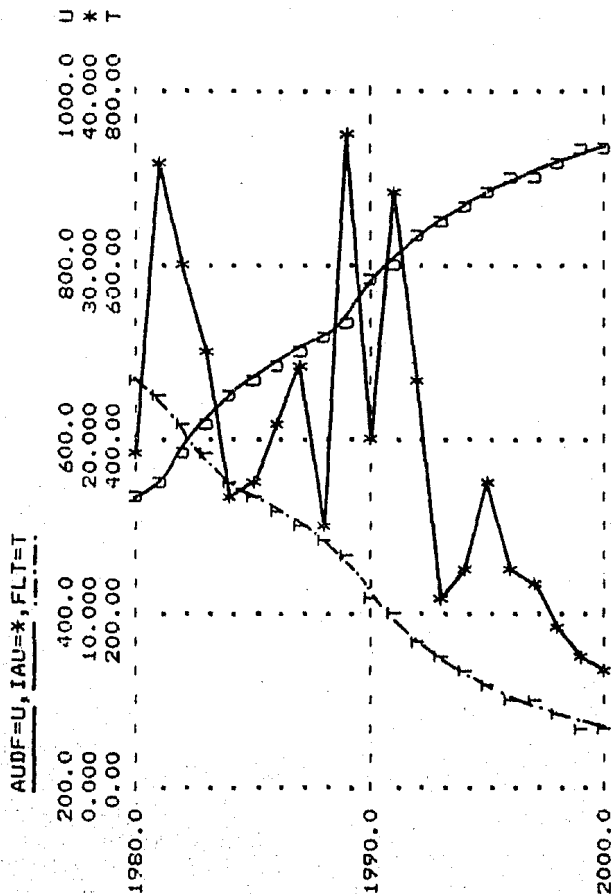


Figura 5.14 Graficas de área urbana (AUDF), incremento en el área urbana (IAU) y fracción libre de terreno (FLT).

El incremento del área urbana (IAU) siempre tiende a aumentar, y es en 1982 cuando alcanza su valor máximo con 36 kilómetros cuadrados. Al aumentar la variable incremento del área urbana, lógicamente la fracción libre de terreno (FLT) tiende a disminuir.

En la figura 5.15 se aprecia la densidad de población por kilómetro cuadrado. En 1980 es de 5,891 personas y, para el año 2000, crece hasta alcanzar 7,047 personas.

En la figura 5.16 se muestra la fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV) cuyos máximo valor en 1989 es de 20.2 kilómetros cuadrados.

Esta simulación demuestra como es posible, a partir de un modelo inicial, elaborar políticas con alteraciones drásticas que reflejen los cambios que se desean estudiar.

#### 5.4 ANALISIS DE POLITICAS NUMERO 3.

Para el análisis de políticas número 3 (ANAPOL3) se efectuaron cambios en el modelo anterior (ANAPOL2) que reflejaran con otra perspectiva los cambios que es posible esperar en cuanto a población y vivienda en el Distrito Federal. El listado completo de este modelo junto con sus resultados tabulados se encuentran en el Anexo C.

Hasta el momento, la política del gobierno no se ha definido claramente, se decide descentralizar a un cierto número de burocratas a ciudades cercanas (p.e. Cuernavaca) sin haber realizado estudios previos que permitan detectar el impacto que esto ocasionará. Es por esto que para el Distrito Federal se ha elaborado un supuesto escenario que a continuación se describe.

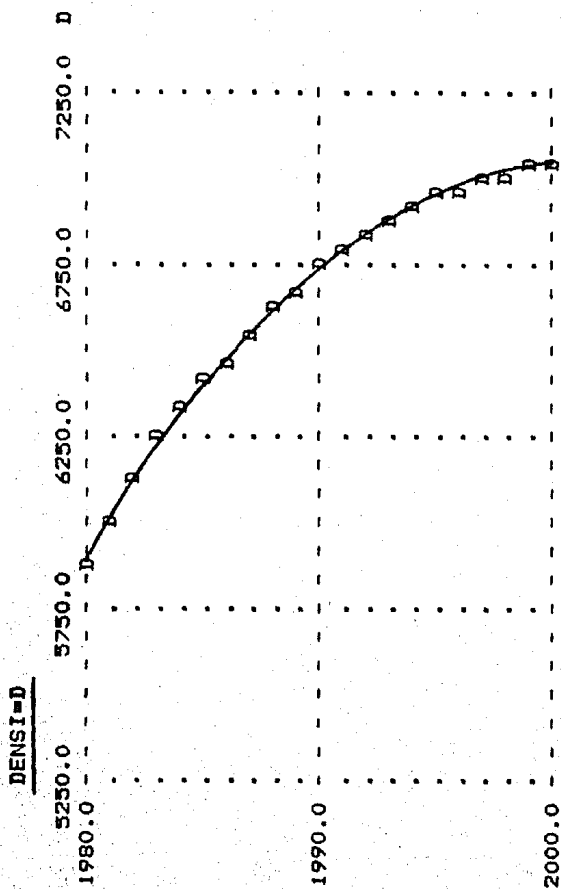


Figura. 5.15 Grafica de densidad de poblacion (DENSI).

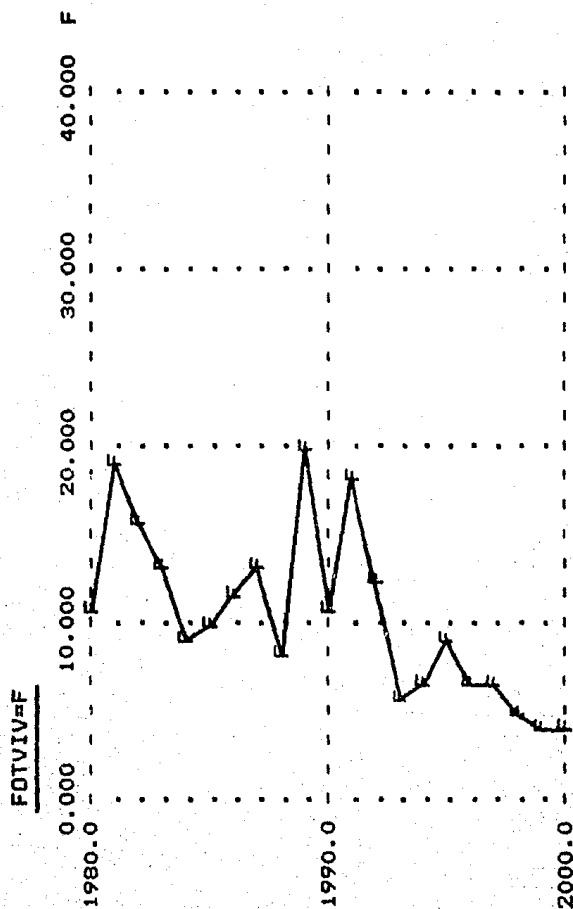


Figura 5.16 Grafica de fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV).

La mortalidad se calcula entre 15 y 20 mil personas a raíz del sismo. Es muy poco probable que ésta variable se encuentre debajo de éste rango. Nos apoyamos para decir esto en los diversos datos aparecidos en los periódicos.

Se presenta además una reducción en la generación de empleos de un 40%, y pasa del 2.69% antes del sismo a 1.61% después de éste. Dicha disminución se atribuye a que se restringe la instalación de industria en el Distrito Federal, además de que los posibles inversionistas deciden instalar su capital en lugares menos conflictivos, o en donde haya más incentivos (impuestos, insumos, etcetera).

Otra de las circunstancias que se presentan es una reducción en la inmigración debido a dos aspectos: el económico (existe menos posibilidad de encontrar empleo), y el psicológico (persiste el temor de que se presente otro sismo). Se decidió representar este hecho a partir de una tabla que reduce la inmigración a casi cero en 1985, y la va aumentando, hasta alcanzar un valor 70% menor del que originalmente se daría. Esto debido a que con el tiempo, existen personas que olvidarán los factores negativos ocurridos, mientras que otras, no.

Por otro lado, también existen factores que aceleran la emigración (proceso de desconcentración, factores psicológicos de rechazo a la ciudad, etcetera). Dicha emigración se acelera drásticamente en 1986 (0.5 veces de la emigración normal), y de ahí baja progresivamente hasta alcanzar su valor normal en 1990.

Se considera también la expropiación de 7000 lotes por parte del estado para construir viviendas para los damnificados.

Por último, se considera que el gobierno realiza un cierto esfuerzo, y aumenta la construcción de viviendas en un 5%, sin embargo esto lo realiza durante un breve lapso de tiempo. Al mismo tiempo, el número de viviendas autoconstruidas se

incrementa en un 10%, ya que las acciones del gobierno no son suficientes para dotar de vivienda a todos los damnificados.

Bajo estos supuestos se inició la simulación que a continuación se explica.

En la figura 5.17 se muestran los aspectos demográficos. La población (POB) se incrementa hasta el año de 1986, y a partir de ahí sufre una disminución continua hasta alcanzar un valor de 7.102 millones de personas en el año 2000. Los nacimientos se van decrementando progresivamente. Las defunciones solo aumentan en un breve período para después estabilizarse. La inmigración se ve reducida a 12 mil personas en 1986, para comenzar a crecer hasta alcanzar 144 mil en el año 2000. Por otro lado, la emigración sufre un brusco incremento (848 mil personas), para después descender hasta las 306 mil personas en el 2000.

La generación de empleo (GE) en la figura 5.18 sufre una caída no muy abrupta (50,983), para después seguir creciendo lentamente (63,851 empleos generados en el año 2000). Sin embargo, en cuanto al empleo total (EMPLEO), solo se observa un aumento de 600 mil plazas en el período 1980-2000.

La población económicamente inactiva (PEI) mostrada en la figura 5.19, decrece a partir de 1986, mientras que la disponibilidad de empleo (DISEMP) se incrementa, aunque sigue tomando un valor negativo.

El índice de hacinamiento (figura 5.20) muestra un descenso suave en el período 1980-1985. Para 1986-1990 sufre una caída brusca, para después (1990-2000) seguir bajando pero con una menor pendiente, y alcanzando un valor en el año 2000 de 3.38 personas por vivienda.

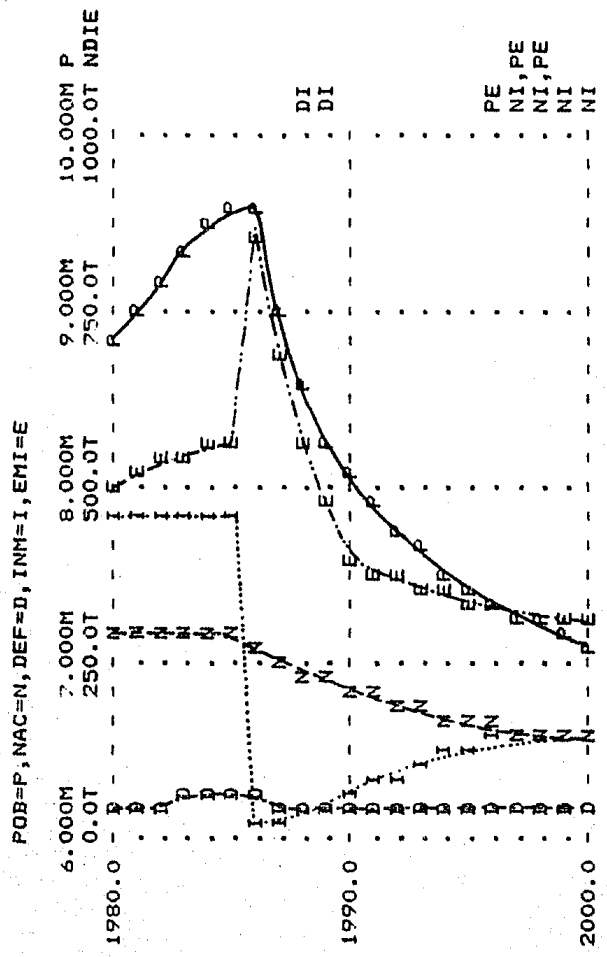


Figura 5.17 Grafica de aspectos demograficos.



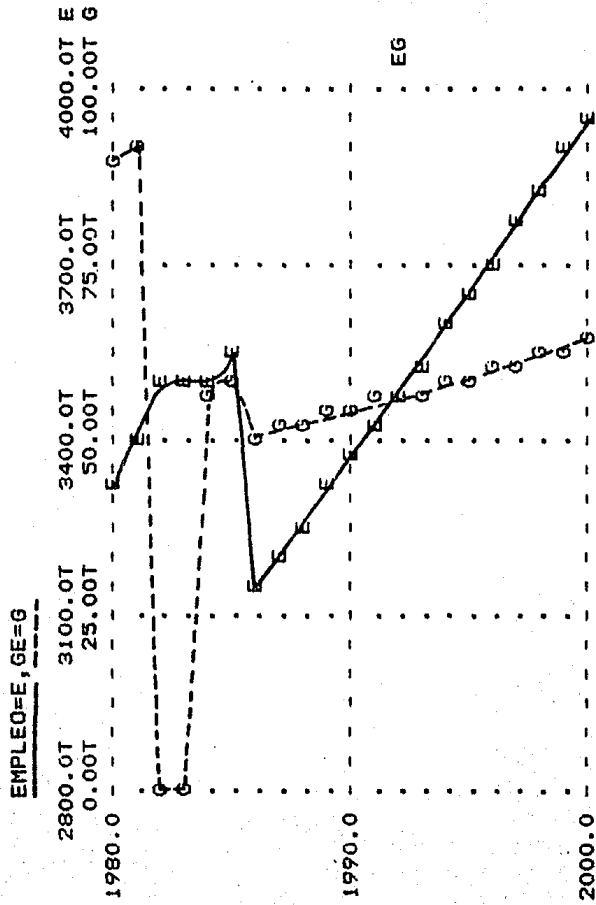


Figura 5.18 Grafica de numero total de empleo y generacion de empleo.

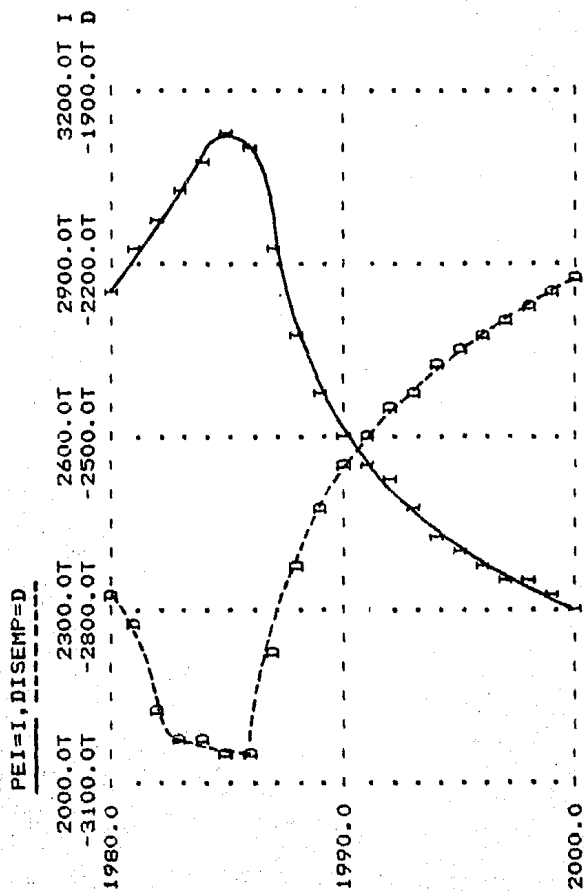


Figura 5.19 Gráfica de población económicamente inactiva y de disponibilidad de empleo.

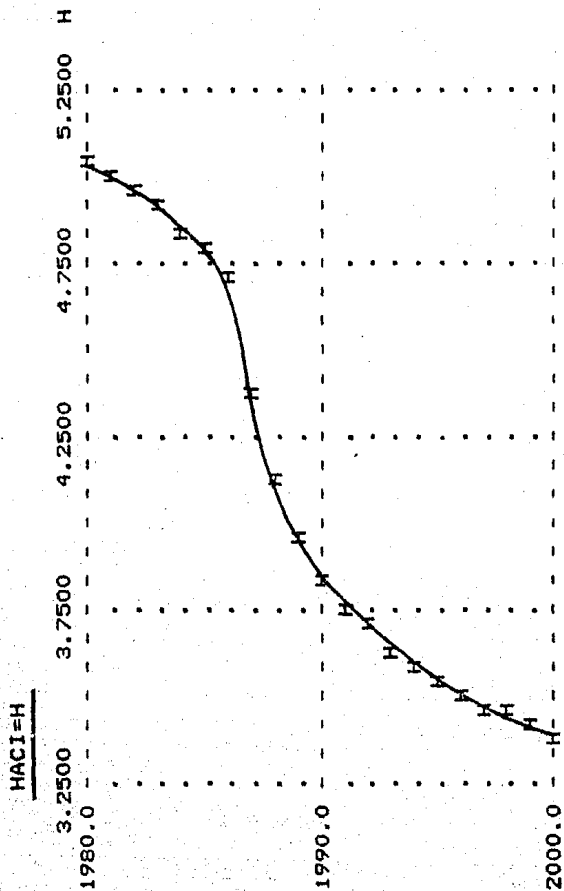


Figura 5.20 Grafica de Índice de hacinamiento.

El comportamiento de las variables relacionadas con vivienda (figura 5.21) tiende a estabilizarse hacia el año 1989. Para este año se tiene un total de viviendas (VIVTOT) de 2.099 millones, mientras que la construcción de vivienda (VIVIA y VIVIC) se ve reducida a cero. La demanda de vivienda se vuelve negativa, todo esto como resultado de que se alcanzó el nivel deseado de personas por vivienda.

En la figura 5.22 tenemos representadas las variables área urbana del Distrito Federal (AUDF), incremento del área urbana (IAU) y, fracción libre de terreno (FLT). Todas ellas tienden a estabilizarse a partir de 1989, esto debido a que dependen de los cambios generados en el número de viviendas.

La densidad de población por kilómetro cuadrado (figura 5.23) crece hasta 1985 (con un valor de 6,420.7) y a partir de ese momento decrece hasta tomar un valor de 4,737.9 en el año 2000.

Por último (figura 5.24), tenemos la fracción ocupada de terreno por vivienda en cada instante de tiempo. Su máximo valor lo alcanza en 1986 (16.9 kilómetros cuadrados), ya que es en éste año cuando se le da un impulso a la construcción de vivienda. Sin embargo a partir de ese año, se decrementa hasta tomar un valor de cero en 1989.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

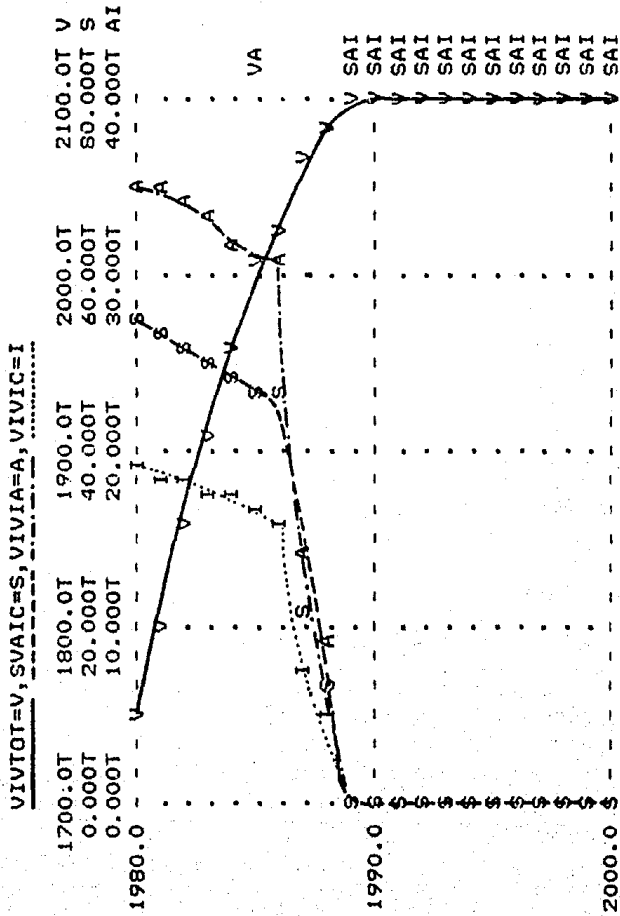


Figura 5.21 Grafica de indicadores de vivienda.

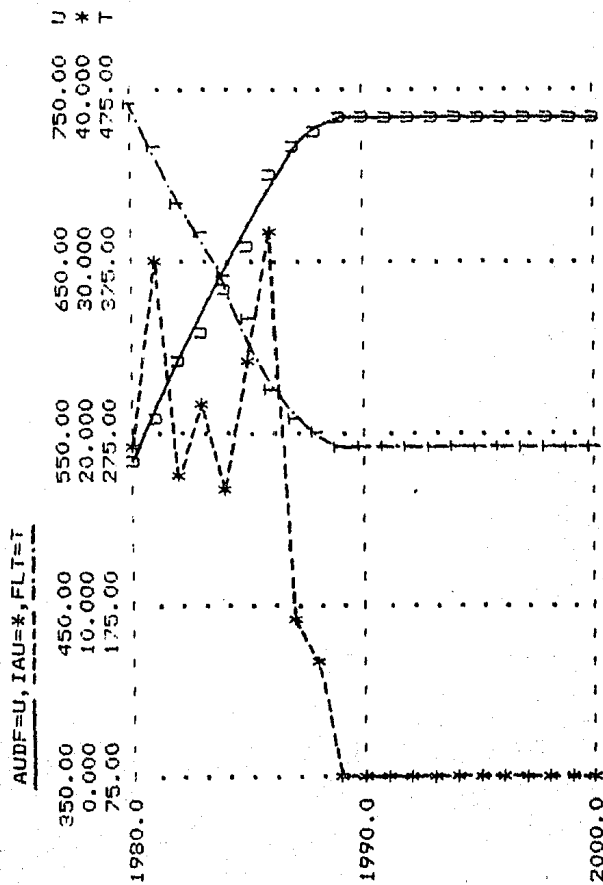


Figura 5.22 Gráfica de tamaño del área urbana del D.F., incremento del área urbana y de la fracción libre de terreno.

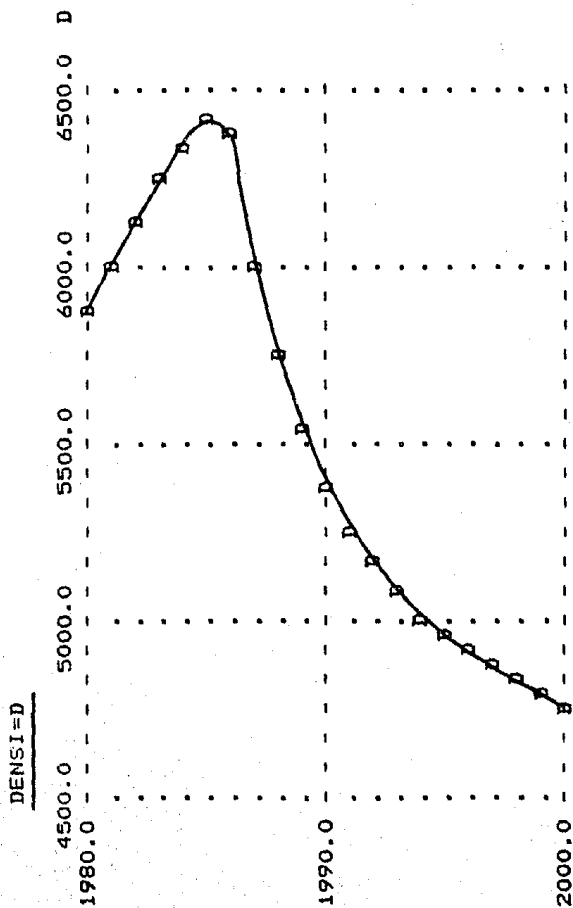


Figura 5.23 Gráfica de densidad de población.

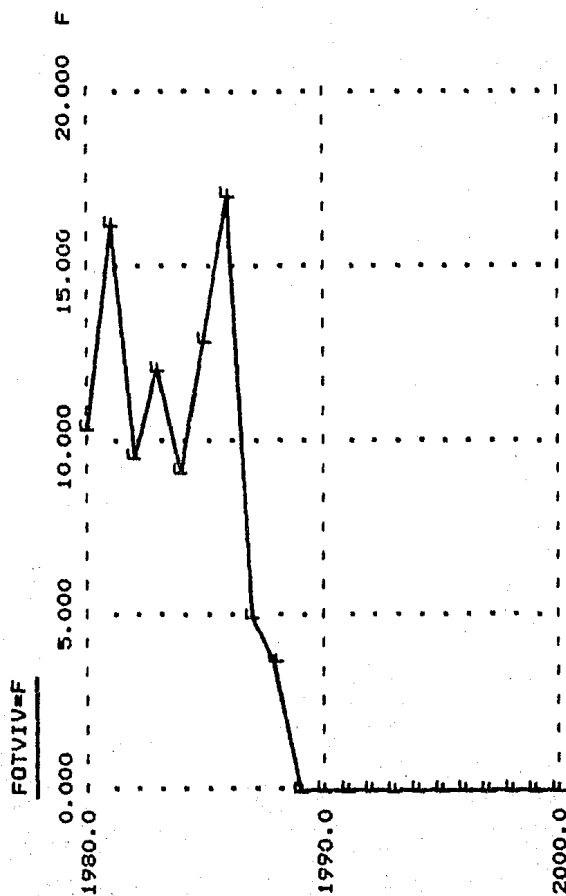


Figura 5.24 Gráfica de fracción ocupada de terreno por vivienda.



## CAPITULO VI

## CONCLUSIONES

La Metodología de Dinámica de Sistemas representa un arma valiosa para experimentar sobre procesos que puedan ser tratados desde la perspectiva de sistemas. No solamente nos referimos a fenómenos de tipo social, sino también a fenómenos de tipo físico. Cualquier sistema puede ser tratado y el límite es solamente el que nosotros imponamos.

El uso de modelos dinámicos en Geografía permite un mayor conocimiento de los sistemas sobre los cuales se trabaja. Además deja obtener información importante sobre su funcionamiento, que de otra forma no podría conocerse y, permite obtener tendencias futuras sobre el funcionamiento de dichos sistemas.

Otra ventaja que se puede mencionar sobre esta metodología, es su economía, debido al bajo costo que significa poder implementar políticas y analizar sus repercusiones, sin tener que hacerlo sobre el sistema real.

Un problema grave con el que se enfrenta la Metodología de Dinámica de Sistemas en nuestro país es la falta de datos estadísticos confiables en los cuales apoyarse para la elaboración de modelos. Los Censos de Población y Vivienda son obtenidos cada diez años, sin embargo la información recolectada no esta disponible sino hasta varios años más tarde, lo cual la vuelve obsoleta en el momento de utilizarla. Además dicha información muchas veces es incompleta o se encuentra desperdigada en muchas publicaciones de difícil consulta.

Por otro lado, debe mencionarse que la aplicación de esta metodología no es del todo sencilla. Un modelo debe elaborarse de preferencia por personas que conozcan a fondo el tema y bajo una

supervisión estricta, de otra manera, los modelos elaborados pueden estar llenos de errores conceptuales que más tarde sería difícil localizar.

En cuanto al modelo de población-vivienda, este representa de una forma elemental los aspectos fundamentales de la dinámica urbana en cuanto a la población y a la vivienda se refiera. Resalta, la facilidad de hacer cambios para poder simular el comportamiento del sistema real. De la misma forma es posible simular diversos comportamientos para poder analizar los resultados.

Las simulaciones realizadas en este modelo siguen caminos diferentes: por un lado existe una clara similitud entre el análisis de políticas número uno y el número dos; mientras que el análisis de políticas número tres sigue un camino totalmente diferente. Cual de las tendencias es mas probable que suceda? Esto dependerá de las decisiones que tome el gobierno en los próximos meses. Sin embargo, en estos momentos México se encuentra en una encrucijada de la historia, los problemas que se afrontan (fundamentalmente de tipo económico y político) pueden llevar a resultados totalmente inesperados. Es por eso, que las nuevas políticas que se vayan asignando, deberán irse introduciendo en el modelo, para poder así reflejar un comportamiento mas real del mismo.

Por último, para la Geografía podemos concluir que, siendo una ciencia en plena expansión, debe hacer uso de los modernos sistemas computacionales que permiten realizar un sinfin de procesos con un mínimo esfuerzo. No hacer esto significa rezagarse dentro del avance científico, lo cual no podemos permitir.

## ANEXO A

LISTADO DEL MODELO DE POBLACION-VIVIENDA : RESULTADOS  
TABULARES PARA EL ANALISIS DE POLITICAS NO. 1.

## LISTADO DEL PROGRAMA.

\* MODELO DE POBLACION-VIVIENDA (ANA. POL. 1).

NOTE

L  $POB.K=POB.J+(DT)*((NAC.JK+INM.JK)-(DEF.JK+EMI.JK))$ N  $POB=8.831E6$ 

NOTE POBLACION DEL DISTRITO FEDERAL.

R  $NAC.KL=POB.K*TANAT.K$ 

NOTE NUMERO DE NACIMIENTOS.

A  $TANAT.K=TABHL(TTANAT, TIME.K, 1980, 2000, 5)$ 

NOTE TASA DE NATALIDAD.

A  $TTANAT=0.03293/0.03/0.026/0.022/0.0204$ 

NOTE TABLA DE TASAS DE NATALIDAD.

R  $DEF.KL=POB.K*TAMOR.K$ 

NOTE NUMERO DE DEFUNCIONES.

A  $TAMOR.K=TABHL(TTAMOR, TIME.K, 1980, 2000, 5)$ 

NOTE TASA DE MOTALIDAD.

T  $TTAMOR=0.00563/0.00559/0.00556/0.00553/0.0055$ 

NOTE TABLA DE TASAS DE MORTALIDAD.

R  $INM.KL=POB.K*TAT.K$ 

NOTE NUMERO DE INMIGRANTES.

A  $TAT.K=TIHA.K+TIDE.K+TINMO.K$ 

NOTE TASA DE ATRACCION HACIA LA CIUDAD.

A  $TIHA.K=TABLE(TTIHA, HACI.K, 4, 8, 0.5)$ 

NOTE TASA DE INMIGRACION POR HACINAMIENTO.

T  $TTIHA=0.0215/0.0191/0.0172/0.0156/0.0143/0.0132/0.0122/$ X  $0.0114/0.0107$ 

NOTE TABLA DE TASAS DE HACINAMIENTO.

A  $TIDE.K=TABLE(TTIDE, DISEMP.K, -5E6, -1E6, 5E5)$ 

NOTE TASA DE INMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.

T TTIDE=0.00918/0.0102/0.0114/0.0131/0.0153/0.0183/0.0229/  
X 0.0306/0.0459

NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
A DISEMP.K=GE.JK-PEI.K

NOTE DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
A PEI.K=POB.K\*PPEI

NOTE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
C PPEI=0.3239

NOTE PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
A TINMD.K=TABLE(TTINMD,DENSI.K,1000,10000,1000)

NOTE TABLA DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
T TTINMD=0.1/0.0302/0.0334/0.0251/0.02/0.0167/0.0143/  
X 0.0125/0.0111/0.01

NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
A DENSI.K=POB.K/AREA

NOTE DENSIDAD DE POBLACION.  
C AREA=1499

NOTE AREA DEL DISTRITO FEDERAL (KM2).  
A HACI.K=POB.K/VIVTOT.K

NOTE INDICE DE HACINAMIENTO.  
R EMI.KL=POB.K\*TRE.K

NOTE NUMERO DE EMIGRANTES.  
A TRE.K=TEMID.K+TEDE.K+TEHA.K

NOTE TASA DE RECHAZO DE LA CIUDAD.  
A TEMID.K=TABLE(TTEMID,DENSI.K,1000,10000,1000)

NOTE TASA DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
T TTEMID=0.00318/0.00636/0.00955/0.0127/0.0159/0.0191/  
X 0.0222/0.0254/0.0286/0.0318

NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
A TEDE.K=TABLE(TTEDE,DISEMP.K,-5E6,-1E6,5E5)

NOTE TASA DE EMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
T TTEDE=0.0348/0.0313/0.0278/0.0243/0.0208/0.0174/0.0139/  
X 0.0104/0.00696

NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
A TEHA.K=TABLE(TTEHA,HACI.K,4,8,0.5)

NOTE TASA DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.

T TTEHA=0.0148/0.0167/0.0185/0.0204/0.0222/0.0241/0.0259/  
 X 0.0278/0.0297  
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
 L  $EMPLEO.K=EMPLEO.J+(DT)*(GE.JK)$   
 N  $EMPLEO=3.3125E6$   
 NOTE NUMERO DE EMPLEOS.  
 R  $GE.KL=EMPLEO.K*CLIP(TEN.K,TGE,TIME.K,1982)$   
 NOTE GENERACION DE EMPLEOS.  
 A  $TEN.K=CLIP(TGE,0,TIME.K,1984)$   
 NOTE TENDENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.  
 C  $TGE=0.0269$   
 NOTE TASA DE GENERACION DE EMPLEO.  
 L  $VIVTOT.K=VIVTOT.J+(DT)*(VIVIA.JK+VIVIC.JK)$   
 N  $VIVTOT=1.7471E6$   
 NOTE TOTAL DE VIVIENDAS.  
 A  $VIVIA.KL=CLIP(NVA.K,0,FLT.K,0.001)$   
 NOTE VIVIENDA POR AUTOCONSTRUCCION.  
 A  $NVA.K=TABLE(TNVA,DEMVIV.K,100000,600000,100000)$   
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION.  
 T  $TNVA=7680.1/15360.3/23040.5/30720.7/38400.9/46081$   
 NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. AUTOCONSTRUIDAS POR DEMANDA.  
 R  $VIVIC.KL=CLIP(NVIC.K,0,FLT.K,0.001)$   
 NOTE VIVIENDAS POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
 A  $NVIC.K=TABLE(TNVIC,DEMVIV.K,100000,600000,100000)$   
 NOTE NUM. DE VIV. POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
 T  $TNVIC=4135.4/8279.9/12406.4/16541.9/20677.4/24812.8$   
 NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. POR IND. DE LA CONSTRUCCION.  
 A  $DEMVIV.K=NECVIV.K$   
 NOTE DEMANDA DE VIVIENDA.  
 A  $NECVIV.K=(POB.K/NPDVIV)--VIVTOT.K$   
 NOTE NECESIDAD DE VIVIENDA.  
 C  $NPDVIV=4$   
 NOTE NUMERO DE PERSONAS DESEADAS POR VIVIENDA.  
 A  $FLT.K=AREAUR--AUDF.K$   
 NOTE FRACCION LIBRE DE TERREND.  
 C  $AREAUR=1000$

NOTE AREA URBANIZABLE DEL DISTRITO FEDERAL.  
L  $AUDF.K=AUDF.J+(DT)*(IAU.JK)$   
N  $AUDF=534$   
NOTE AREA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL.  
R  $IAU.KL=FOTIND.K+FOTSER.K+FOTVIA.K+FOTEA.K+FOTVIV.K$   
NOTE INCREMENTO DEL AREA URBANA.  
A  $FOTIND.K=FOTVIV.K*26.7/288.36$   
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR LA INDUSTRIA.  
A  $FOTSER.K=FOTVIV.K*37.38/288.36$   
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR SERVICIOS.  
A  $FOTVIA.K=FOTVIV.K*149.52/288.36$   
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR VIALIDAD.  
A  $FOTEA.K=FOTVIV.K*32.04/288.36$   
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR ESPACIOS ABIERTOS.  
A  $FOTVIV.K=FOTVU.K+FOTVP1.K+FOTVP2.K+FOTVDE.K+FOTCH.K$   
NOTE FRACCION OCUPADA DE TERRENO POR VIVIENDA.  
A  $FOTVU.K=UNIFAM.K*AOV$   
NOTE F. O. T. POR VIVIENDA UNIFAMILIAR.  
C  $ADV=0.000125$   
NOTE AREA OCUPADA POR VIVIENDA (METROS CUADRADOS).  
A  $UNIFAM.K=SVAIC.K*FVU$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
A  $SVAIC.K=VIVIA.JK+VIVIC.JK$   
NOTE SUMA DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION Y  
NOTE POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
C  $FVU=0.5438$   
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
A  $FOTVP1.K=PLURI1.K/ALE1.K*AOV$   
NOTE F. O. T. PR VIVIENDA PLURIFAMILIAR TIPO 1.  
A  $PLURI1.K=SVAIC.K*FVP1$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
C  $FVP1=0.16$   
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
A  $ALE1.K=2+(2*NOISE()+1)$   
NOTE GENERACION DE UN NO. ALEATORIO PARA PLURI1.  
A  $FOTVP2.K=PLURI2.K/ALE2.K*AOV$

NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
A  $PLUR12.K=SVAIC.K*FVP2$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
C  $FVP2=0.1067$   
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
A  $ALE2.K=2+(2*NOISE()+1)$   
NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA PLUR12.  
A  $FOTVDE.K=DEPAR.K/ALE3.K*AOV$   
NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
A  $DEPAR.K=SVAIC.K*FVDEP$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
C  $FVDEP=0.895$   
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
A  $ALE3.K=2+(10*NOISE()+5)$   
NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA DEPAR.  
A  $FOTCH.K=COHAB.K/ALE4.K*AOV$   
NOTE F. O. T. POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
A  $COHAB.K=SVAIC.K/FVCH$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
C  $FVCH=0.1$   
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS EN CONJUNTO HABITACIONAL.  
A  $ALE4.K=3+(12*NOISE()+6)$   
NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA COHAB.  
N  $TIME=1980$   
NOTE INICIALIZACION DEL TIEMPO.  
PRINT POB,NAC,DEF,INM,EMI  
PRINT POB,EMPLEO,GE,PEI,DISEMP  
PRINT POB,HACI,DEMIVIV,SVAIC,VIVTOT,VIVIA,VIVIC  
PRINT POB,AUDF,IAU,DENSI,FOTVIV,FLT  
PLOT  $POB=P/NAC=N,DEF=D,INM=I,EMI=E$   
PLOT  $EMPLEO=E/GE=G$   
PLOT  $PEI=I/DISEMP=D$   
PLOT  $HACI=H$   
PLOT  $VIVTOT=V/SVAIC=S/VIVIA=A,VIVIC=I$   
PLOT  $AUDF=U/IAU=*/FLT=T$   
PLOT  $DENSI=D$

PLOT FOTVIV=F  
SPEC DT=1/LENGHT=2000/PRTPER=1/PLTPER=1  
NOTE DECLARACIONES DE CONTROL.



## RESULTADOS TABULADOS.

TIME	POB	NAC	DEF	INM	EMI
E 00	E 06	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	290.80	49.719	448.23	500.76
1981.0	9.020	291.73	50.708	452.41	517.01
1982.0	9.196	292.05	51.626	452.15	538.13
1983.0	9.350	291.47	52.418	457.02	551.52
1984.0	9.495	290.41	53.153	466.06	557.96
1985.0	9.640	289.21	53.889	470.47	570.77
1986.0	9.775	285.44	54.585	474.86	582.71
1987.0	9.898	281.11	55.213	478.98	593.52
1988.0	10.010	276.27	55.774	482.83	603.21
1989.0	10.110	270.94	56.271	486.42	611.82
1990.0	10.199	265.18	56.707	489.77	619.38
1991.0	10.278	259.00	57.084	492.89	625.91
1992.0	10.347	252.46	57.404	495.82	631.44
1993.0	10.406	245.59	57.672	498.91	635.96
1994.0	10.457	238.42	57.891	501.78	639.64
1995.0	10.500	231.00	58.064	504.48	642.52
1996.0	10.535	228.39	58.194	507.09	644.64
1997.0	10.567	225.72	58.311	509.48	646.66
1998.0	10.598	222.97	58.414	511.68	648.53
1999.0	10.625	220.16	58.503	513.70	650.23
2000.0	10.650	217.27	58.577	515.57	651.74

TIME	POB	EMPLEO	GE	PEI	DISEMP
E 00	E 06	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	3312.5	89.11	2860.4	-2771.3
1981.0	9.020	3401.6	91.50	2921.4	-2829.9
1982.0	9.196	3493.1	0.00	2978.6	-2978.6
1983.0	9.350	3493.1	0.00	3028.6	-3028.6
1984.0	9.495	3493.1	93.96	3075.4	-2981.5
1985.0	9.640	3587.1	96.49	3122.5	-3026.0
1986.0	9.775	3683.6	99.09	3166.2	-3067.1
1987.0	9.898	3782.7	101.75	3206.1	-3104.3
1988.0	10.010	3884.4	104.49	3242.1	-3137.7
1989.0	10.110	3988.9	107.30	3274.6	-3167.3
1990.0	10.199	4096.2	110.19	3303.5	-3193.3
1991.0	10.278	4206.4	113.15	3329.0	-3215.9
1992.0	10.347	4319.5	116.20	3351.3	-3235.1
1993.0	10.406	4435.7	119.32	3370.6	-3251.3
1994.0	10.457	4553.1	122.53	3387.1	-3264.5
1995.0	10.500	4677.6	125.83	3400.9	-3275.1
1996.0	10.535	4803.4	129.21	3412.2	-3283.0
1997.0	10.567	4932.6	132.69	3422.8	-3290.1
1998.0	10.598	5065.3	136.26	3432.6	-3296.3
1999.0	10.625	5201.6	139.92	3441.5	-3301.6
2000.0	10.650	5341.5	143.69	3449.7	-3306.0

TIME	POB	HACI	DEMVIV	SVAIC	VIVTOT	VIVIA	VIVIC
E 00	E 06	E 00	E 03	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	5.0547	460.65	54.429	1747.1	35.379	19.050
1981.0	9.020	5.0066	453.36	53.568	1801.5	34.819	18.749
1982.0	9.196	4.9571	443.90	52.449	1855.1	34.092	18.357
1983.0	9.350	4.9018	430.06	50.814	1907.5	33.029	17.785
1984.0	9.495	4.8484	415.38	49.080	1958.4	31.902	17.178
1985.0	9.640	4.8023	402.64	47.574	2007.4	30.923	16.651
1986.0	9.775	4.7568	388.82	45.941	2055.0	29.862	16.079
1987.0	9.898	4.7113	373.63	44.147	2101.0	28.695	15.451
1988.0	10.010	4.6663	357.32	42.220	2145.1	27.443	14.777
1989.0	10.110	4.6220	340.13	40.189	2187.3	26.123	14.066
1990.0	10.199	4.5787	322.26	38.077	2227.5	24.750	13.327
1991.0	10.278	4.5365	303.90	35.908	2265.6	23.340	12.568
1992.0	10.347	4.4957	285.22	33.700	2301.5	21.905	11.795
1993.0	10.406	4.4563	266.38	31.474	2335.2	20.458	11.016
1994.0	10.457	4.4185	247.62	29.258	2366.7	19.017	10.240
1995.0	10.500	4.3824	229.03	27.061	2395.9	17.590	9.471
1996.0	10.535	4.3478	210.69	24.894	2423.0	16.181	8.713
1997.0	10.567	4.3169	193.96	22.917	2447.9	14.896	8.021
1998.0	10.598	4.2891	178.60	21.103	2470.8	13.717	7.386
1999.0	10.625	4.2639	164.43	19.428	2491.9	12.628	6.800
2000.0	10.650	4.2410	151.28	17.874	2511.3	11.618	6.256

TIME	POB	AUDF	IAU	DENSI	FOTVIV	FLT
E 00	E 06	E 00	E 00	E 00	E 00	E 00
1980.0	8.831	534.00	30.457	5891.3	16.447	466.00
1981.0	9.020	564.46	21.818	6017.1	11.782	435.54
1982.0	9.196	586.27	35.484	6134.7	19.161	413.73
1983.0	9.350	621.76	17.767	6237.8	9.594	378.24
1984.0	9.495	639.53	22.200	6334.2	11.988	360.47
1985.0	9.640	661.73	23.336	6431.2	12.601	338.27
1986.0	9.775	685.06	36.041	6521.2	19.462	314.94
1987.0	9.898	721.10	22.777	6603.3	12.300	278.90
1988.0	10.010	743.88	15.900	6677.6	8.586	256.12
1989.0	10.110	759.78	20.275	6744.4	10.949	240.22
1990.0	10.199	780.05	14.887	6803.9	8.039	219.95
1991.0	10.278	794.94	18.685	6856.5	10.090	205.06
1992.0	10.347	813.63	16.095	6902.5	8.692	186.37
1993.0	10.406	829.72	12.838	6942.2	6.933	170.28
1994.0	10.457	842.56	26.050	6976.1	14.067	157.44
1995.0	10.500	868.61	12.927	7004.5	6.980	131.39
1996.0	10.535	881.54	9.702	7027.8	5.239	118.46
1997.0	10.567	891.24	20.857	7049.6	11.263	108.76
1998.0	10.598	912.10	15.970	7069.8	8.624	87.90
1999.0	10.625	928.07	7.292	7088.3	3.938	71.93
2000.0	10.650	935.36	6.008	7105.0	3.244	64.64

## ANEXO E

LISTADO DEL MODELO DE POBLACION-VIVIENDA Y RESULTADOS  
TABULARES PARA EL ANALISIS DE POLITICAS NO. 2.

\* MODELO DE POBLACION-VIVIENDA (ANA. POL. 2).

L  $POB.K=POB.J+(DT)*((NAC.JK+INM.JK)-(DEF.JK+EMI.JK))$

N  $POB=8.831E6$

NOTE POBLACION DEL DISTRITO FEDERAL.

R  $NAC.KL=POB.K*TANAT.K$

NOTE NUMERO DE NACIMIENTOS.

A  $TANAT.K=TABHL(TTANAT, TIME.K, 1980, 2000, 5)$

NOTE TASA DE NATALIDAD.

A  $TTANAT=0.03293/0.03/0.026/0.022/0.0204$

NOTE TABLA DE TASAS DE NATALIDAD.

R  $DEF.KL=(POB.K*TAMOR.K)+PULSE(MUESIS.K, 1985, 100)$

NOTE NUMERO DE DEFUNCIONES.

A  $MUESIS.K=5E3+(15E3*NOISE()+7500)$

NOTE MUERTES POR SISMO.

A  $TAMOR.K=TABHL(TTAMOR, TIME.K, 1980, 2000, 5)$

NOTE TASA DE MOTALIDAD.

T  $TTAMOR=0.00563/0.00559/0.00556/0.00553/0.0055$

NOTE TABLA DE TASAS DE MORTALIDAD.

R  $INM.KL=POB.K*TAT.K$

NOTE NUMERO DE INMIGRANTES.

A  $TAT.K=TIHA.K+TIDE.K+TINMD.K$

NOTE TASA DE ATRACCION HACIA LA CIUDAD.

A  $TIHA.K=TABLE(TTIHA, HACI.K, 4, 8, 0.5)$

NOTE TASA DE INMIGRACION POR HACINAMIENTO.

T  $TTIHA=0.0215/0.0191/0.0172/0.0156/0.0143/0.0132/0.0122/$

X  $0.0114/0.0107$

NOTE TABLA DE TASAS DE HACINAMIENTO.

A  $TIDE.K=TABLE(TTIDE, DISEMP.K, -5E6, -1E6, 5E5)$

NOTE TASA DE INMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.

T  $TTIDE=0.00918/0.0102/0.0114/0.0131/0.0153/0.0183/0.0229/$

X 0.0306/0.0459  
 NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
 A  $DISEMP.K=GE.JK-PEI.K$   
 NOTE DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 A  $PEI.K=POB.K*PPEI$   
 NOTE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 C  $PPEI=0.3239$   
 NOTE PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 A  $TINMD.K=TABLE(TTINMD,DENSI.K,1000,10000,1000)$   
 NOTE TABLA DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 T  $TTINMD=0.1/0.0502/0.0334/0.0251/0.02/0.0167/0.0143/$   
 X  $0.0125/0.0111/0.01$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 A  $DENSI.K=POB.K/AREA$   
 NOTE DENSIDAD DE POBLACION.  
 C  $AREA=1499$   
 NOTE AREA DEL DISTRITO FEDERAL (KM2).  
 A  $HACI.K=POB.K/VIVTOT.K$   
 NOTE INDICE DE HACINAMIENTO.  
 R  $EMI.KL=(POB.K*TRE.K)+PULSE(100000,1985,100)$   
 NOTE NUMERO DE EMIGRANTES.  
 A  $TRE.K=TEMID.K+TEDE.K+TEHA.K$   
 NOTE TASA DE RECHAZO DE LA CIUDAD.  
 A  $TEMID.K=TABLE(TTEMID,DENSI.K,1000,10000,1000)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
 T  $TTEMID=0.00318/0.00636/0.00955/0.0127/0.0159/0.0191/$   
 X  $0.0222/0.0254/0.0286/0.0318$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
 A  $TEDE.K=TABLE(TTEDE,DISEMP.K,-5E6,-1E6,5E5)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 T  $TTEDE=0.0348/0.0313/0.0278/0.0243/0.0208/0.0174/0.0139/$   
 X  $0.0104/0.00696$   
 NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
 A  $TEHA.K=TABLE(TTEHA,HACI.K,4,8,0.5)$   
 NOTE TASA DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
 T  $TTEHA=0.0148/0.0167/0.0185/0.0204/0.0222/0.0241/0.0259/$

X 0.0278/0.0297  
NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
L  $EMPLEO.K=EMPLEO.J+(DT)*(GE.JK-DIEMP.JK)$   
N  $EMPLEO=3.3125E6$   
NOTE NUMERO DE EMPLEOS.  
R  $DIEMP.KL=PULSE(DESEMP.K,1985,100)$   
NOTE DISMINUCION DEL EMPLEO.  
A  $DESEMP.K=5E5+(5E5*NOISE()+25E4)$   
NOTE DESTRUCCION DEL EMPLEO  
R  $GE.KL=EMPLEO.K*CLIP(TEN.K,TGE,TIME.K,1982)$   
NOTE GENERACION DE EMPLEOS.  
A  $TEN.K=CLIP(TGE,0,TIME.K,1984)$   
NOTE TENDENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.  
C  $TGE=0.0269$   
NOTE TASA DE GENERACION DE EMPLEO.  
L  $VIVTOT.K=VIVTOT.J+(DT)*((VIVIA.JK+VIVIC.JK)-DESVIV.JK)$   
N  $VIVTOT=1.7471E6$   
NOTE TOTAL DE VIVIENDAS.  
R  $DESVIV.KL=0+PULSE(51E3,1985,100)$   
NOTE DESTRUCCION DE VIVIENDAS.  
A  $VIVIA.KL=CLIP(NVA.K,0,FLT.K,0.001)$   
NOTE VIVIENDA POR AUTOCONSTRUCCION.  
A  $NVA.K=TABLE(TNVA,DEMIVIV.K,100000,600000,100000)$   
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION.  
T  $TNVA=7680.1/15360.3/23040.5/30720.7/38400.9/46081$   
NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. AUTOCONSTRUIDAS POR DEMANDA.  
R  $VIVIC.KL=CLIP(NVIC.K,0,FLT.K,0.001)$   
NOTE VIVIENDAS POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
A  $NVIC.K=TABLE(TNVIC,DEMIVIV.K,100000,600000,100000)$   
NOTE NUM. DE VIV. POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
T  $TNVIC=4135.4/8270.9/12406.4/16541.9/20677.4/24812.8$   
NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. POR IND. DE LA CONSTRUCCION.  
A  $DEMIVIV.K=NECVIV.K$   
NOTE DEMANDA DE VIVIENDA.  
A  $NECVIV.K=(POB.K/NPDVIV)-VIVTOT.K$   
NOTE NECESIDAD DE VIVIENDA.

C NPDVIV=4  
 NOTE NUMERO DE PERSONAS DESEADAS POR VIVIENDA.  
 A  $FLT.K=(AREAUR-AUDF.K)+PULSE(PREDI.K, 1985, 100)$   
 NOTE FRACCION LIBRE DE TERRENO.  
 C  $AREAUR=1000$   
 NOTE AREA URBANIZABLE DEL DISTRITO FEDERAL.  
 A  $PREDI.K=7000*ADV$   
 NOTE PREDIOS EXPROPIADOS  
 L  $AUDF.K=AUDF.J+(DT)*(IAU.JK)$   
 N  $AUDF=534$   
 NOTE AREA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL.  
 R  $IAU.KL=FOTIND.K+FOTSER.K+FOTVIA.K+FOTEA.K+FOTVIV.K$   
 NOTE INCREMENTO DEL AREA URBANA.  
 A  $FOTIND.K=FOTVIV.K*26.7/288.36$   
 NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR LA INDUSTRIA.  
 A  $FOTSER.K=FOTVIV.K*37.38/288.36$   
 NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR SERVICIOS.  
 A  $FOTVIA.K=FOTVIV.K*149.52/288.36$   
 NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR VIALIDAD.  
 A  $FOTEA.K=FOTVIV.K*32.04/288.36$   
 NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR ESPACIOS ABIERTOS.  
 A  $FOTVIV.K=FOTVU.K+FOTVP1.K+FOTVP2.K+FOTVDE.K+FOTCH.K$   
 NOTE FRACCION OCUPADA DE TERRENO POR VIVIENDA.  
 A  $FOTVU.K=UNIFAM.K*ADV$   
 NOTE F. O. T. POR VIVIENDA UNIFAMILIAR.  
 C  $ADV=0.000125$   
 NOTE AREA OCUPADA POR VIVIENDA (METROS CUADRADOS).  
 A  $UNIFAM.K=SVAIC.K*FVU$   
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
 A  $SVAIC.K=VIVIA.JK+VIVIC.JK$   
 NOTE SUMA DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION Y  
 NOTE POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
 C  $FVU=0.5438$   
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
 A  $FOTVP1.K=PLURII.K/ALE1.K*ADV$   
 NOTE F. O. T. PR VIVIENDA PLURIFAMILIAR TIPO 1.



A PLURI1.K=SVAIC.K\*FVP1  
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
 C FVP1=0.16  
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
 A ALE1.K=2+(2\*NOISE()+1)  
 NOTE GENERACION DE UN NO. ALEATORIO PARA PLURI1.  
 A FOTVP2.K=PLURI2.K/ALE2.K\*AOV  
 NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 A PLURI2.K=SVAIC.K\*FVP2  
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 C FVP2=0.1067  
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 A ALE2.K=2+(2\*NOISE()+1)  
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA PLURI2.  
 A FOTVDE.K=DEPAR.K/ALE3.K\*AOV  
 NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A DEPAR.K=SVAIC.K\*FVDEP  
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 C FVDEP=0.895  
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A ALE3.K=2+(10\*NOISE()+5)  
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA DEPAR.  
 A FOTCH.K=COHAB.K/ALE4.K\*AOV  
 NOTE F. O. T. POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A COHAB.K=SVAIC.K/FVCH  
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 C FVCH=0.1  
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS EN CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A ALE4.K=3+(12\*NOISE()+6)  
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA COHAB.  
 N TIME=1980  
 NOTE INICIALIZACION DEL TIEMPO.  
 PRINT POB,NAC,DEF,INM,EMI  
 PRINT POB,EMPLEO,GE,PEI,DISEMP  
 PRINT POB,HACI,DEMIVIV,SVAIC,VIVTOT,VIVIA,VIVIC  
 PRINT POB,AUDF,IAU,DENSI,FOTVIV,FLT

PLOT POB=P/NAC=N, DEF=D, INM=I, EMI=E  
PLOT EMPLEO=E/GE=G  
PLOT PEI=I/DISEMP=D  
PLOT HACI=H  
PLOT VIVTOT=V/SVAIC=S/VIVIA=A, VIVIC=I  
PLOT AUDF=U/IAU=\*/FLT=T  
PLOT DENSI=D  
PLOT FQTVIV=F  
SPEC DT=1/LENGHT=2000/PRTPER=1/PLTPER=1  
NOTE DECLARACIONES DE CONTROL.

## RESULTADOS TABULADOS.

TIME	POB	NAC	DEF	INM	EMI
E 00	E 06	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	290.80	49.719	448.23	500.76
1981.0	9.020	291.73	50.708	452.41	517.01
1982.0	9.196	292.05	51.626	452.15	538.13
1983.0	9.350	291.47	52.418	457.02	551.52
1984.0	9.495	290.41	53.153	466.06	557.96
1985.0	9.640	289.21	59.205	470.47	670.77
1986.0	9.670	282.36	53.997	469.49	575.72
1987.0	9.792	278.10	54.621	473.95	586.08
1988.0	9.903	273.34	55.182	478.09	595.48
1989.0	10.004	268.11	55.684	481.94	603.92
1990.0	10.095	262.46	56.127	485.50	611.40
1991.0	10.175	256.41	56.513	488.80	617.95
1992.0	10.246	250.00	56.844	491.85	623.57
1993.0	10.307	243.25	57.123	494.83	628.26
1994.0	10.360	236.21	57.353	497.84	632.05
1995.0	10.405	228.90	57.538	500.63	635.08
1996.0	10.442	226.37	57.679	503.20	637.35
1997.0	10.476	223.77	57.807	505.54	639.52
1998.0	10.508	221.09	57.921	507.75	641.56
1999.0	10.537	218.34	58.019	509.84	643.43
2000.0	10.564	215.51	58.103	511.76	645.10

TIME	POB	EMPLEO	GE	PEI	DISEMP
E 00	E 06	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	3312.5	89.11	2860.4	-2771.3
1981.0	9.020	3401.6	91.50	2921.4	-2829.9
1982.0	9.196	3493.1	0.00	2978.6	-2978.6
1983.0	9.350	3493.1	0.00	3028.6	-3028.6
1984.0	9.495	3493.1	93.96	3075.4	-2981.5
1985.0	9.640	3587.1	96.49	3122.5	-3026.0
1986.0	9.670	2961.5	79.66	3132.1	-3052.5
1987.0	9.792	3041.2	81.81	3171.7	-3089.9
1988.0	9.903	3123.0	84.01	3207.7	-3123.7
1989.0	10.004	3207.0	86.27	3240.4	-3154.1
1990.0	10.095	3293.2	88.59	3269.7	-3181.1
1991.0	10.175	3381.8	90.97	3295.7	-3204.8
1992.0	10.246	3472.8	93.42	3318.6	-3225.2
1993.0	10.307	3566.2	95.93	3338.5	-3242.6
1994.0	10.360	3662.2	98.51	3355.6	-3257.1
1995.0	10.405	3760.7	101.16	3370.1	-3268.9
1996.0	10.442	3861.8	103.88	3382.0	-3278.2
1997.0	10.476	3965.7	106.68	3393.2	-3286.5
1998.0	10.508	4072.4	109.55	3403.6	-3294.0
1999.0	10.537	4181.9	112.49	3413.1	-3300.6
2000.0	10.564	4294.4	115.52	3421.8	-3306.2

TIME	POB	HACI	DEMVIU	SVAIC	VIVTOT	VIVIA	VIVIC
E 00	E 06	E 00	E 03	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8.831	5.0547	460.65	54.429	1747.1	35.379	19.050
1981.0	9.020	5.0066	453.36	53.568	1801.5	34.819	18.749
1982.0	9.196	4.9571	443.90	52.449	1855.1	34.092	18.357
1983.0	9.350	4.9018	430.06	50.814	1907.5	33.029	17.785
1984.0	9.495	4.8484	415.38	49.080	1958.4	31.902	17.178
1985.0	9.640	4.8023	402.64	47.574	2007.4	30.923	16.651
1986.0	9.670	4.8253	413.49	48.856	2004.0	31.757	17.100
1987.0	9.792	4.7700	395.17	46.692	2052.9	30.349	16.342
1988.0	9.903	4.7169	376.31	44.464	2099.6	28.901	15.562
1989.0	10.004	4.6661	357.04	42.187	2144.0	27.421	14.765
1990.0	10.095	4.6174	337.47	39.874	2186.2	25.918	13.956
1991.0	10.175	4.5709	317.70	37.538	2226.1	24.400	13.138
1992.0	10.246	4.5263	297.85	35.193	2263.6	22.875	12.318
1993.0	10.307	4.4838	278.02	32.849	2298.8	21.352	11.497
1994.0	10.360	4.4432	258.34	30.525	2331.7	19.841	10.684
1995.0	10.405	4.4047	238.98	28.237	2362.2	18.354	9.883
1996.0	10.442	4.3681	219.97	25.991	2390.4	16.894	9.097
1997.0	10.476	4.3354	202.62	23.940	2416.4	15.561	8.379
1998.0	10.508	4.3060	186.67	22.056	2440.4	14.337	7.720
1999.0	10.537	4.2793	171.96	20.318	2462.4	13.206	7.111
2000.0	10.564	4.2551	158.32	18.706	2482.7	12.159	6.547

TIME	POB	AUDF	IAU	DENSI	FQTVIV	FLT
E 00	E 06	E 00	E 00	E 00	E 00	E 00
1980.0	8.831	534.00	19.377	5891.3	10.463	446.00
1981.0	9.020	533.38	36.240	6017.1	19.570	446.62
1982.0	9.196	589.62	29.677	6134.7	16.026	410.38
1983.0	9.350	619.29	24.925	6237.8	13.460	380.71
1984.0	9.495	644.22	16.298	6334.2	8.801	355.78
1985.0	9.640	660.52	17.916	6431.2	9.675	340.36
1986.0	9.670	678.43	21.233	6451.0	11.466	321.57
1987.0	9.792	699.67	24.297	6532.5	13.120	300.33
1988.0	9.903	723.96	15.114	6606.7	8.162	276.04
1989.0	10.004	739.08	37.562	6674.0	20.283	260.92
1990.0	10.095	776.64	20.393	6734.3	11.012	223.36
1991.0	10.175	797.03	34.164	6788.0	18.449	202.97
1992.0	10.246	831.20	23.496	6835.2	12.688	168.80
1993.0	10.307	854.69	11.042	6876.1	5.962	145.31
1994.0	10.360	865.73	12.458	6911.3	6.727	134.27
1995.0	10.405	878.19	17.396	6941.1	9.394	121.81
1996.0	10.442	895.59	12.278	6965.7	6.630	104.41
1997.0	10.476	907.87	11.752	6988.8	6.346	92.13
1998.0	10.508	919.62	9.184	7010.1	4.960	80.38
1999.0	10.537	928.80	7.901	7029.7	4.267	71.20
2000.0	10.564	936.70	6.953	7047.5	3.755	63.30

## ANEXO C

LISTADO DEL MODELO DE POBLACION-VIVIENDA PARA  
EL ANALISIS DE POLITICAS NO. 3.

\* MODELO DE POBLACION-VIVIENDA (ANA. POL. 3).

L POB.K=POB.J+(DT)\*( (NAC.JK+INM.JK)--(DEF.JK+EMI.JK) )

N POB=8.831E6

NOTE POBLACION DEL DISTRITO FEDERAL.

R NAC.KL=POB.K\*TANAT.K

NOTE NUMERO DE NACIMIENTOS.

A TANAT.K=TABHL(TTANAT, TIME.K, 1980, 2000, 5)

NOTE TASA DE NATALIDAD.

A TTANAT=0.03293/0.03/0.026/0.022/0.0204

NOTE TABLA DE TASAS DE NATALIDAD.

R DEF.KL=(POB.K\*TAMOR.K)+PULSE(MUESIS.K, 1980, 2000)

NOTE NUMERO DE DEFUNCIONES.

A MUESIS.K=(15E3+(15E3\*NOISE()+7500)

NOTE MUERTES POR SISMO.

A TAMOR.K=TABHL(TTAMOR, TIME.K, 1980, 2000, 5)

NOTE TASA DE MOTALIDAD.

T TTAMOR=0.00563/0.00557/0.00556/0.00553/0.0055/

NOTE TABLA DE TASAS DE MORTALIDAD.

R INM.KL=CLIP(INM2, INM1.K, TIME.K, 1986)

A INM2.K=POB.K\*TAT.K\*FII.K

A FII.K=TABLE(TFII, TIME.K, 1985, 1995, 11)

NOTE FACTORES QUE INHIBEN LA INMIGRACION.

T TFII=0.0/0.3

NOTE TABLA DE FACTORES QUE INHIBEN LA INMIGRACION.

A INM1.K=POB.K\*TAT.K

A INM3.K=POB.K\*TAT.K

NOTE MODULO DE NUMERO DE INMIGRANTES PARA

NOTE ANALISIS DE POLITICAS 3.

A TAT.K=TIHA.K+TIDE.K+TINMD.K

NOTE TASA DE ATRACCION HACIA LA CIUDAD.

A TIHA.K=TABLE(TTIHA,HACI.K,2.5,8,0.5)  
 NOTE TASA DE INMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
 T TTIHA=0.0344/0.0287/0.0246/0.0215/0.0191/0.0172/  
 X 0.0156/0.0143/0.0132/0.0122/0.0114/0.0107  
 NOTE TABLA DE TASAS DE HACINAMIENTO.  
 A TIDE.K=TABLE(TTIDE,DISEMP.K,5E6,-1E6,5E5)  
 NOTE TASA DE INMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 T TTIDE=0.00918/0.0102/0.0114/0.0131/0.0153/0.0183/0.0229/  
 X 0.0306/0.0459  
 NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
 A DISEMP.K=GE.K-PEI.K  
 NOTE DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
 A PEI.K=POB.K\*PPEI  
 NOTE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 C PPEI=0.3239  
 NOTE PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.  
 A TINMD.K=TABLE(TTINMD,DENSI.K,1000,10000,1000)  
 NOTE TABLA DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 T TTINMD=0.1/0.0502/0.0334/0.0251/0.02/0.0167/0.0143/  
 X 0.0125/0.0111/0.01  
 NOTE TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DENSIDAD.  
 A DENSI.K=POB.K/AREA  
 NOTE DENSIDAD DE POBLACION.  
 C AREA=1499  
 NOTE AREA DEL DISTRITO FEDERAL (KM2).  
 A HACI.K=POB.K/VIVTOT.K  
 NOTE INDICE DE HACINAMIENTO.  
 R EMI.KL=CLIP(EMI2.K,EMI1.K,TIME.K,1985.5)  
 NOTE NUMERO DE EMIGRANTES.  
 A EMI1.K=POB.K\*TRE.K  
 A EMI2.K=POB.K\*TRE.K\*FAE.K  
 A FAE.K=TABLE(TFAE,TIME.K,1985,1990,1)  
 NOTE FACTOR QUE ACELERA LA EMIGRACION.  
 T TFAE=0.0/1.5/1.375/1.25/1.125/1.0  
 NOTE TABLA DE FACTOR QUE ACELERA LA EMIGRACION.  
 A TRE.K=TEMID.K+TEDE.K+TEHA.K



NOTE TASA DE RECHAZO DE LA CIUDAD.  
A TEMID.K=TABLE(TTEMID,DENSI.K,1000,10000,1000)  
NOTE TASA DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
T TTEMID=0.00318/0.00636/0.00955/0.0127/0.0159/0.0191/  
X 0.0222/0.0254/0.0286/0.0318  
NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DENSIDAD.  
A TEDE.K=TABLE(TTEDE,DISEMP.K,-5E6,-1E6,5E5)  
NOTE TASA DE EMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.  
T TTEDE=0.0348/0.0313/0.0278/0.0243/0.0208/0.0174/0.0139/  
X 0.0114/0.00696  
NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.  
A TEHA.K=TABLE(TTEHA,HACI.K,2.5,8,0.5)  
NOTE TASA DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
T TTEHA=0.00925/0.0111/0.01295/0.0148/0.0167/0.0185/  
X 0.0204/0.0222/0.0241/0.0259/0.0278/0.0297  
NOTE TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.  
L EMPLEO.K=EMPLEO.J+(DT)\*(GE.JK-DIEMP.JK)  
N EMPLEO=3.3125E6  
NOTE NUMERO DE EMPLEOS.  
R DIEMP.KL=PULSE(DESEMP.K,1985,100)  
NOTE DISMINUCION DEL EMPLEO.  
A DESEMP.K=5E5+(5E5\*NOISE()+25E4)  
NOTE DESTRUCCION DEL EMPLEO  
R GE.KL=EMPLEO.K\*CLIP(TEN.K,TGE,TIME.K,1982)  
NOTE GENERACION DE EMPLEOS.  
A TEN.K=CLIP(TGE1,0,TIME.K,1984)  
NOTE TENDENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.  
C TGE=0.0269  
NOTE TASA DE GENERACION DE EMPLEO.  
C TGE1=0.01614  
NOTE TENDENCIA ALTERNATIVA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.  
L VIVTOT.K=VIVTOT.J+(DT)\*((VIVIA.JK+VIVIC.JK)-DESVIV.JK)  
N VIVTOT=1.7471E6  
NOTE TOTAL DE VIVIENDAS.  
R DESVIV.KL=0+PULSE(51E3,1985,100)  
NOTE DESTRUCCION DE VIVIENDAS.

R VIVIA.KL=CLIP(VIVIA2.K,VIVIA1.K,TIME.K,1986)  
 A VIVIA2.K=CLIP(VIVIA1.K,VIVIA3.K,TIME.K,1987)  
 A VIVIA1.K=CLIP(NVA.K,0,FLT.K,0.001)  
 A VIVIA3.K=VIVIA1.K\*1.1  
 NOTE MODULO PARA VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION  
 NOTE PARA ANALISIS DE POLITICAS NO. 3.  
 A NVA.K=CLIP(NVA1.K,0,DEMVIV.K,0)  
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION.  
 A NVA1.K=TABLE(TNVA,DEMVIV.K,100000,600000,100000)  
 T TNVA=7680.1/15360.3/23040.5/30720.7/38400.9/46081  
 NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. AUTOCONSTRUIDAS POR DEMANDA.  
 R VIVIC.KL=CLIP(VIVIC2.K,VIVIC1.K,TIME.K,1986)  
 A VIVIC2.K=CLIP(VIVIC1.K,VIVIC3.K,TIME.K,1987)  
 A VIVIC1.K=CLIP(NVIC.K,0,FLT.K,0.001)  
 A VIVIC3.K=VIVIC1.K\*1.05  
 NOTE MODULO DE VIVIENDAS POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION  
 NOTE PARA ANALISIS DE POLITICAS NO. 3.  
 A NVIC.K=CLIP(NVIC1.K,0,DEMVIV.K,0)  
 NOTE NUM. DE VIV. POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
 A NVIC1.K=TABLE(TNVIC,DEMVIV.K,100000,600000,100000)  
 T TNVIC=4135.4/8270.9/12406.4/16541.9/20677.4/24812.8  
 NOTE TABLA DE NUM. DE VIV. POR IND. DE LA CONSTRUCCION.  
 A DEMVIV.K=NECVIV.K  
 NOTE DEMANDA DE VIVIENDA.  
 A NECVIV.K=(POB.K/NPDVIV)-VIVTOT.K  
 NOTE NECESIDAD DE VIVIENDA.  
 C NPDVIV=4  
 NOTE NUMERO DE PERSONAS DESEADAS POR VIVIENDA.  
 A FLT.K=(AREAU-AUDF.K)+PULSE(PREDI.K,1985,100)  
 NOTE FRACCION LIBRE DE TERRENO.  
 C AREAU=1000  
 NOTE AREA URBANIZABLE DEL DISTRITO FEDERAL.  
 A PREDI.K=7000\*AOV  
 NOTE PREDIOS EXPROPIADOS  
 L AUDF.K=AUDF.J+(DT)\*(IAU.JK)  
 N AUDF=534

NOTE AREA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL.  
R IAU.KL=FOTIND.K+FOTSER.K+FOTVIA.K+FOTEA.K+FOTVIV.K  
NOTE INCREMENTO DEL AREA URBANA.  
A FOTIND.K=FOTVIV.K\*26.7/288.36  
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR LA INDUSTRIA.  
A FOTSER.K=FOTVIV.K\*37.38/288.36  
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR SERVICIOS.  
A FOTVIA.K=FOTVIV.K\*149.52/288.36  
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR VIALIDAD.  
A FOTEA.K=FOTVIV.K\*32.04/288.36  
NOTE FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR ESPACIOS ABIERTOS.  
A FOTVIV.K=FOTVU.K+FOTVP1.K+FOTVP2.K+FOTVDE.K+FOTCH.K  
NOTE FRACCION OCUPADA DE TERRENO POR VIVIENDA.  
A FOTVU.K=UNIFAM.K\*ADV  
NOTE F. O. T. POR VIVIENDA UNIFAMILIAR.  
C ADV=0.000125  
NOTE AREA OCUPADA POR VIVIENDA (METROS CUADRADOS).  
A UNIFAM.K=SVAIC.K\*FVU  
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
A SVAIC.K=VIVIA.JK+VIVIC.JK  
NOTE SUMA DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION Y  
NOTE POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.  
C FVU=0.5438  
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.  
A FOTVP1.K=PLUR11.K/ALE1.K\*ADV  
NOTE F. O. T. PR VIVIENDA PLURIFAMILIAR TIPO 1.  
A PLUR11.K=SVAIC.K\*FVP1  
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
C FVP1=0.16  
NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.  
A ALE1.K=2+(2\*NOISE()+1)  
NOTE GENERACION DE UN NO. ALEATORIO PARA PLUR11.  
A FOTVP2.K=PLUR12.K/ALE2.K\*ADV  
NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
A PLUR12.K=SVAIC.K\*FVP2  
NOTE NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.

C FVP2=0.1067  
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.  
 A  $ALE2.K=2+(2*NOISE()+1)$   
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA PLURI2.  
 A  $FOTVDE.K=DEPAR.K/ALE3.K*AOV$   
 NOTE F. O. T. POR VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A  $DEPAR.K=SVAIC.K*FVDEP$   
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 C  $FVDEP=0.875$   
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.  
 A  $ALE3.K=2+(10*NOISE()+5)$   
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA DEPAR.  
 A  $FOTCH.K=COHAB.K/ALE4.K*AOV$   
 NOTE F. O. T. POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A  $COHAB.K=SVAIC.K/FVCH$   
 NOTE NUMERO DE VIVIENDAS POR CONJUNTO HABITACIONAL.  
 C  $FVCH=0.1$   
 NOTE FRACCION DE VIVIENDAS EN CONJUNTO HABITACIONAL.  
 A  $ALE4.K=3+(12*NOISE()+6)$   
 NOTE GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA COHAB.  
 N  $TIME=1980$   
 NOTE INICIALIZACION DEL TIEMPO.  
 PRINT POB,NAC,DEF,INM,EMI  
 PRINT POB,EMPLEO,GE,PEI,DISEMP  
 PRINT POB,HACI,DEMVIV,SVAIC,VIVTOT,VIVIA,VIVIC  
 PRINT POB,AUDF,IAU,DENSI,FOTVIV,FLT  
 PLOT  $POB=P/NAC=N,DEF=D,INM=I,EMI=E$   
 PLOT  $EMPLEO=E/GE=G$   
 PLOT  $PEI=I/DISEMP=D$   
 PLOT  $HACI=H$   
 PLOT  $VIVTOT=V/SVAIC=S/VIVIA=A,VIVIC=I$   
 PLOT  $AUDF=U/IAU=*/FLT=T$   
 PLOT  $DENSI=D$   
 PLOT  $FOTVIV=F$   
 SPEC  $DT=0.5/LENGHT=2000/PRTPER=1/PLTPER=1$

## RESULTADOS TABULADOS.

TIME	POB	NAC	DEF	INM	EMI
E 00	E 03	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8831.0	290.80	49.719	448.23	500.76
1981.0	9016.5	291.63	50.691	452.38	516.69
1982.0	9190.5	291.87	51.595	452.11	537.54
1983.0	9342.8	291.23	52.376	456.91	550.72
1984.0	9485.5	290.12	53.100	464.05	559.44
1985.0	9624.6	288.74	72.114	468.60	571.73
1986.0	9583.7	279.84	53.515	12.82	848.19
1987.0	9016.6	256.07	50.295	25.84	684.55
1988.0	8595.0	237.22	47.891	38.97	563.75
1989.0	8284.0	222.01	46.109	52.07	470.31
1990.0	8061.6	209.60	44.822	65.09	395.84
1991.0	7900.5	199.09	43.879	78.03	380.12
1992.0	7758.1	189.30	43.042	91.10	366.42
1993.0	7633.3	180.15	42.304	104.15	354.60
1994.0	7524.5	171.56	41.656	117.14	344.46
1995.0	7430.7	163.48	41.092	130.26	335.82
1996.0	7348.6	159.32	40.594	143.41	328.33
1997.0	7283.1	155.57	40.188	143.62	322.42
1998.0	7220.3	151.92	39.798	143.80	316.79
1999.0	7160.0	148.36	39.423	143.96	311.44
2000.0	7102.0	144.88	39.061	144.08	306.33

TIME	POB	EMPLD	GE	PEI	DISEMP
E 00	E 03	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8831.0	3312.5	89.106	2860.4	-2771.3
1981.0	9016.5	3402.2	91.519	2920.5	-2828.9
1982.0	9190.5	3494.3	0.000	2976.8	-2976.8
1983.0	9342.8	3494.3	0.000	3026.1	-3026.1
1984.0	9485.5	3494.3	56.399	3072.3	-3015.9
1985.0	9624.6	3551.0	57.313	3117.4	-3060.1
1986.0	9583.7	3158.8	50.983	3104.1	-3053.2
1987.0	9016.6	3210.0	51.809	2920.5	-2868.7
1988.0	8595.0	3262.0	52.649	2783.9	-2731.3
1989.0	8284.0	3314.9	53.502	2683.2	-2629.7
1990.0	8061.6	3368.6	54.369	2611.1	-2556.8
1991.0	7900.5	3423.2	55.250	2559.0	-2503.7
1992.0	7758.1	3478.7	56.145	2512.9	-2456.7
1993.0	7633.3	3535.0	57.055	2472.4	-2415.4
1994.0	7524.5	3592.3	57.980	2437.2	-2379.2
1995.0	7430.7	3650.5	58.919	2406.8	-2347.9
1996.0	7348.6	3709.7	59.874	2380.2	-2320.3
1997.0	7283.1	3769.8	60.845	2359.0	-2298.1
1998.0	7220.3	3830.9	61.831	2338.7	-2276.8
1999.0	7160.0	3893.0	62.833	2319.1	-2256.3
2000.0	7102.0	3956.1	63.851	2300.4	-2236.5

TIME	POB	HACI	DEMVIV	SVAIC	VIVTOT	VIVIA	VIVIC
E 00	E 03	E 00	E 03	E 03	E 03	E 03	E 03
1980.0	8831.0	5.0547	460.65	54.429	1747.1	35.379	19.050
1981.0	9016.5	5.0055	452.82	53.504	1801.3	34.777	18.726
1982.0	9190.5	4.9557	443.08	52.353	1854.5	34.029	18.323
1983.0	9342.8	4.9005	429.21	50.714	1906.5	32.964	17.750
1984.0	9465.5	4.8475	414.59	48.986	1956.8	31.841	17.145
1985.0	9624.6	4.7994	400.80	47.357	2005.4	30.782	16.575
1986.0	9583.7	4.7253	367.75	47.037	2028.2	31.068	15.969
1987.0	9016.6	4.3583	185.33	21.898	2068.8	14.233	7.664
1988.0	8595.0	4.1189	62.01	13.914	2086.7	9.044	4.870
1989.0	8284.0	3.9455	-28.59	0.000	2099.6	0.000	0.000
1990.0	8061.6	3.8396	-84.20	0.000	2099.6	0.000	0.000
1991.0	7900.5	3.7629	-124.48	0.000	2099.6	0.000	0.000
1992.0	7758.1	3.6951	-160.06	0.000	2099.6	0.000	0.000
1993.0	7633.3	3.6356	-191.28	0.000	2099.6	0.000	0.000
1994.0	7524.5	3.5838	-218.46	0.000	2099.6	0.000	0.000
1995.0	7430.7	3.5391	-241.91	0.000	2099.6	0.000	0.000
1996.0	7348.6	3.5000	-262.46	0.000	2099.6	0.000	0.000
1997.0	7283.1	3.4688	-278.83	0.000	2099.6	0.000	0.000
1998.0	7220.3	3.4389	-294.52	0.000	2099.6	0.000	0.000
1999.0	7160.0	3.4102	-309.59	0.000	2099.6	0.000	0.000
2000.0	7102.0	3.3826	-324.09	0.000	2099.6	0.000	0.000

TIME E 00	POB E 03	AUDF E 00	IAU E 00	DENSI E 00	FOTVIV E 00	FLT E 00
1980.0	8831.0	534.00	19.377	5891.3	10.463	466.00
1981.0	9016.5	561.95	30.274	6015.0	16.348	438.05
1982.0	9190.5	590.08	17.385	6131.1	9.388	409.92
1983.0	9342.8	608.48	22.041	6232.7	11.902	391.52
1984.0	9485.5	632.47	16.652	6327.9	8.992	367.53
1985.0	9624.6	662.25	24.220	6420.7	13.079	338.63
1986.0	9583.7	696.77	31.403	6393.4	16.958	303.23
1987.0	9016.6	718.23	8.937	6015.1	4.826	281.77
1988.0	8595.0	726.99	6.573	5733.8	3.549	273.01
1989.0	8284.0	733.17	0.000	5526.4	0.000	266.83
1990.0	8061.6	733.17	0.000	5378.0	0.000	266.83
1991.0	7900.5	733.17	0.000	5270.5	0.000	266.83
1992.0	7758.1	733.17	0.000	5175.6	0.000	266.83
1993.0	7633.3	733.17	0.000	5092.2	0.000	266.83
1994.0	7524.5	733.17	0.000	5019.7	0.000	266.83
1995.0	7430.7	733.17	0.000	4957.1	0.000	266.83
1996.0	7348.6	733.17	0.000	4902.3	0.000	266.83
1997.0	7283.1	733.17	0.000	4858.6	0.000	266.83
1998.0	7220.3	733.17	0.000	4816.8	0.000	266.83
1999.0	7160.0	733.17	0.000	4776.5	0.000	266.83
2000.0	7102.0	733.17	0.000	4737.9	0.000	266.83



## ANEXO D

## VARIABLES UTILIZADAS EN EL MODELO.

ALE1	GENERACION DE UN NO. ALEATORIO PARA PLUR11.
ALE2	GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA PLUR12.
ALE3	GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA DEPAR.
ALE4	GENERACION DE UN NUMERO ALEATORIO PARA COHAB.
AREA	AREA DEL DISTRITO FEDERAL (KM2).
AREAUR	AREA URBANIZABLE DEL DISTRITO FEDERAL.
ADV	AREA OCUPADA POR VIVIENDA (METROS CUADRADOS).
AUDF	AREA URBANA DEL DISTRITO FEDERAL.
COHAB	NUMERO DE VIVIENDAS POR CONJUNTO HABITACIONAL.
DEF	NUMERO DE DEFUNCIONES.
DEMIVIV	DEMANDA DE VIVIENDA.
DENSI	DENSIDAD DE POBLACION.
DEPAR	NUMERO DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.
DESEMP	DESTRUCCION DEL EMPLEO.
DESVIV	DESTRUCCION DE VIVIENDAS.
DIEMP	DISMINUCION DEL EMPLEO.
DISEMP	DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.
EMI	NUMERO DE EMIGRANTES.
EMPLEO	NUMERO DE EMPLEOS.
FAE	FACTOR QUE ACELERA LA EMIGRACION.
FII	FACTOR QUE INHIBE LA INMIGRACION.
FLT	FRACCION LIBRE DE TERRENO.
FOTCH	F. O. T. POR CONJUNTO HABITACIONAL.
FOTEA	FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR ESPACIOS ABIERTOS.
FOTIND	FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR LA INDUSTRIA.
FOTSER	FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR SERVICIOS.
FOTVDE	F. O. T. POR VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.
FOTVIA	FRAC. OCUPADA DE TERRENO POR VIALIDAD.
FOTVIV	FRACCION OCUPADA DE TERRENO POR VIVIENDA.
FOTVP1	F. O. T. PR VIVIENDA PLURIFAMILIAR TIPO 1.
FOTVP2	F. O. T. POR VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.

FOTVU	F. O. T. POR VIVIENDA UNIFAMILIAR.
FVCH	FRACCION DE VIVIENDAS EN CONJUNTO HABITACIONAL.
FVDEP	FRACCION DE VIVIENDAS DEPARTAMENTALES.
FVP1	FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.
FVP2	FRACCION DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.
FVU	FRACCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.
GE	GENERACION DE EMPLEOS.
HACI	INDICE DE HACINAMIENTO.
IAU	INCREMENTO DEL AREA URBANA.
MUESIS	MUERTES POR EL SISMO.
INM	NUMERO DE INMIGRANTES.
NAC	NUMERO DE NACIMIENTOS.
NECVIV	NECESIDAD DE VIVIENDA.
NPDVIV	NUMERO DE PERSONAS DESEADAS POR VIVIENDA.
NVA	NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION.
NVIC	NUM. DE VIV. POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.
PEI	POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.
PPEI	PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.
PLURII1	NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 1.
PLURII2	NUMERO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIARES TIPO 2.
POB	POBLACION DEL DISTRITO FEDERAL.
PREDI	PREDIOS EXPROPIADOS.
PPEI	PORCENTAJE DE POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA.
SVAIC	SUMA DEL NUMERO DE VIVIENDAS POR AUTOCONSTRUCCION Y POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.
TAMOR	TASA DE MOTALIDAD.
TANAT	TASA DE NATALIDAD.
TAT	TASA DE ATRACCION HACIA LA CIUDAD.
TEDE	TASA DE EMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.
TEHA	TASA DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.
TEMID	TASA DE EMIGRACION POR DENSIDAD.
TEN	TENDENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.
TFAE	TABLA DE FACTOR QUE ACELERA LA EMIGRACION.
TFII	TABLA DE FACTORES QUE INHIBEN LA INMIGRACION.
TIDE	TASA DE INMIGRACION POR DISPONIBILIDAD DE EMPLEO.
TIHA	TASA DE INMIGRACION POR HACINAMIENTO.

TIME	TIEMPO.
TINMD	TABLA DE INMIGRACION POR DENSIDAD.
TGE	TASA DE GENERACION DE EMPLEO.
TGE1	TENDENCIA ALTERNATIVA EN LA GENERACION DE EMPLEOS.
TNVA	TABLA DE NUM. DE VIV. AUTOCONSTRUIDAS POR DEMANDA.
TNVIC	TABLA DE NUM. DE VIV. POR IND. DE LA CONSTRUCCION.
TRE	TASA DE RECHAZO DE LA CIUDAD.
TTAMOR	TABLA DE TASAS DE MORTALIDAD.
TTANAT	TABLA DE TASAS DE NATALIDAD.
TTEDE	TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.
TTEHA	TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR HACINAMIENTO.
TTEMID	TABLA DE TASAS DE EMIGRACION POR DENSIDAD.
TTIDE	TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DISP. DE EMPLEO.
TTINMD	TABLA DE TASAS DE INMIGRACION POR DENSIDAD.
TTIHA	TABLA DE TASAS DE HACINAMIENTO.
UNIFAM	NUMERO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES.
VIVIA	VIVIENDA POR AUTOCONSTRUCCION.
VIVIC	VIVIENDAS POR INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.
VIVTOT	TOTAL DE VIVIENDAS.

## ANEXO E

## EL LENGUAJE DYNAMO

## 1. INTRODUCCION.

Una vez que se ha elaborado el diagrama tasa-nivel, se procede a convertirlo en ecuaciones del lenguaje DYNAMO.

DYNAMO (DYNAMIC Modeling) es un lenguaje de simulación dinámica (o continua), lo cual significa que calcula la evolución de un número de variables en el tiempo, las cuales dependen una de otra.

Un modelo en DYNAMO es una colección de ecuaciones algebraicas, siendo cada una de ellas una parte muy sencilla de como funciona un sistema determinado. DYNAMO convierte este modelo en código de computadora y simula su comportamiento.

Para escribir ecuaciones en DYNAMO no es necesario un conocimiento profundo en matemáticas, ni en lenguajes de programación (PASCAL, Fortran, etc.), ya que las ecuaciones se elaboran a través de procedimientos sencillos.

Las ecuaciones computadas por DYNAMO son clasificadas en diferentes tipos: niveles, tasas y auxiliares son las más importantes.

Además el empleo del lenguaje DYNAMO ofrece las siguientes ventajas:

- 1.- Las declaraciones de las ecuaciones son fáciles de entender.
- 2.- Los resultados de la simulación se obtienen en forma gráfica y/o tabular.
- 3.- Las ecuaciones se ordenan en forma automática para la

realización de los cálculos.

- 4.- Los errores se pueden detectar y corregir fácilmente.
- 5.- Las operaciones de compilación y simulación se realizan rápida y fácilmente.
- 6.- Pueden efectuarse cambios en el modelo de manera muy sencilla.

La primera versión de DYNAMO fue concebida por Phyllis Fox-Sterlieb y Alexander Pugh en 1958. En 1962 fue hecho interactivo (esto es que se podía dirigir el proceso desde una terminal de computadora). Tres años más tarde le fueron agregadas las funciones macros (DYNAMO II). Pugh y William Shafer le agregaron la capacidad de arreglos en 1974 (DYNAMO III). Al año siguiente Shafer desarrolló DYNAMO para mini-computadora (Mini-DYNAMO); y en 1981 Jay Werb, bajo la supervisión de Pugh, reescribió Mini-DYNAMO en Pascal y lo instaló en micro-computadoras Apple.

## 2. LAS ECUACIONES DEL MODELO Y SU PROGRAMACION.

Como se ha visto, el proceso de construcción de un modelo de un determinado sistema se inicia con la construcción de un diagrama causal, tal como el que se muestra en la figura E.1 (correspondiente a un modelo elemental de crecimiento natural de la población), tras lo cual se establece el diagrama de tasa-nivel correspondiente, como el de la figura E.2. Debe notarse que en el diagrama causal no está especificado el carácter de los distintos elementos que en él se relacionan, es decir, no se sabe si se trata de variables de nivel, de flujo o auxiliares. De hecho, la asignación de este carácter a cada una de las variables puede constituir uno de los puntos más delicados de la construcción de un modelo, y en él que se pone de manifiesto la experiencia y habilidad de la persona que construye el mismo.

La distinción entre niveles y variables de flujo, a partir del diagrama causal, no siempre esta clara y a veces es difícil decidir si una variable debe ser un nivel o de flujo. Ya se ha indicado que un nivel representa un punto de acumulación. Una regla aceptable para decidir el carácter de una variable se basa en considerar la respuesta en el tiempo de la variable en discusión a un cambio en el sistema. Los niveles cambian lentamente acumulando los flujos; mientras que los flujos se alteran instantaneamente en respuesta a los valores que toman los niveles a lo largo del sistema. Puede suceder que una variable, representada por un flujo cuando se emplea un horizonte temporal muy grande, deba ser representada como un nivel cuando el horizonte temporal sea menor.

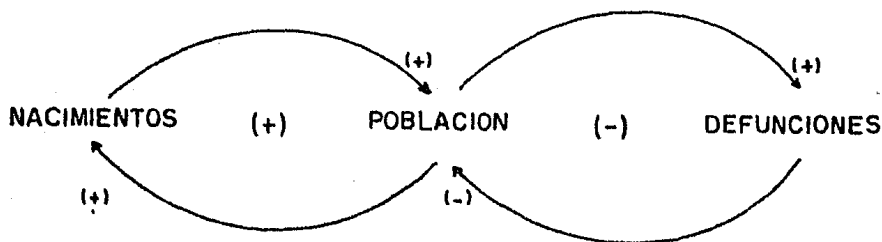


Figura E.1 Diagrama causal de un modelo elemental de crecimiento natural de la población.

Una vez identificadas las variables de nivel, las de flujo y las auxiliares, se procede a construir el diagrama de tasa-nivel a partir del diagrama causal. De hecho, el diagrama de tasa-nivel ya es en cierto sentido un modelo matemático, puesto que cada uno de los bloques que intervienen en el mismo lleva asociada una ecuación matemática que caracteriza la función realizada por dicho bloque.

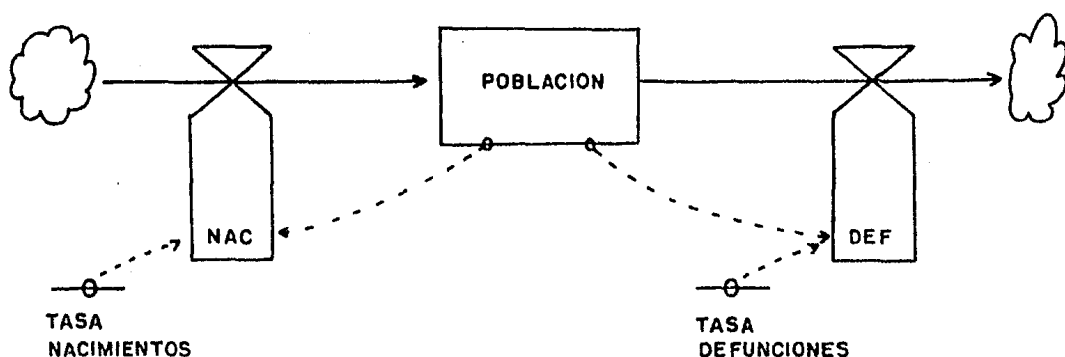


Figura E.2 Diagrama tasa-nivel del modelo elemental de crecimiento natural de la población.

El proceso de modelamiento del comportamiento dinámico de un sistema puede resumirse diciendo que se procede de forma secuencial y progresiva al establecimiento de:

- los límites del sistema (variables endógenas y exógenas);
- los bucles de realimentación como elementos básicos estructurales dentro de los límites.
- las variables de nivel que representan las acumulaciones dentro de los bucles de realimentación.
- las variables de flujo que representan las actividades dentro de los bucles de realimentación.
- la elaboración de un diagrama tasa-nivel.
- la construcción de ecuaciones a partir del diagrama tasa-nivel, y
- la evaluación computacional del modelo.

A partir del diagrama tasa-nivel de la figura E.2 es posible obtener ecuaciones DYNAMO como las que se muestran en la figura E.3.

## \* POBLACION

NOTE

NOTE \*\*\*\*\*

NOTE \*\* MODELO DE CRECIMIENTO NATURAL DE LA POBLACION \*\*

NOTE \*\*\*\*\*

NOTE

NOTE

NOTE POB = POBLACION TOTAL.

L POB.K=POB.J+(DT)(NAC.JK-DEF.JK)

N POB=CPOB

C CPOB=76.4E6

NOTE

NOTE NAC = NUMERO DE NACIMIENTOS.

R NAC.KL=(POB.K)(TANAC)

NOTE

NOTE TANAC = TASA PORCENTUAL DE NACIMIENTOS.

C TANAC=0.03

NOTE

NOTE DEF = NUMERO DE DEFUNCIONES.

R DEF.KL=(POB.K)(TADEF)

NOTE

NOTE TADEF = TASA PORCENTUAL DE MORTALIDAD.

C TADEF=0.015

NOTE

NOTE DECLARACIONES DE IMPRESION, GRAFICACION Y CONTROL.

NOTE

PRINT \*,POB,\*,NAC,\*,DEF

PLOT POB=P/NAC=N,DEF=D

SPEC DT=1/LENGTH=25/PRTPER=5/PLTPER=1

Figura E.3 Modelo de crecimiento natural de población.



### 3. SECUENCIA COMPUTACIONAL.

Primeramente se analiza cual es la sucesion de cálculos que sigue DYNAMO para resolver las ecuaciones.

Un sistema de ecuaciones se escribe dentro del contexto de ciertas convenciones que establecen como deben evaluarse aquellas. Aquí se trata con un sistema de ecuaciones que controla las interacciones cambiantes de un conjunto de variables como avances de tiempo. Esta evolución del sistema implica que las ecuaciones seran calculadas periódicamente a fin de brindar los sucesivos estados del sistema.

En cada momento puede haber una secuencia particular de cómputo impuesta por el sistema de ecuaciones. El intervalo de cálculo para la computación se especifica en el modelo y es llamado DT (Delta Time), y puede ser cualquier unidad de tiempo (minutos, días, años, etc.).

El lenguaje DYNAMO incluye índices de tiempo en cada variable que muestran exactamente como este lenguaje trabaja paso a paso a través del tiempo. El tiempo presente, para el cual el cálculo esta siendo efectuado, es designado ".K"; el tiempo previo (o pasado), para el cual todos los cálculos han sido completados, es designado ".J". El siguiente tiempo en el cual los cálculos serán hechos se denomina ".L". Esta nomenclatura se ilustra en la figura E.4.

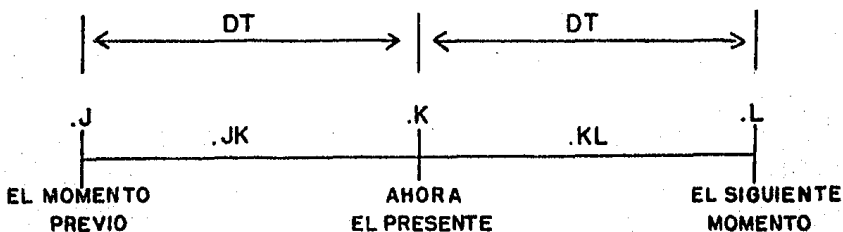


Figura E.4 Indices de tiempo convencionales.

El índice ".JK" denota el flujo calculado en el intervalo precedente, el índice ".KL" el flujo que se calcula en el intervalo siguiente. La figura E.5 muestra esquemáticamente la secuencia de cálculo implícita en las ecuaciones.

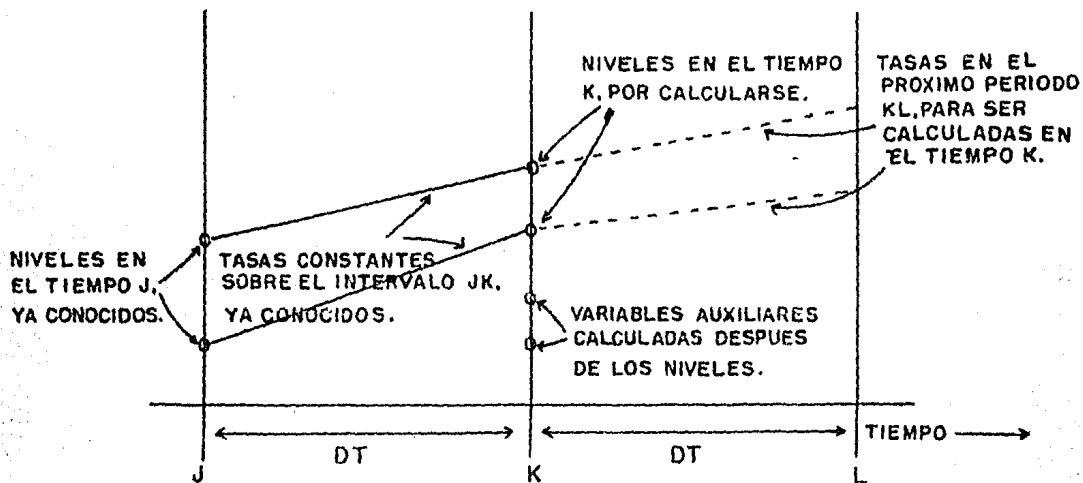


Figura E.5 Cálculos en el tiempo K.

Dicha figura muestra que el avance del tiempo es roto en dos intervalos de igual longitud  $DT$ . Por definición, este intervalo debe ser lo bastante corto, de tal manera que podamos aceptar las tasas constantes de flujo a través del intervalo como una aproximación satisfactoria a las tasas continuamente variables del sistema real.

Esto significa que las decisiones tomadas al comienzo del intervalo no se verán influidas por ningún cambio que ocurra en el transcurso de aquel. Al final del intervalo se calculan nuevos valores de niveles, y de estos se determinan nuevas tasas (decisiones) para el próximo intervalo.

Regresando a la figura E.5 donde tenemos los sucesivos momentos J, K y L. El intervalo JK ha tenido lugar recientemente, y la información acerca de él y de tiempos anteriores se

encuentra disponible. Ninguna información de tiempo posterior a  $K$ , como el intervalo  $KL$  o el tiempo  $L$ , o mas allá, podrá estar disponible para utilizarsela en una ecuación evaluada en el tiempo presente  $K$ .

Para los propósitos de evaluación numérica las ecuaciones básicas de un modelo se separan aquí en dos grupos: las ecuaciones de nivel y las ecuaciones de tasa o flujo (dentro del presente trabajo se utiliza cual quiera de estos dos nombres indistintamente). Para cada etapa de tiempo, las ecuaciones de nivel se evalúan primero, y puede disponerse de los resultados a fin de usarlos en las ecuaciones de tasa. (Las ecuaciones auxiliares se evalúan entre el nivel y los grupos de tasa.)

Las ecuaciones deben estimarse en los momentos que se encuentran separados por intervalos de solución  $\Delta T$ . Las ecuaciones se escriben en función de las etapas de tiempo generalizadas,  $J$ ,  $K$  y  $L$ , utilizando la convención arbitraria de que  $K$  representa el momento "presente" en el cual se evalúan las ecuaciones. En otras palabras, se supone que el progreso de la solución ha llegado al tiempo  $K$ , pero que las ecuaciones todavía no han sido resueltas para niveles de tiempo  $K$  ni para las tasas a través del intervalo  $KL$ .

Las ecuaciones de nivel en el tiempo  $K$  se obtienen a partir de niveles en el tiempo  $J$ , y de tasas en el intervalo  $JK$ . En el tiempo  $K$ , cuando se evalúan las ecuaciones de nivel, se encuentra disponible la totalidad de la información necesaria pues ha sido transportada hacia adelante, desde la etapa de tiempo precedente.

Las ecuaciones de tasa se estiman en el intervalo  $KL$ , tiempo después que se han evaluado las ecuaciones de nivel. Por lo tanto, las ecuaciones de tasa pueden tener disponibles como ingresos, a los valores presentes de los niveles en  $K$ . Los valores determinados por las ecuaciones de tasa señalan las tasas representativas de las acciones que se tomarán sobre el intervalo

próximo KL. Las tasas constantes implican una tasa invariable de cambio en los niveles durante un intervalo de tiempo.

Después de la evaluación de los niveles de tiempo K y de las tasas para el intervalo KL, el tiempo se "indica", Es decir, las posiciones J, K y L de la figura 4.5 se mueven un intervalo de tiempo hacia la derecha. Los niveles K recientemente calculados son remarcados como niveles J. Las tasas KL se convierten en tasas JK. El tiempo K, "el presente", avanza así un intervalo de tiempo de longitud DT. Después se puede repetir toda la secuencia de computación a fin de obtener un nuevo estado del sistema en un momento que es un DT más tarde que el estado previo. Esta secuencia de cálculo se puede repetir tantas veces como se desee, opción que da el lenguaje DYNAMO.

#### 4. FORMATO DE LAS DECLARACIONES DYNAMO.

##### 4.1 TIPOS DE ECUACIONES.

Dentro del lenguaje DYNAMO tenemos diferentes tipos de ecuaciones que se denotan además por un símbolo especial:

TIPO	SIMBOLO
De Nivel .....	L
Auxiliares .....	A
De Tasa .....	R
De Valor Inicial .....	N
Constante .....	C
Tabla .....	T
Suplementaria .....	S

Este símbolo se coloca siempre en la columna uno de cada registro. Cuando en un renglón no cabe una ecuación completa (máximo 72 caracteres), se divide procurando no cortar el nombre de una variable o una cantidad, y se continúa en el siguiente renglón anteponiéndole el símbolo "X" en la primer columna.

#### 4.2 NOMBRES PARA LAS ECUACIONES.

Las variables y las constantes en las ecuaciones son representadas por símbolos (o abreviaciones), escritos siempre con letras mayúsculas.

Los símbolos utilizados para representar las cantidades en las ecuaciones del modelo deberán elegirse de manera que tengan el mayor significado nemotécnico posible, es decir, que nos recuerden la terminología usada dentro del sistema que estamos tratando.

Todo nombre (de variable o constante) puede contener hasta seis caracteres alfanuméricos, el primero de los cuales debe ser alfabético. Los caracteres especiales (\$, &, %, \*, =, etc.) no están permitidos. Los nombres con más de seis caracteres son truncados.

Ejemplos de nombres de ecuaciones son:

POBLAC            GRUPOS            PIB            M66550

#### 4.3 NOTACION DEL TIEMPO EN LAS ECUACIONES.

Es necesario adoptar una forma convencional para indicar la notación del tiempo, de manera tal que se pueda especificar el momento en el cual se aplica el valor numérico.

Para designar el tiempo, se utilizan una o dos letras siguiendo a una variable y separadas por un punto. La tabla completa de índices de tiempo permisibles se muestra en la figura E.6.

Así, si se tiene un nivel de población (POB) en el tiempo J, este será "POB.J", el nivel en el tiempo K será "POB.K".

Obsérvese que la letra sola se utiliza como sufixo de tiempo porque los valores de los niveles se calculan en los instantes separados de tiempo J y K, respectivamente, y solo son correctos en ellos. Los niveles y las variables auxiliares tendran una sola letra para la notación del tiempo.

LADO IZQUIERDO			INDICE DE LA CANTIDAD DEL LADO DERECHO SI EL TIPO ES:					
TIPO	CANTIDAD	INDICE	L	A	R	S	C	N
L	NIVEL	K	J	J	JK	-	-	-
A	AUX.	K	K	K	JK	-	-	-
R	TASA	KL	K	K	JK	-	-	-
S	SUPL.	K	K	K	JK	K	-	-
C	CTE.	-	-	-	-	-	-	-
N	VAL. INIC.	-	-	-	-	-	-	-

Figura E.6 Indices de tiempo para las ecuaciones.

Por el contrario, las tasas se indican con dos letras. Por ejemplo, la tasa de nacimientos (NAC) que hubo durante el intervalo de J a K se escribe "NAC.JK", y la tasa que existirá en los intervalos subsiguientes es "NAC.KL".

Las constantes carecen de notación de tiempo. No cambian de un intervalo a otro. El indice de nacimientos constante en un país se puede indicar como "INAC".

#### 4.4 ESCRITURA DE EXPRESIONES ALGEBRAICAS.

Una ecuación DYNAMO tiene la siguiente forma:

TIPO DE ECUACION      <NOMBRE DE CANTIDAD>=<EXPRESION>

El tipo de ecuación (L,R,N,A. etc.) se coloca en la columna número uno. El nombre de la cantidad y la expresión se colocan a partir de la columna siete sin dejar espacios en blanco.

El lado izquierdo de la ecuación consiste en un nombre de ecuación que ésta siendo definido (esta debe tener el índice de tiempo apropiado).

Los operadores algebraicos permisibles en DYNAMO son: "+" (suma), "-" (resta), "()" o "\*" (multiplicación) y "/" (división). La multiplicación y la división se realizan primero que la suma y la resta. Si hay dos operadores de la misma Jerarquía, las operaciones se realizan de izquierda a derecha.

Los paréntesis también pueden usarse para ordenar la Jerarquía de las operaciones. Todo lo que este entre paréntesis se efectuara primero. Resumiendo, el orden de las operaciones algebraicas es el siguiente:

- a) Todo lo que este entre paréntesis.
- b) Multiplicación y división.
- c) Suma y resta.

Y siempre de izquierda a derecha.

Por ejemplo:

$$A/(B*(C+D))$$

Implica la siguiente computación

$$\begin{array}{c} C+D \\ B*( \quad ) \\ A/( \quad \quad ) \end{array}$$

Si se está familiarizado con la división que se indica por:

$$\begin{array}{r} A \\ \hline B+C \end{array}$$

se debe tener cuidado al poner los paréntesis en el denominador, porque

$$A/B+C$$

es interpretado como

$$\begin{array}{r} A \\ \hline B \end{array} + C$$

Otro ejemplo:

$$A+B \times C$$

se escribe como

$$(A+B) \times C$$

#### 4.5 VALORES NUMERICOS.

Los valores numéricos se escriben en la forma usual. Se pueden usar hasta ocho dígitos significativos. Los números pueden ser escritos con o sin punto decimal. Por ejemplo:

2480      -3425      +7780.0      .12254      0.1428

Los números muy grandes o muy pequeños pueden ser escritos en notación científica, la cual especifica que número ésta siendo



multiplicado por una potencia de diez. La notación sigue al número y consiste de la letra "E" y la potencia de diez. Por ejemplo, 380 millones puede ser escrito  $380E6$  o  $380E+06$ , y 232 milésimos puede ser indicado por  $2.32E-3$  o  $.00232$ .

El rango en que puede estar elevada una potencia de diez en la notación científica va de  $10^{-33}$  a  $10^{+33}$ .

#### 4.6 ECUACIONES DE NIVEL.

Una ecuación de nivel representa un depósito que acumula las tasas de flujo que incrementan y/o decrementan el contenido del depósito.

El nuevo valor de un nivel es calculado, sumando o restando de un valor previo, el cambio que ocurrió durante el intervalo de tiempo especificado. Se adopta el siguiente formato para una ecuación de nivel:

$$N.K = N.J + (DT)(FE.JK - FS.JK)$$

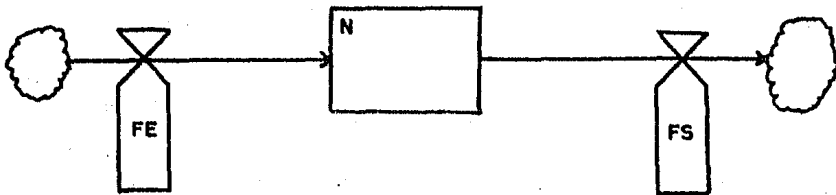
Donde:

- N Nivel (unidades).
- N.K Nuevo valor del nivel que es computado en el tiempo K (unidades).
- N.J Valor del nivel en el tiempo previo J (unidades).
- DT La longitud del intervalo de solución entre el tiempo J y el tiempo K (medida de tiempo).
- FE Flujo (de entrada) que esta siendo sumado al nivel N (unidades/medida de tiempo).
- FE.JK El valor del flujo que se suma durante el intervalo JK (unidades/medida de tiempo).
- FS Flujo (de salida) que se resta del nivel N (unidades/medida de tiempo).

FS.JK El valor del flujo sustraído durante el intervalo de tiempo JK (unidades/medida de tiempo).

La ecuación anterior puede ser leída de la siguiente manera: el nivel en el tiempo actual (K) es igual al nivel en el tiempo pasado (J), sumado al producto del intervalo de tiempo (DT) por la diferencia del flujo de entrada y el flujo de salida.

En un diagrama de tasa-nivel esta ecuación se representa de la siguiente manera:



Cualquier número de tasas de flujo, pueden ser sumadas o restadas de un nivel. El lado derecho de la ecuación debe contener el valor previo del nivel que esta siendo calculado. También debe contener el intervalo de solución DT como un multiplicador de las tasas de flujo.

El intervalo de solución DT es un parámetro del proceso de computación, y no un parámetro del sistema real que el modelo representa, y puede ser arbitrariamente cambiado sin afectar la validez del modelo. El intervalo de solución DT no debe aparecer en ninguna otra ecuación que en las de nivel.

## 4.7 INICIALIZACION DEL MODELO.

### 4.7.1 Inicializando las ecuaciones.

A fin de comenzar el proceso computacional deben darse los valores iniciales para cada nivel. (Una vez que los niveles son conocidos para el primer intervalo de tiempo, las variables auxiliares y de flujos pueden ser calculadas para ese paso y entonces la computación procede de manera normal.)

Las ecuaciones de valor inicial se representan por una N en la primera columna y el nombre de la variable a partir de la columna número siete, sin índice de tiempo.

El valor inicial de un nivel puede depender de auxiliares o flujos. Es posible también inicializar las auxiliares y los flujos, pero sí no se hace, DYNAMO repite la ecuación activa como una ecuación de valor inicial.

Siempre es necesario inicializar los niveles, aun cuando estos tengan al principio un valor de cero.

Ejemplos de ecuaciones de valor inicial son:

```
N   POB=50000
N   NIV=DSINV
N   DSINV=INCOV*SMSLS
```

### 4.7.2 Inicializando la variable "TIME".

En DYNAMO II y III es posible inicializar la variable TIME. Esta es una palabra reservada del lenguaje (lo que significa que no es posible tomarla como nombre de variable porque marca error), a la cual se le puede asignar un valor diferente de cero al comenzar la secuencia de cómputo. Para inicializarla se utiliza una ecuación N. Por ejemplo, se desea comenzar la simulación en 1985 unidades de tiempo del modelo:

N      TIME=1985

Si esta simulación termina en el año 2000, LENGTH deberá estar declarada de 2000 unidades, y no de 15. (ver "Especificaciones de la corrida" en el 4.17)

TIME esta construída dentro de DYNAMO; no es necesario y no debe ser escrita una ecuación activa para ella. Sin embargo la construcción para ella es:

L      TIME.K=TIME.J+DT  
N      TIME=0

#### 4.8 ECUACIONES DE TASA.

Las ecuaciones de tasa o flujo muestran como se controla la información dentro del sistema. Las entradas a una ecuación de tasa pueden ser niveles y constantes. La salida de una ecuación de tasa controla una corriente a, de, o entre niveles.

A diferencia de las ecuaciones de nivel, las ecuaciones de tasa no tienen restricciones en forma. Sin embargo debe tomarse en cuenta que:

1.- Una ecuación de tasa no debe contener el intervalo de solución DT.

El intervalo de solución proviene de los procesos de computación que se realizan paso a paso, y en este (el intervalo de tiempo) aparece solamente una cantidad en la ecuación que no tiene significado en el sistema real que el modelo representa.

2.- No puede haber una variable de tasa en el lado derecho de una ecuación de tasa, solo niveles, auxiliares y constantes.

3.- El lado izquierdo de la ecuación contiene la variable de tasa que esta siendo definida por la ecuación. El valor de la tasa es para el intervalo KL que viene inmediatamente después del tiempo K en el cual la computación esta siendo hecha.

Como ya se menciona, las ecuaciones de tasa no tienen una estructura definida, sin embargo, existen ciertos tipos que se presentan más comúnmente y que a continuación se exponen.

A. NIVEL.K\*CONS

Donde:

CONS representa algún tipo de constante.

Este tipo de estructura en la ecuación de tasa se utiliza cuando un aumento a un nivel permite un aumento proporcional a la tasa.

B. NIVEL.K/CT

Donde:

CT es una constante de tiempo.

Muchas veces esta ecuación de tasa representa el flujo de salida de un nivel, el cual tiende a disminuir.

C. (META.K-NIVEL.K)/TAJ

Donde:

META se refiere al estado que se pretende alcanzar en el sistema.

TAJ es el tiempo de ajuste; un período en el cual la tasa trata de cerrar la brecha entre el nivel y su meta.

Representa el esfuerzo realizado en el estado actual de un sistema que se encuentra cercano a una meta.

D. AUX.K\*NIVEL.K y NIVEL.K/AUX.K

Donde:

AUX se refiere a una variable AUXILIAR.

Se derivan de los dos primeros tipos de ecuaciones (NIVEL.K\*CONS" y "NIVEL.K/CT"), en donde las constantes son substituídas por variables.

E. ANORM.K+EFFECT.K

Donde:

ANORM se refiere a una auxiliar normal.

EFFECT son los efectos que se le pueden sumar.

En esta ecuación un auxiliar normal es ajustada por la suma de uno o más efectos.

F. TNORM.K\*EFFECT.K

Permite la formulación de tasas complejas, donde es posible incorporar, por ejemplo, factores que esten fuera del subsistema local en el cual TNORM es computada.

4.9 ECUACIONES AUXILIARES.

Frecuentemente, la claridad y significado de una ecuación de tasa puede ser realizada al dividirla en partes que serán escritas como ecuaciones separadas. A éstas partes se les conocerá como ecuaciones auxiliares.

La presencia de ecuaciones auxiliares en un modelo no contradice en ninguna forma el concepto de que la estructura de un sistema esta compuesto solamente de niveles y tasas. Las

ecuaciones auxiliares son meramente subdivisiones algebraicas de las tasas.

Como su nombre lo indica, las ecuaciones auxiliares colaboran, pero son incidentales. Puede sustituirse a una por otra (si hay varias ecuaciones auxiliares), y después, por la ecuación de tasa mediante el remplazo algebraico, a costa de incrementar la complejidad de las ecuaciones de tasa, perdiendo probablemente al mismo tiempo, la simplicidad y oscureciendo el significado de las ecuaciones del modelo.

A diferencia de las ecuaciones de nivel y de tasa, las ecuaciones auxiliares no puede evaluarse en un orden arbitrario. Algunas pueden ser componenetas de otras; dos o más pueden formar "cadenas" que deben evaluarse en el orden adecuado de manera que una pueda utilizarse en la siguiente ecuación auxiliar.

La siguiente es una cadena de dos ecuaciones auxiliares entre dos niveles y una ecuación de tasa:

$$A \quad IDR.K = AIR * RSR.K$$

donde RSR es un nivel y AIR es una constante.

$$A \quad DFR.K = DHR + DUR * (IDR.K / IAR.K)$$

donde IAR es un nivel, y DHR y DUR son constantes.

$$R \quad SSR.KL = VOR.K / DFR.K$$

VOR. representa un nivel que al ser dividido entre DFR da como resultado la ecuación de tasa SSR.

Las ecuaciones mencionadas pueden agruparse y dar:

$$R \quad SSR.KL = VOR.K / (DHR + DUR * ((AIR * RSR.K) / IAR))$$

Las ecuaciones auxiliares han desaparecido y han dejado la tasa SSR dependiendo solo de los niveles y las constantes.

#### 4.10 ECUACIONES SUPLEMENTARIAS.

Se utilizan con el objeto de definir variables que realmente no forman parte de la estructura del modelo pero que surgen en la impresión y representación gráfica de los valores de interés acerca del comportamiento de éste. Como ejemplo se desea compilar información (como la suma de un grupo de niveles) que no se emplea en cualquiera de los procesos de decisión del modelo. Con "S" se indica una ecuación suplementaria.

#### 4.11 CONSTANTES.

Cuando los parámetros de un modelo no cambian de valor durante toda la corrida pueden ser especificados en una declaración Constante ("C"). Por ejemplo:

```
C    INAC=3
C    CPOB=12
```

Solo el valor numérico puede ir en el lado derecho del signo igual. Esto es, las cantidades constantes no llevan índice de tiempo.

#### 4.12 TABLAS.

Los valores de los puntos de una gráfica, para una función Tabla (ver 5.4) son indicadas en una declaración "T" con comas o diagonales entre los valores. Además, al nombre de la tabla debe seguir un asterisco, y no lleva índice de tiempo. Por ejemplo:

```
T    TALOC*=10/20/35/75/100
```



T      TALOC\*=10,20,35,75,100

#### 4.13 DECLARACION DE FUNCIONES.

Las funciones son una forma conveniente de indicar una relación especial por medio de una notación simple. Las funciones en DYNAMO actúan de una forma similar a las funciones de las calculadoras, en las cuales se encuentran teclas de seno, coseno, raíz cuadrada, etc. Las funciones que provee DYNAMO son en algunos casos, iguales, y en otros más complejas, todas ellas se detallan más adelante.

Las funciones se utilizan en el lado derecho de la ecuación y generalmente en ecuaciones auxiliares.

Los argumentos especificados para una función pueden ser expresiones algebraicas usando cualquiera de los operadores aritméticos (+, -, (), \*, /) o funciones (excepto el primer argumento de una función tabla, el cual debe de ser una tabla). Por ejemplo:

A      ENT.K=SIN((6,283)\*(TIME.K/PER))

A      LAR.K=MAX(A.K,MAX(B.K,C.K))

#### 4.14 DOCUMENTANDO EL MODELO.

Documentar el modelo significa explicar que significan las abreviaturas de las variables, que tipo de modelo se esta realizando, funciones de relación que se presentan, etc.

Siempre es conveniente documentar el modelo. Esto permite una mayor claridad para el modelador, y una más fácil comprensión para todas aquellas personas que no están vinculadas con él.

DYNAMO da dos formas para documentar un modelo. La primera es a través de una declaración NOTE, esta se coloca en la primer columna y a partir de la siete se puede escribir cualquier cosa que se desee. Por ejemplo:

```
NOTE  MODELO DE POBLACION; VERSION 1, 1/05/85.
NOTE  POB = POBLACION ACTUAL.
NOTE  CIRCUITO DE POBLACION.
```

Una declaración NOTE puede no contener nada; ello permite destacar la formulación de un ecuación, o dividir el modelo en sectores. Una declaración NOTE en blanco o con cadenas de asteriscos ayudan a separar o atraer la atención a porciones especiales del modelo. Por ejemplo:

```
NOTE
NOTE *****
NOTE ** MODELO DE CRECIMIENTO NATURAL DE LA POBLACION **
NOTE *****
NOTE
```

La segunda forma para documentar un modelo es a través de las mismas ecuaciones. En toda ecuación DYNAMO no deben existir espacios en blanco (ya que una vez que el compilador encuentra un espacio en blanco, desecha todo lo que se encuentra a la derecha), así que se puede teclear la documentación después de la ecuación dejando por lo menos un espacio. Por ejemplo:

```
A   PEA.K=(POB.K)(CPEA) POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA.
R   DEF.KL=(POB.K)(TADEF) NUMERO DE DEFUNCIONES.
```

## 4.15 IMPRESION TABULAR.

La salida tabular es especificada por una declaración PRINT, que se incluye dentro del modelo. Consiste en una tabla donde se registran los resultados obtenidos en diferentes estados del sistema. La figura E.7 es la salida tabular de la simulación del modelo mostrado en la figura E.3.

TIME	POB	NAC	DEF
E+00	E+06	E+03	E+03
0.000	76.40	2292.0	1146.0
5.000	82.30	2469.1	1234.6
10.000	88.67	2660.0	1330.0
15.000	95.52	2865.5	1432.8
20.000	102.90	3087.0	1543.5
25.000	110.85	3325.6	1662.8

Figura E.7 Salida tabular del modelo de crecimiento natural de población.

La primera línea contiene los nombres de las variables que son impresas. La siguiente línea lista las escalas, en términos de potencias de diez. El valor actual de una variable es el valor impreso tantas veces diez como la potencia listada en esas escalas. Las líneas subsecuentes consisten de los valores de las variables, impresas en cinco dígitos significativos. El valor de TIME siempre aparece en la columna extrema izquierda, sin ser mencionada en la declaración PRINT. El intervalo de TIME entre las líneas de impresión está dado por el parámetro PRTPER en el modelo.

Una declaración PRINT tiene la forma:

PRINT (variable1),(variable2),(variable3),...etc.

La declaración PRINT va seguida de las variables a partir de la columna siete y separadas por comas.

En la figura E.8 la salida tabular fue especificada como:  
PRINT POB,NAC,DEF

TIME	POB	NAC	DEF
E100	E106	E103	E103
0.000	76.40	2292.0	1146.0
5.000	82.36	2469.1	1234.6
10.000	88.67	2660.0	1330.0
15.000	95.52	2865.5	1432.8
20.000	102.90	3067.0	1543.5
25.000	110.85	3325.6	1662.8

Figura E.8 Salida de la declaración PRINT con la forma POB,NAC,DEF.

Cada declaración PRINT acepta a tabular ocho variables máximo. Si es necesario imprimir más de ocho variables es posible hacerlo al especificar más de una declaración PRINT, en cuyo caso las primeras ocho variables se colocan en la forma normal, las siguientes variables se iran acomodando debajo de las primeras al igual que sus resultados, y asi hasta concluir con el número de declaraciones PRINT especificado.

Para formatear una columna en blanco se pone un asterisco (\*) en lugar de la variable.

NOTA. El uso de las declaraciones PRINT y PLOT puede variar dependiendo tanto de la versión de DYNAMO utilizada como del equipo en el cual esta instalado. Las declaraciones que aquí se describen siguen la forma más estandar.

#### 4.16 IMPRESION DE GRAFICAS.

La salida en gráficas se especifica a través de una declaración PLOT, la cual esta incluida dentro del modelo. Las gráficas en pantalla pueden contener un número limitado de variables.

Una declaración PLOT se estructura de la siguiente manera:

```
PLOT (VARIABLE1)=(CARACTER1)/(VARIABLE2)=(CARACTER2)...etc
```

La palabra PLOT a partir de la primera columna y a partir de la siete el nombre de la variable, el signo de igual y un carácter de graficación escogido arbitrariamente. Las diferentes variables se separan a través de diagonales o comas según convenga.

Una gráfica (tanto en pantalla, como impresa), se genera con el eje del tiempo (TIME) en forma vertical, mientras que las variables aparecen en forma horizontal (figura E.9). En la parte superior se encuentra una lista de las variables que se encuentran en la gráfica con sus correspondientes caracteres de graficación. A continuación estan las escalas, en el extremo derecho se encuentran los caracteres de graficación a los cuales afectan. Es posible especificar estas escalas o dejar que DYNAMO las establezca. Sigue a continuación el cuerpo principal de la gráfica, en donde cada línea representa un instante de tiempo.

El intervalo de tiempo entre líneas es determinado en el modelo por el parámetro PLTPER. Cada diez líneas son impresos el

valor de TIME y una fila de guiones (-). Para poder analizar las gráficas es conveniente colocarlas de forma que el eje del tiempo este en forma horizontal.

```

POB=P, NAC=N, DEF=D
70.0M      76.7M      83.3M      90.0M P
0.0M      1.3M      2.7M      4.0M ND
-----D-P-----N-----
.          D . P          N .          .
.          D . P          N .          .
.          D .          P N .          .
.          D .          P N .          .
.          B .          P .          , PH
.          D .          N . P          .
.          D .          N . P          .
.          D .          N .          P .
.          D          N .          P .
10 -----D-----N-----P-----

```

Figura E.9 Salida gráfica de la declaración PLOT.

Si los caracteres de graficación de más de una variable caen en la misma posición de una línea, DYNAMO imprime un carácter ahí, y lista ese carácter y el otro u otros que deberían ser impresos debajo de él, en el lado derecho de la línea. Si ocurre más de una sobreposición de caracteres en una línea, los bloques de caracteres a la derecha son separados por comas (fig. E.10).

La declaración PLOT que produce la figura E.10 y que se refiere al modelo de la figura E-3 es:

```
PLOT POB=P/NAC=N,DEF=D
```

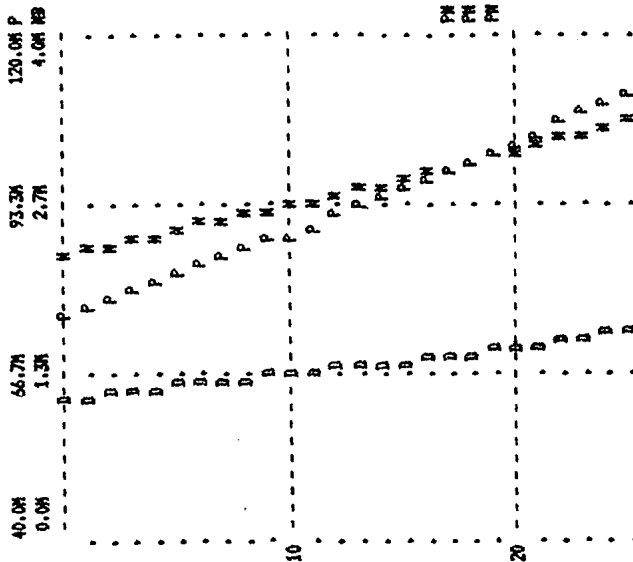


Figura E.10 Sobreposición de caracteres en una salida

PLOT.

Una declaración PLOT ofrece considerables facilidades:

- 1.- Permite establecer las escalas.
- 2.- Permite colocar dos o más variables a la misma escala.
- 3.- Permite seleccionar el carácter de graficación.

DYNAMO elige las escalas a graficar dependiendo de los valores tomados por las variables en el modelo, sin embargo es posible seleccionar las escalas incluyendolas entre paréntesis después del carácter de graficación. La escala se forma a partir de dos valores, el mínimo y el máximo separados por una coma. Por ejemplo si alteramos la declaración PLOT del modelo de población a:

```
PLOT POB=P/NAC=N,DEF=D(1E6,3E6)
```

Las variables NAC y POB serán graficadas con una escala menor de un millón y una escala máxima de tres millones (figura E.11).

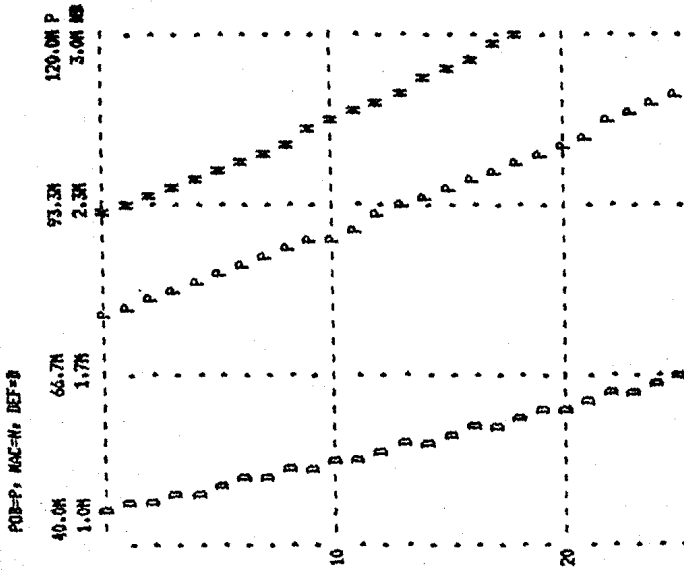


Figura E.11 Determinación de escala en la salida gráfica (PLOT POB=P/NAC=N,DEF=D(1E6,3E6)).

Si se desea que DYNAMO seleccione una escala solamente (ya sea la mínima o la máxima), se usa un asterisco (\*) en lugar del valor de la escala. Por ejemplo: para graficar POB con una escala mínima de 50 millones y una escala máxima escogida por DYNAMO (figura E.12), se usa la declaración:

```
PLOT POB=P(5E7,*)
```



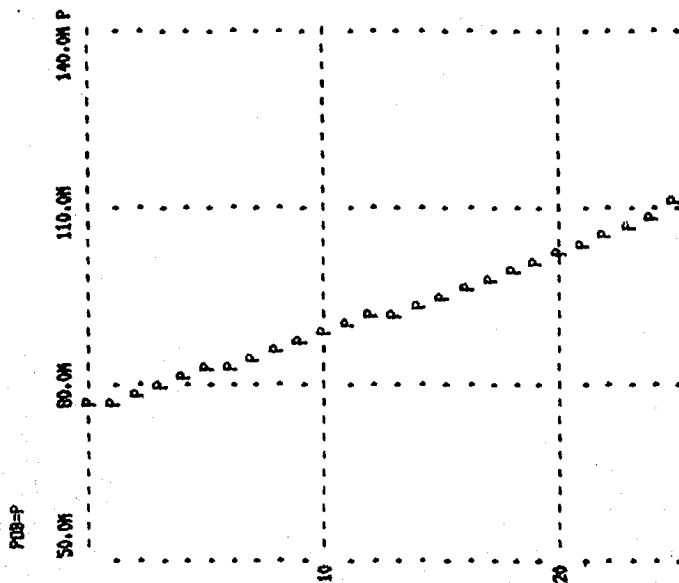


Figura E.12 Determinación de un valor para la escala de la gráfica (PLOT PDB=P(5E7,\*).



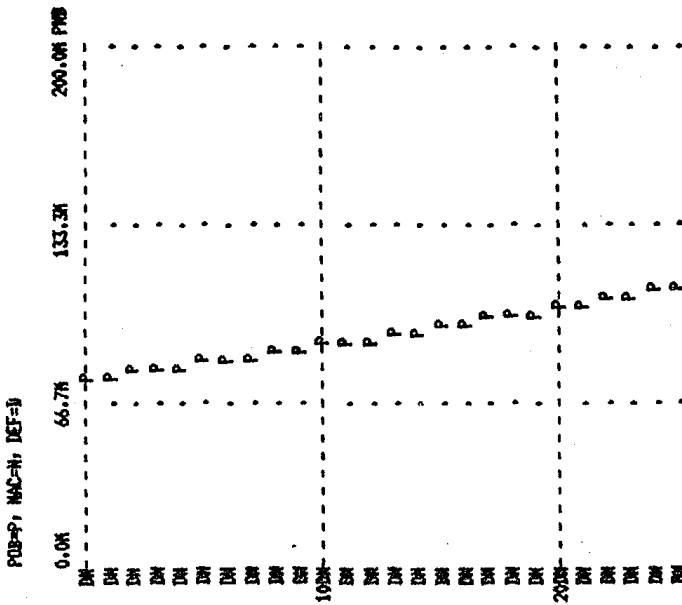


Figura E.14 Determinación de una sola escala para todas las variables.

Si no se especifica un carácter de graficación, DYNAMO asignará "1" a la primera, "2" a la segunda, etcétera.

Para ahorrar espacio, DYNAMO usa caracteres sencillos (en lugar de la notación científica estandar explicada en la sección 4.5), para indicar escalas muy grandes o muy pequeñas. Las letras corresponden a las siguientes potencias de diez:

SIMBOLO	K	Y	W	U	L	J	H
MULTIPLO	<10-30	10-30	10-27	10-24	10-21	10-18	10-15
SIMBOLO	G	F	E	A	X	T	M
MULTIPLO	10-12	10-9	10-6	10-3	10	10 3	10 6
SIMBOLO	B	R	Q	V	S	P	C
MULTIPLO	10 9	10 12	10 15	10 18	10 21	10 24	10 27
SIMBOLO	N	D	Z				
MULTIPLO	10 30	10 33	>10 33				

#### 4.17 ESPECIFICACIONES DE LA CORRIDA.

Para hacer una corrida (ejecución del modelo), DYNAMO requiere cuatro parámetros que son especificados en una declaración SPEC, o en declaraciones Constantes:

DT	es el intervalo de tiempo entre TIME.J y TIME.K
LENGTH	El valor de TIME cuando la corrida termina.
PRTPER	El intervalo de tiempo entre cada impresión de los resultados tabulados.
PLTPER	El intervalo de tiempo entre cada impresión resultados gráficos.

Escoger el valor de DT requiere de algún cuidado, si el valor es grande requiere menos tiempo de computadora, pero si se asume un valor pequeño se tendrá mayor precisión numérica. Este valor debe ser escogido por el modelador teniendo en cuenta las unidades de tiempo que usa en el modelo y la precisión que espera obtener del mismo.

LENGTH es el valor de TIME en el cual la simulación termina, este valor debe tomarse con mucho cuidado. Cuando se esta probando un modelo en su fase experimental, debe darse un valor pequeño (generalmente 1/4 del que se considera para la simulación total), esto es con el fin de ahorrar tiempo de procesador. Una vez que el modelo ha sido calibrado es posible cambiar el valor de LENGTH hasta el valor deseado.

Si damos un valor DT=1 y un valor de LENGTH=100 significa que la simulación tardará 100 unidades de tiempo efectuando los cálculos cada unidad de tiempo.

PRTPER y PLTPER son los intervalos de tiempo (DT) entre la salida impresa y gráfica respectivamente. Los valores de estas dos declaraciones no pueden ser menores al intervalo de tiempo DT

(esto es, si los cálculos se están haciendo cada dos unidades, por ejemplo, no es posible imprimir ni graficar resultados cada unidad).

Cuando PRTPER y PLTPER tienen valor de cero significa que no se desea salida impresa o gráfica aunque en el modelo aparezcan las declaraciones PRINT y PLOT.

Las cuatro cantidades pueden colocarse en cualquier orden y separadas por comas o diagonales, o estar separadas en declaraciones constantes. Cualquier cantidad omitida es asumida igual a cero. Para el modelo de población se tiene la siguiente declaración SPEC:

```
SPEC DT=1/LENGTH=25/PRTPER=5/PLTPER=1
```

Aquí los cálculos se están efectuando cada unidad de tiempo, la longitud de la simulación es de 25 unidades, se imprimen resultados tabulares cada cinco unidades y se grafican cada unidad. La corrida se termina cuando el valor actual de TIME es igual o mayor que el valor de LENGTH.

#### 4.18 LA DECLARACION "RUN".

Generalmente, el modelo se corre una vez con ciertos parámetros dados, sin embargo, a menudo se desea conocer cual es el comportamiento del modelo ante el cambio de alguno o algunos de los parámetros. Esto es posible a través de la declaración RUN.

Esta declaración va seguida de un nombre o nombres a partir de la columna siete. Cuando el modelo se corre solamente tomará los primeros seis caracteres de este nombre.

Si se desea cambiar los parámetros en el modelo, lo que se hace es añadir declaraciones RUN al final del modelo seguidos por su respectivo nombre. A continuación se escriben los cambios en los valores en la forma acostumbrada. En esta opción solo es posible cambiar valores de constantes (incluidas las especificaciones) y tablas. Si se desea cambiar una ecuación debe recompilarse nuevamente el modelo.

En la figura E.15 se presenta la parte final del modelo de población con una serie de declaraciones RUN tal como deben ser escritas. Se debe observar que cuando se quiere alterar una ecuación de valor inicial, esta se iguala a una constante para más adelante hacer los cambios deseados.

```

NOTE
NOTE  DECLARACIONES DE IMPRESION, GRAFICACION Y CONTROL.
NOTE
PRINT *,POB,*,NAC,*,DEF
PLOT  POB=P/NAC=N,DEF=D
SPEC  DT=1/LENGTH=25/PRTPER=5/PLTPER=1
NOTE
RUN   DOS
C     TANAC=0.05
RUN   TRES
C     TANAC=0.05
C     CPOB=100E6
RUN   TRES
C     TANAC=0.025
C     CPOB=1E8
C     TADEF=0.010

```

Figura E.15 Declaraciones RUN para el modelo de crecimiento natural de la población.

## 5. FUNCIONES.

DYNAMO tiene incluidas una serie de funciones que facilitan el uso del lenguaje. Las funciones se dividen en: Demoras, Funciones Matemáticas, Funciones Lógicas, Funciones de Tabla y Funciones de Prueba.

### 5.1 DEMORAS.

Un modelo de un sistema de retroalimentación debe trazar los flujos materiales y de información que son significativos a través del sistema. Algunas veces existen demoras. Las personas que contraen una enfermedad no muestran inmediatamente sus síntomas. La información sobre ventas diarias debe acumularse antes de que pueda obtenerse un promedio de ventas al mes, y esa acumulación toma tiempo. Las siembras o los árboles plantados no pueden ser inmediatamente cosechados. Las demoras son pues, una parte importante de la estructura de los sistemas de retroalimentación, y DYNAMO tiene algunas funciones de demora (Delays) preprogramadas para la conveniencia del modelador.

#### 5.1.1 DEMORAS MATERIALES.

Considerese el modelo epidémico simple desarrollado por Richardson [27] que se describe en la figura E.16.

Este modelo captura de un forma muy simple la dinámica de una epidemia tal como lo es la gripe. Nótese que el modelo contiene tres niveles, dos tasas y un auxiliar dado como función tabla. Es posible checar que cada declaración del modelo toma la forma conveniente requerida por DYNAMO (figura E.17).

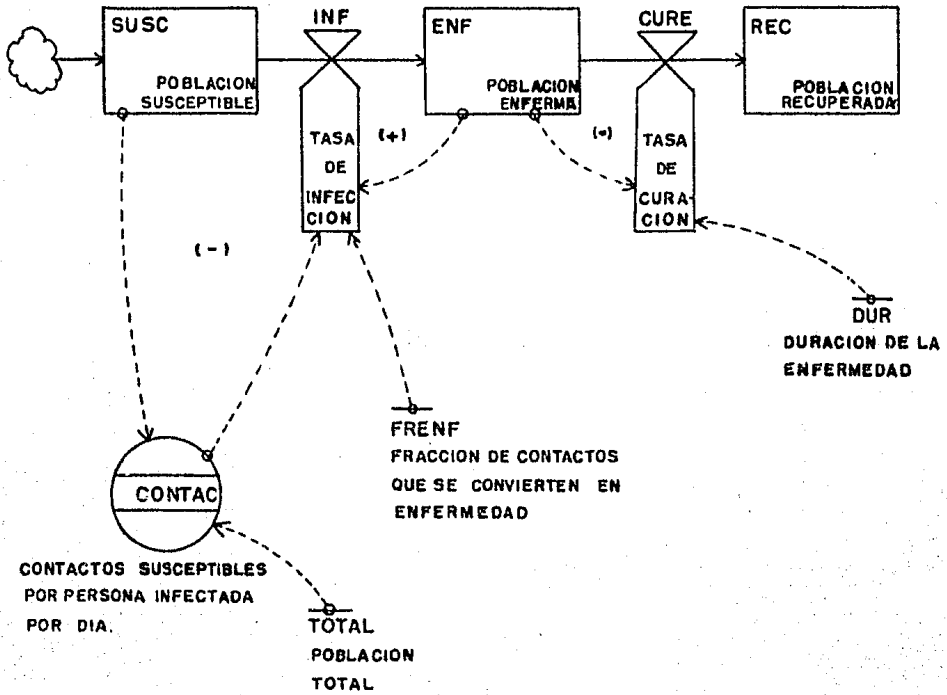


Figura E.16 Diagrama tasa-nivel del modelo epidémico simple.



```

NOTE      MODELO EPIDEMICO SIMPLE.
NOTE
L      SUSC.K=SUSC.J+(DT)(-INF.JK)
N      SUSC=988
NOTE     POBLACION SUSCEPTIBLE.
R      INF.KL=ENF.K*CONTAC.K*FRENF
NOTE     FLUJO DE INFECCION.
C      FRENF=0.05
NOTE     FRACCION DE CONTACTOS QUE SE CONVIERTEN EN ENFERMEDAD
NOTE     (SIN DIMENSION).
L      ENF.K=ENF.J+(DT)(INF.JK-CUR.JK)
N      ENF=2
NOTE     POBLACION ENFERMA.
A      CONTAC.K=TABLE(TABCON,SUSC.K/TOTAL,0,1,0.2)
NOTE     CONTACTOS SUSCEPTIBLES POR PERSONA INFECTADA POR DIA
NOTE     (PERSONAS POR PERSONA POR DIA).
T      TABCON=0/2.8/5.5/8/8/9.5/10
NOTE     TABLA PARA CONTAGIOS.
N      TOTAL SUSC+ENF+REC
NOTE     POBLACION TOTAL.
R      CURE.KL=ENF.K/DUR
NOTE     FLUJO DE CURACION (PERSONAS POR DIA).
C      DUR=10
NOTE     DURACION DE LA ENFERMEDAD (DIAS).
L      REC.K=REC.J+(DT)(CUR.JK)
N      REC=10
NOTE     POBLACION RECUPERADA.
NOTE
NOTE     DECLARACIONES DE CONTROL.
NOTE
PRINT 1)SUSC/2)ENF/3)REC/4)INF/5)CUR
PLOT  SUSC=S,ENF=E,REC=R/INF=I,CUR=C(0,200)
SPEC  DT=0.25/LENGTH=50/PRTPER=5/PLTPER=1

```

Figura E.17 Ecuaciones para el modelo epidémico simple.

Su estructura básica se muestra en la figura E.18.

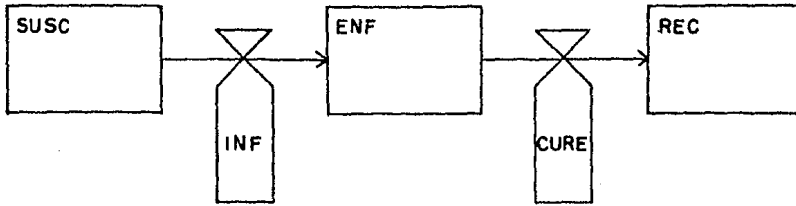


Figura E.18 Estructura tasa nivel del modelo epidémico.

Para ciertos experimentos en cuanto a políticas, es más apropiado verlo como una estructura de cuatro niveles, el nivel adicional que interviene es INC y representa a las personas quienes la enfermedad está incubando pero no ha desarrollado suficiente fuerza como para causar que se muestren los síntomas. La figura E.19 muestra tal estructura.

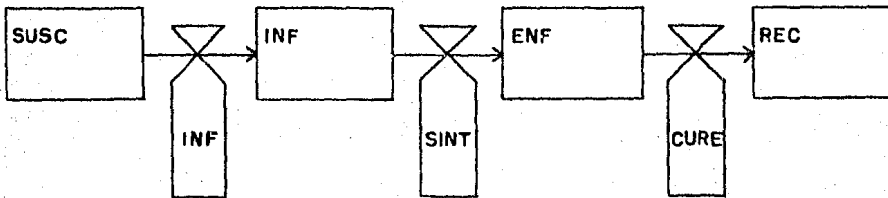


Figura E.19 Estructura de tasa nivel del modelo epidémico simple incluyendo un nivel para personas en las que la enfermedad esta incubando.

En este caso se deben agregar algunas ecuaciones al modelo mostrado en la figura E.17; un nivel para las personas que estan

incubando la enfermedad, y una ecuación de tasa de salida, la cual se llama SINT para la "tasa de síntomas que se muestran", o que son sintomáticos. Las siguientes son las ecuaciones que son necesarias para agregar estos nuevos componentes del modelo.

$$\begin{aligned} L & \quad \text{INC.K} = \text{INC.J} + (\text{DT})(\text{INF.JK} - \text{SINT.JK}) \\ N & \quad \text{INC} = (\text{TSS})(\text{INF}) \\ R & \quad \text{SINT.KL} = \text{INC.K} / \text{TSS} \end{aligned}$$

donde TSS es el tiempo promedio que tardan los síntomas en aparecer, lo cual para la gripe es de tres días aproximadamente.

La ecuación de tasa para SINT esta escrita tal como la tasa CUR. Esto significa que 1/3 de la población que incuba la enfermedad será sintomática cada día, así que el promedio de las personas pasarán tres días en el nivel de población que incuba (INC).

Precisamente la misma cosa es realizada por una sencilla ecuación DYNAMO:

$$R \quad \text{SINT.KL} = \text{DELAY1}(\text{INF.JK}, \text{TSS})$$

### 5.1.2 LA FUNCION DELAY1.

DELAY1 es una "demora exponencial de primer orden". Un nivel, como INC, esta implícito en esta ecuación. Un problema que se presenta es que se pierde la accesibilidad de ese nivel; no es posible imprimir, graficar o usar la población en incubación en esta formulación de DELAY1 porque el nivel ha sido nombrado internamente por DYNAMO, y no por el modelador.

El diagrama tasa-nivel en la figura E.20 para la tasa CUR y la tasa SINT muestra la estructura que siempre representa a DELAY1. Observese la estructura de las tasas SINT y CUR en la figura: ambas estan escritas como (nivel)/(constante de tiempo).

Para una demora material de primer orden el flujo de salida es asumida al ser la misma clase de ecuación expresada como NIVEL/DEL, donde DEL es el tiempo de la demora y NIV es el nivel interno interpuesto por DYNAMO al generar la demora.

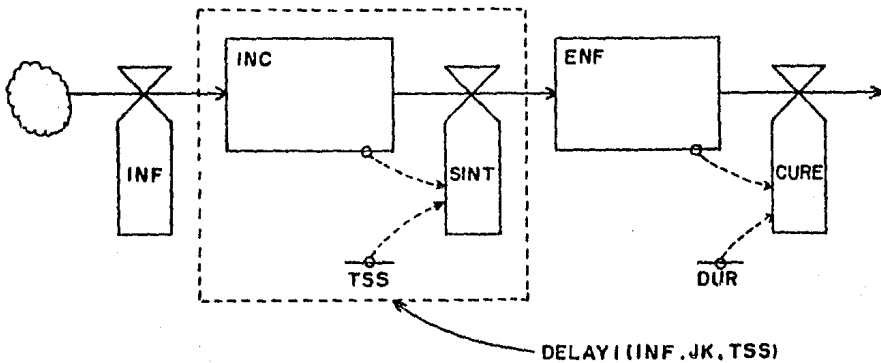


Figura E.20 Diagrama tasa-nivel para DELAY1 en el modelo epidémico.

El nivel oculto dentro de una formulación DYNAMO debe tener un valor inicial, sin embargo ninguno se especifica explícitamente en la ecuación. DYNAMO inicializa ese nivel por sí mismo, con álgebra que es equivalente a la ecuación N dada arriba para INC en el modelo epidémico. Note esa inicialización

$$\begin{aligned} \text{SINT} &= \text{INC} / \text{TSS} \\ \text{SINT} &= (\text{INF} * \text{TSS}) / \text{TSS} \\ \text{SINT} &= \text{INF} \end{aligned}$$

Entonces el nivel INC será dado como un valor inicial que hace el flujo de entrada INF y el flujo de salida SINT momentáneamente igual a cero en TIME=0. DELAY1 automáticamente inicializa su nivel interno al poner el flujo de entrada y su versión demorada en equilibrio. No es necesario para el modelador preocuparse por el (a menos, claro, que necesite que el modelo este fuera de equilibrio en el tiempo cero).

## 5.1.3 FUNCION DELAY3.

No existe ninguna razón computacional para que el tiempo de incubación (INC) tenga que acumularse en un solo nivel. En este caso tenemos que el tiempo de incubación es de tres días y podemos agrupar a la población incubante en un primer día (INC1), a la que corresponde al segundo día (INC2), y a la población que se agrupa en el tercer día de incubación (INC3) como se muestra en la figura E.21.

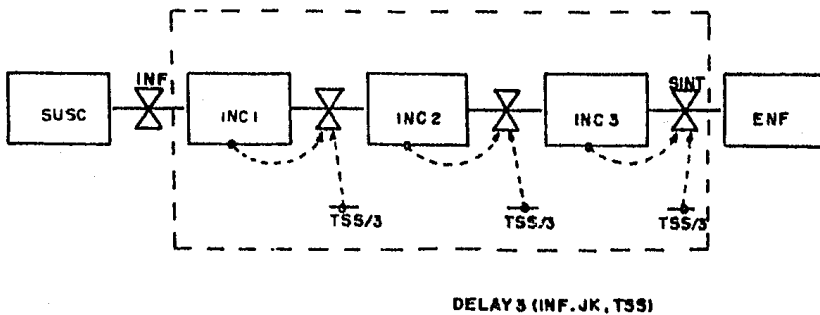


Figura E.21 Disgregación adicional de la población incubante de la enfermedad (INC).

La demora resultante entre las personas que comienzan a estar infectadas (la tasa INF) y la aparición de los síntomas (la tasa SINT) es conocida concretamente como una demora material exponencial de tercer orden y es representada en DYNAMO por la función DELAY3. Por lo tanto es posible escribir

$$R \quad SINT.KL=DELAY3(INF,JK,TSS)$$

y DYNAMO automáticamente generará tres niveles internos entre la tasa INF y la tasa SINT, expresando sus tasas de salida como

$$NIVEL/(TSS/3)$$

Entonces el tiempo promedio es tomado individualmente al pasar a través de esta demora de tercer orden como TSS (tiempo en mostrar los síntomas). Cabe hacer notar que una sencilla ecuación DELAY3 es equivalente a tres ecuaciones de nivel, tres ecuaciones N, y tres ecuaciones de tasa; obteniéndose un considerable ahorro en cuanto a teclado y esfuerzo conceptual.

#### 5.1.4 ORDEN DE LAS DEMORAS MATERIALES.

El significado de la palabra "orden" cuando se aplica a demoras, probablemente resultará bastante claro en los ejemplos precedentes. Ella representa el número de niveles contenidos en la demora. Es natural preguntar que se gana al usar una demora de tercer orden en lugar de una de primer orden, y se notará con alguna consternación que no se han sugerido demoras de quinto, treintavo o septuagésimo orden. Algunas de las razones para desagregar y las razones para no desagregar demasiado se observan en la figura E.22.

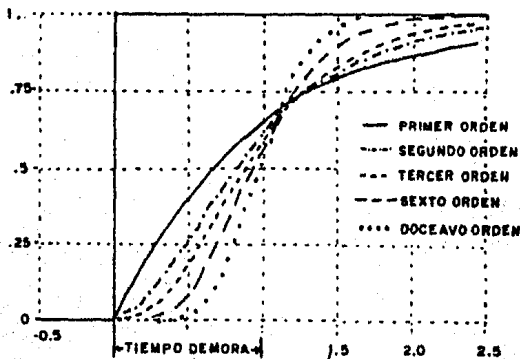


Figura E.22 Diferentes ordenes de demoras.

En la figura E.22 se muestra como se comporta la tasa de flujo de salida de una demora, cuando la tasa de flujo de entrada cambia repentinamente. Las diferentes curvas muestran la respuesta de una demora de primero, segundo, tercero, sexto y doceavo orden. El comportamiento de una demora de primer orden es considerablemente diferente de una demora de tercer orden; esta última es una curva en S, mientras que la demora de primer orden muestra un crecimiento exponencial simple buscando una meta. La demora de segundo orden muestra el comienzo de una curva en forma de S. Las demoras de orden sexto y doceavo simplemente muestran curvas en forma de S más pronunciadas.

Existe un cambio substancial en el tiempo de respuesta del primer al tercer orden, pero ordenes más altos solamente acentúan la forma en S natural de la respuesta de tercer orden. Por ésta razón DYNAMO incluye las funciones DELAY1 y DELAY3, pero no funciones sencillas para ordenes más altas. (Sin embargo es posible hacer una cadena de dos DELAY3 para hacer uno de sexto orden; pero un orden más allá del tercero es raramente justificable.)

Para decidir de que orden debe ser la demora, el modelador debe pensar como puede ser el comportamiento del sistema real ante cambios sucesivos. Una demora entre hacer un pedido y recibir los bienes probablemente sea mejor modelado como una demora de tercer orden, porque un incremento repentino de las ordenes de pedidos probablemente no repercutirá inmediatamente resultando en un crecimiento de la tasa de entrega de mercancías. La curva en S se justifica porque algunas de las ordenes probablemente comiencen a llegar antes de que el tiempo de demora haya transcurrido, otros arribarán más tarde, mientras que la tasa más grande de arribos (la zona de mayor pendiente de la curva en S) ocurrirán alrededor del tiempo de demora específico. Por otro lado, la población que se encuentra incubando la enfermedad en el modelo epidémico simple puede justamente también ser capturado en una estructura de primer orden, desde que es

concebible que algunas personas infectadas puedan comenzar a mostrar los síntomas de la infección antes que otras.

## 5.2 FUNCIONES MATEMATICAS.

En DYNAMO estan disponibles cinco funciones matemáticas comunes:

- SIN y COS son las funciones seno y coseno respectivamente y tienen la forma

SIN (A)

COS (A)

donde la letra A es la entrada de la función en radianes.

- EXP computa el valor de e (2.7182...) a una potencia, y tiene la forma:

EXP (A)

donde A es la entrada a la función.

- LOGN computa el logaritmo natural de su argumento, y tiene la forma:

LOGN (A)

donde A es la entrada a la función. El valor de A debe ser mayor de cero; de otra forma DYNAMO manda un mensaje de error.

Un uso frecuente de las funciones EXP y LOG es calcular potencias de números diferentes de e, ya que en DYNAMO no existe un símbolo especial para exponenciación. A elevado a la B potencias puede especificarse de la siguiente manera:

EXP(B\*LOG(A))

- SQRT computa la raíz cuadrada de su argumento, tiene la forma:

SQRT (A)



donde A es la entrada a la función. Debe ser mayor o igual a cero, de lo contrario se obtiene un mensaje de error.

### 5.3 FUNCIONES LOGICAS.

Estas funciones sirven como condicionantes, o como declaraciones "IF" de otros lenguajes para seleccionar entre variables basadas en el resultado de operaciones lógicas.

- MAX selecciona el valor más grande entre dos, y tiene la forma:

$$\text{MAX (A,B)}$$

donde se elegirá A si  $A \geq B$ ; y B si  $A < B$ .

La función MAX puede ser usada para producir el valor absoluto de un número después de

$$\text{MAX (A,-A)}$$

toma el valor entero de A, ya sea este negativo o no.

La función MAX es usada también para prevenir la división entre cero. La expresión

$$A/\text{MAX}(B,0.01)$$

divide A por 0.01 si B resultará ser menor que ella, así efectivamente se previene la división entre cero (o entre un valor negativo).

- MIN es compañera de la función MAX, haciendo lo opuesto. Tiene la forma

$$\text{MIN (A,B)}$$

donde se elegirá B si  $A \geq B$ , y A si  $A < B$

Es necesario tener especial cuidado con las funciones MAX y MIN en la formulación del modelo porque ellas implican cambios abruptos en el sistema, que supuestamente tiene cambios continuos a través del tiempo.

- CLIP permite cambiar cantidades de valores durante la simulación. La forma de la función CLIP es

CLIP(A,B,X,Y)

donde A, B, X y Y pueden ser constante o variable en el modelo. La función CLIP selecciona el valor de A si X es mayor o igual que Y; de otra forma (si X es menor que Y) seleccionará el valor de B.

En muchas versiones de DYNAMO esta función tienen dos nombres. El segundo nombre es FIFGE y trata de describir los que la función realiza: toma el valor de la primera cantidad si la tercera es más grande o igual que la cuarta (en inglés esto sería "it take the value of the First quantity IF the third is Greater than or Equal to the fourth"). Entonces CLIP(A,B,X,Y) y FIFGE(A,B,X,Y) significan exactamente lo mismo.

- SWITCH es similar a la función CLIP, pero únicamente compara la tercera cantidad con cero, y tiene la forma:

SWITCH(A,B,X)

en dicha función se seleccionará el valor de A si X es igual a cero, y el valor de B si X es diferente de cero. SWITCH también tiene un nombre que pretende ser nemotécnico FIFZE ("First IF third equal to ZERo"). Observese que esta función no separa los valores mayores de cero de aquellos que son menores de cero: SWITCH(A,B,X) toma el valor de B para valores positivos y negativos, y solamente toma el valor de A cuando  $X = 0$ .

#### 5.4 FUNCIONES DE TABLA.

Frecuentemente es deseable usar un auxiliar que no sea una expresión algebraica simple, consecuencia de la combinación de otras variables en el modelo. A menudo una relación no lineal es requerida. Afortunadamente, si una gráfica puede ser dibujada, es muy sencillo, a partir de ahí, capturar las relaciones en DYNAMO dentro de una función tabla.

Observese la gráfica que se muestra en la figura E.23. Una tabla correspondiente a esta gráfica puede ser hecha dividiendo el rango de la variable independiente (X) en segmentos iguales los cuales no es necesario que correspondan a los valores dados en la variable dependiente (Y), como se muestra en la figura E.24. La tabla correspondiente a la gráfica puede ser preparada fácilmente listando los valores de X y Y, uno al lado del otro como semuestra en la tabla E.1.

X	Y
-3	-20
-2	0
-1	10
0	16
+1	20
+2	24
+3	30

TABLA E.1 Valores para "X" y "Y" en una tabla.

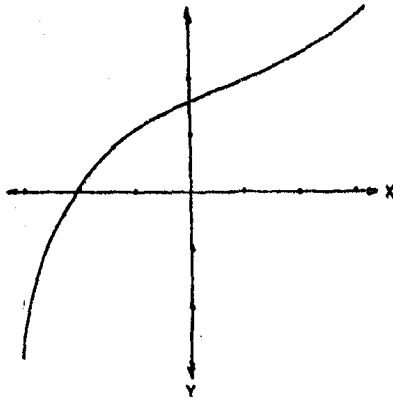


Figura E.23 Relaciones entre X y Y.

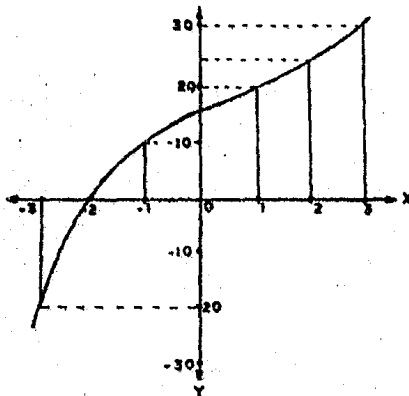


Figura E.24 Determinación de valores para la función tabla.

DYNAMO no acepta entradas gráficas directamente, pero la tabla de números presentes no implica ningún problema. DYNAMO no requiere ambas columnas de números. Como en la columna izquierda el incremento es igual entre todos los valores, solo se requieren

el primero y el último de ellos, además del incremento. La columna derecha es arbitraria y puede ser dada con cualquier detalle.

La forma de la función tabla es la siguiente:

TABLE(TAB, X, XMIN, XMAX, XINC)

donde

TABLE es el nombre de la función tabla.  
 TAB es el nombre de la ecuación donde se registran los valores de la variable dependiente.  
 X es la variable independiente.  
 XMIN es el mínimo valor del rango de la variable independiente.  
 XMAX es el máximo valor del rango de la variable independiente.  
 XINC es el incremento de la variable independiente.

si Y es un auxiliar, entonces esta ecuación sería

A  $Y.K=TABLE(TABY, X.K, -3, 3, 1)$

donde TABY es el nombre de la tabla para Y; los valores de Y serán dados por una declaración Table TABY como sigue:

T  $TABY=-20/0/10/16/20/24/30$

Como a DYNAMO solo se le han dado una serie de puntos de la curva de la gráfica que se muestra en la figura E.23, debe realizarse algún procedimiento que permita obtener los valores dados para otros puntos que no se encuentran en la tabla. El procedimiento usado es interpolación lineal entre los valores (dibuja una línea recta entre los dos valores más cercanos y selecciona la respuesta a partir de esa línea. Esto significa que la curva que DYNAMO usa es una línea quebrada como la que se muestra en la figura E.25.

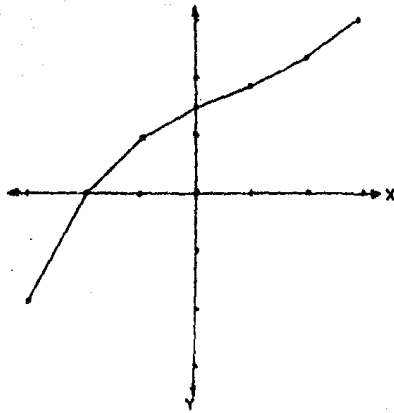


Figura E.25 "Curva" usada por la función TABLE.

El modelador en Dinámica de Sistemas comúnmente usa dos tipos de funciones tabla, llamadas TABLE y TABHL. Ellas difieren solo en la forma en la que son tratados los valores de la variable de entrada cuando van mas allá del rango especificado en mínimo y máximo.

Si es usado TABLE, DYNAMO detecta si un valor se sale del rango especificado o permanece dentro de él. El compilador imprime mensajes de ese efecto antes de mostrar los resultados de una simulación. Los mensajes sobre una salida de los datos del rango son solo información. Si el valor de entrada esta sobre el máximo especificado, el último valor de Y es utilizado. Si la entrada es menor que el mínimo especificado, el primer valor de Y es usado.

TABHL funciona exactamente como TABLE, excepto que si los valores se salen de los rangos especificados no hay mensajes que lo reporten. DYNAMO asume que al modelador no le importa saberlo. Las letras HL en el nombre TABHL representan "high-low" (máximo-mínimo), como una forma de expresar lo que hace esta función cuando los valores abandonan el rango especificado (figura E.26).

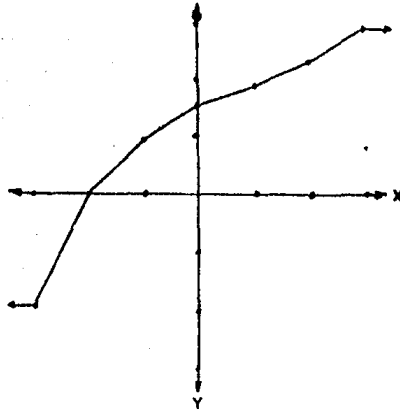


Figura E.26 "Curva" usada por la función TABHL.

DYNAMO tiene además otra función tabla para circunstancias muy especiales: TABXT, TABXT es raramente usada en variaciones en las cuales el valor de Y es obtenido por extrapolación cuando el valor se sale de los rangos especificados. En lugar de extender la tabla horizontalmente más allá de los rangos especificados, TABXT extiende la función tabla en forma oblicua a partir de las últimas extrapolaciones realizadas (figura E.27).

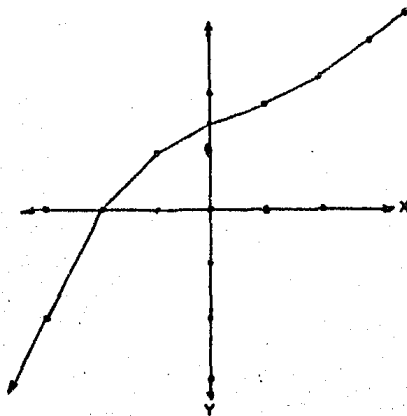


Figura E.27 "Curva" de la función TABXT.

## 5.5 FUNCIONES DE PRUEBA.

Una extraordinaria cantidad de información sobre el modelo y los sistemas de retroalimentación que representa, pueden ser obtenidos sujetando al modelo a severas clases de perturbaciones. Un incremento repentino en una variable, una declinación constante, oscilaciones, y perturbaciones aleatorias, ayudan a exponer las relaciones entre la estructura de realimentación del modelo y su comportamiento dinámico. El propósito de tales pruebas es entender tanto el modelo computacional, como el sistema que representa.

DYNAMO posee algunas funciones de prueba usadas para generar influencias exógenas y perturbaciones, las cuales son: STEP, RAMP, PULSE, la función seno (SIN), y NOISE.

### - STEP.

Esta función es usada para cambiar abruptamente una cantidad en algún punto en el tiempo. La forma de esta función es

STEP (A,B)

donde

A representa la altura del escalón, y

B representa el valor de TIME en el cual el valor de STEP cambia

Antes del tiempo B, STEP es igual a cero; cuando TIME es más grande o igual a B, STEP toma el valor especificado por la cantidad de A. A y B pueden ser representados por cualquier nombre de cantidad que pueda usarse en un modelo DYNAMO. Su posición es la función STEP determina su significado: el primer argumento es siempre la altura del escalón, y el segundo argumento es siempre el paso de tiempo. La altura del escalón puede ser negativa si así se desea, indicando un escalón hacia abajo. Un ejemplo de esta función lo tenemos en la figura E.28 en



la que A tiene un valor de 35 y B de 10. La ecuación declarada para este ejemplo tiene además un valor constante de 18.

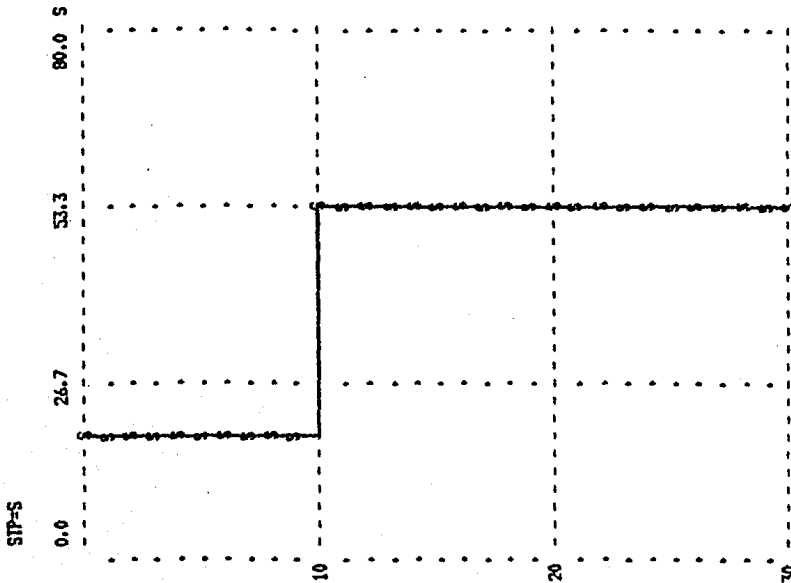


Figura E.28 Función STEP (STP.K=18+STEP(35,10)).

- RAMP.

La función RAMP es una función lineal de crecimiento o declinamiento continuo en el tiempo. Su forma en DYNAMO es

RAMP (A,B)

donde

A representa la pendiente de la función lineal, y  
B representa el tiempo de inicio para la rampa.

Antes de que TIME igual a B, el valor de RAMP es cero. Cuando TIME es mayor o igual a B, el valor de RAMP es dado por la función lineal:

$$A*(TIME.K-B)$$

En el caso de que A y B sean constantes. RAMP también es computado por DYNAMO como

$$L \quad RAMP.K=RAMP.J+DT*STEP(A.J,B.J)$$

$$N \quad RAMP=0$$

La función RAMP en la figura E.29 tiene los valores de 1 para A y de 10 para B. Un valor de 1 corresponde a una pendiente de 45 grados.

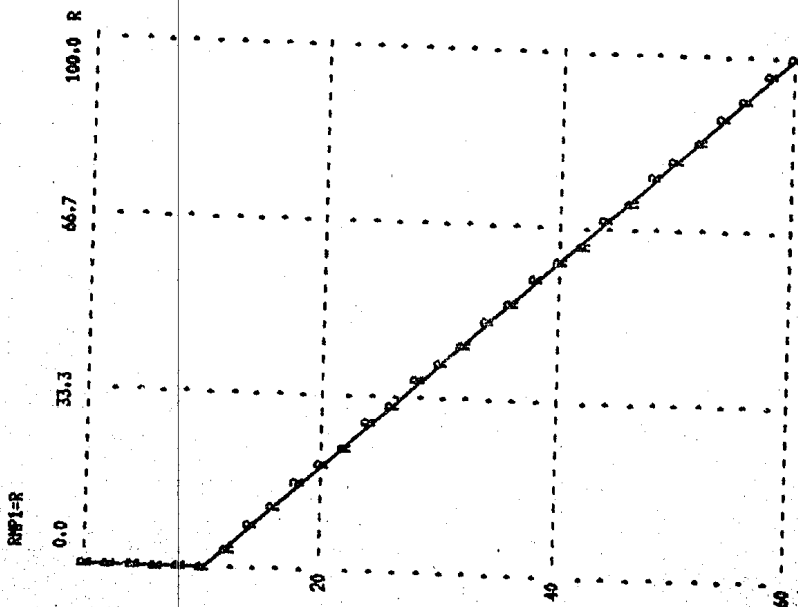


Figura E.29 Función RAMP (RMP1.K=RAMP(1,10)).

## - PULSE.

La función PULSE da sacudidas momentáneas a un modelo DYNAMO. Es usado para representar cambios aislados en una variable, regresándolo inmediatamente a su valor anterior después de cada cambio. La forma de la función PULSE en DYNAMO es

$$\text{PULSE (A,B,C)}$$

donde

A representa la altura del pulso,

B representa el tiempo del primer pulso, y

C representa el intervalo de tiempo entre pulsos sucesivos

Nótese que en el parámetro A se especifica la altura del pulso, no el área que abarca.

Para hacer un PULSE una sola vez, lo que procede es representar el valor del tercer argumento con un número muy grande, mas grande que cualquier valor de TIME encontrado en la corrida del modelo. En la figura E.30 se tiene una función RAMP en la que A tiene el valor de 35, B de 10 y C de 10. La ecuación que se declaró para este ejemplo tiene además un valor constante de 10.

## - SIN.

Esta función (ya vista dentro de las funciones matemáticas) sirve también para probar la respuesta de un modelo a una variable oscilatoria (sinusoidal), en la que DYNAMO necesita el seno de un ángulo en radianes. Sea la expresión

$$A*\text{SIN}(6.2831*\text{TIME.K/B})$$

donde

A representa la amplitud de la oscilación

B representa el período de oscilación, y

6.2831 es una aproximación a  $2*\pi$ .

La amplitud  $A$  es la desviación máxima de esta función de cero. El período  $B$  es la longitud de tiempo entre sucesivas crestas o valles. La función se mueve suavemente de cero a un máximo de  $A$ , regresando a cero, bajando a un mínimo de  $-A$ , y entonces regresa a cero otra vez cada  $B$  unidades de tiempo. En la figura E.31  $A$  tiene un valor de 30 y  $B$  de 20.

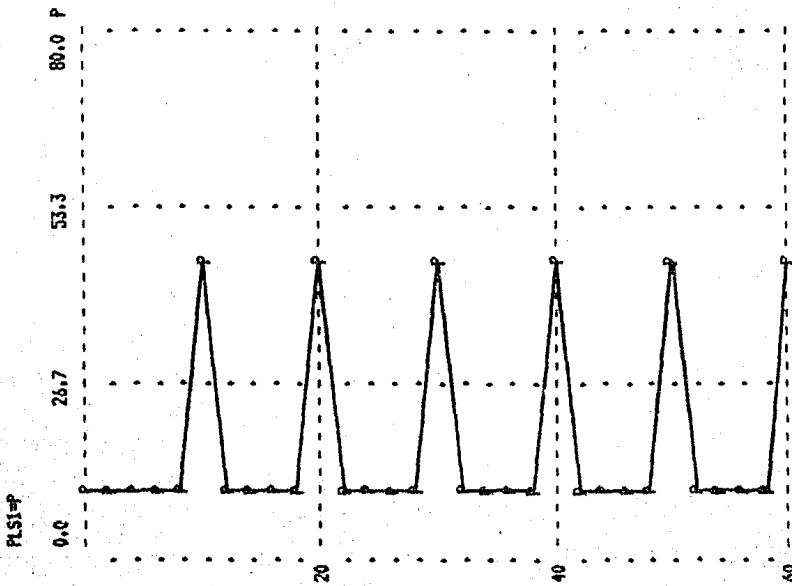


Figura E.30 Función PULSE (PLS1.K=10+PULSE(35,10,10)).

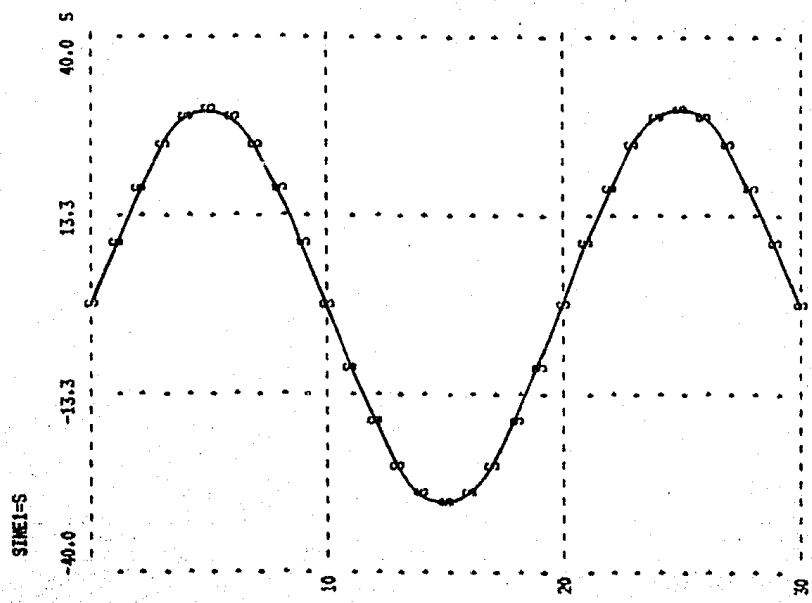


Figura E.31 Función SIN.

- NOISE.

DYNAMO facilita un generador de números aleatorios a través de la función NOISE, cuyos valores varían en un patrón completamente aleatorio. La forma de la función NOISE es, simplemente,

NOISE ( )

Nótese que ni siquiera un espacio en blanco se incluye dentro del paréntesis. Los paréntesis ayudan a identificar la expresión con una función, produciendo muchos valores diferentes. El rango de los valores de la función NOISE va de  $-0.5$  a  $+0.5$  con una distribución uniforme o rectangular. Esto quiere decir que cualquier decimal entre  $-0.5$  y  $0.5$  tiene tantas oportunidades de aparecer, como cualquier otro. Para generar números aleatorios los cuales varíen sobre un intervalo de longitud  $A$ , centrados alrededor del número  $B$ , es posible usar una expresión DYNAMO de la siguiente forma

$A*NOISE()+B$

La media de tales números sería  $B$ , y tomaría un rango que va de  $B-A/2$  a  $B+A/2$ .

La figura E.32 muestra una gráfica donde se generan números aleatorios con un rango que va de  $-0.5$  a  $0.5$ .

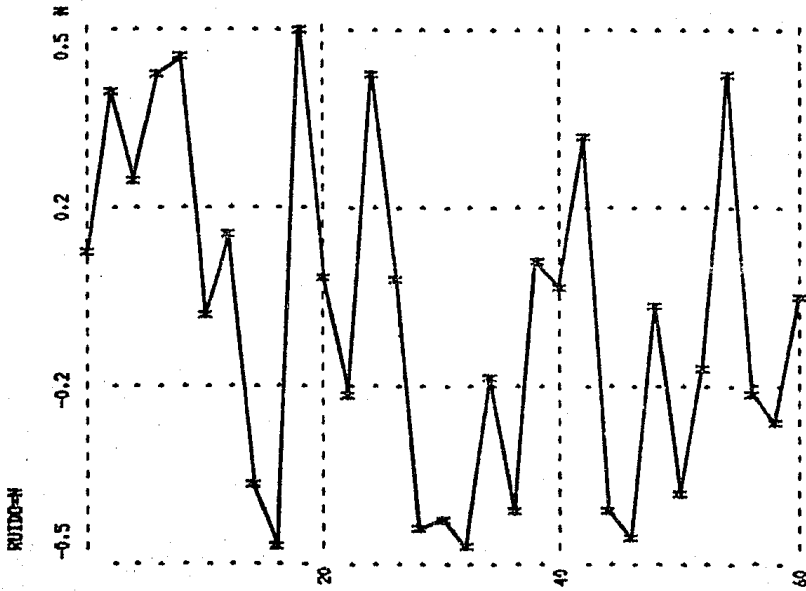


Figura E.32. Función NOISE (RUIDO.K=NOISE()).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Gómez Mendoza, 1982, p. 113.
- [2] Haggett P., 1976, p.33.
- [3] Richardson George, 1981, p. 42
- [4] Forrester Jay, 1968, p.14.
- [5] Aracil Javier, 1978, p.15.
- [6] ibidem, p. 46.
- [7] Forrester Jay, 1968, p. 22.
- [8] Richardson George, 1981, p. 25
- [9] Goodman Michael, 1974, p. 18.
- [10] Aracil Javier, 1978, p. 49.
- [11] Goodman Michael, 1974, p. 15.
- [12] México, Información sobre... S.P.P., 1982, p.15
- [13] ibidem, p. 8.
- [14] Vivienda: Necesidades ..., 1982, p. 30.
- [15] México, Información sobre ... S.P.P., p. 129.
- [16] Diagnóstico Sociodemográfico del D.F., 1984, p. 53.
- [17] Ibidem, p. 54.
- [18] Unikel Luis, 1976, p. 287.
- [19] ibidem, p. 288.
- [20] Distrito Federal Demográfico, 1984, p. 61 y  
México Demográfico, Breviario 1982, p. 14.
- [21] Banamex, p. 48.
- [22] Perspectiva de la Ingeniería..., 1979, p. 180.
- [23] Ibidem, p. 180.
- [24] Ibidem, p. 180.
- [25] Ibidem, p. 181.
- [26] Ibidem, p. 181.
- [27] Richardson George, 1981, p. 103-109.



## BIBLIOGRAFIA

- Agenda Estadística 1984. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F., 1984.
- Alfeld, Edward L. and Alan K. Graham. Introduction to Urban Dynamics. Wright-Allen Press, Inc. Cambridge, Mass., U.S.A. 1976.
- Aracil, Javier. Introducción a la Dinámica de Sistemas. Alianza Editorial, Madrid, 1978.
- Bassols, Batalla A. Geografía Económica de México. Editorial Trillas, México, D.F. 1970.
- Brian, L. Modelos: Marco General. Ediciones Rialp, Madrid, España, 1980.
- Chorley, Richard J. and Hagget, Peter. Models in Geography. Methuen and Co. LTD, London, Great Britain, 1967.
- Clark John and Cole Sam. Global Simulation Models. John Wiley and Sons Ltd., U.S.A., 1975.
- Diagnostico Sociodemográfico. D.D.F. Secretaría General de Gobierno, México D.F., 1984.
- 10 Años de Indicadores Económicos y Sociales de México, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F. 1983, 1ra. Reimpresión 1984.
- Distrito Federal Demográfico, Breviario 84. D.D.F. Secretaría General de Gobierno, México, D.F., 1984.

- Dynamo Users Manual. Burroughs Corporation 1975, Detroit, Michigan, U.S.A., 1972.
- Forrester, Jay W. Industrial Dynamics. MIT Press, Cambridge, Mass. U.S.A., 1961.
- Forrester, Jay W. Principles of Systems. Wright-Allen Press, Inc., 1976, Cambridge, Mass. U.S.A., 1968, Eighth Edition.
- Forrester, Jay W. Urban Dynamics. MIT Press, Cambridge, Mass., U.S.A., 1969.
- Forrester, Jay W. World Dynamics. Wright-Allen Press, Inc., Cambridge, Mass. U.S.A., 1971.
- Gomez, Mendoza Josefina, Muñoz, Jiménez J., Ortega, Cantero N. El pensamiento geográfico. Alianza Editorial (Alianza Universidad Textos), Madrid, España, 1982.
- Goodman, Michael. Study Notes in System Dynamics. Wright-Allen Press, Inc., U.S.A., 1974.
- Hagget, P. Análisis Locacional en la Geografía Humana. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1976.
- Lilienfeld, Robert. Teoría de Sistemas orígenes y aplicaciones en las ciencias sociales. Editorial Trillas, México, D.F., 1984.
- Meadows, Dennis L. Los Límites del Crecimiento. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 1972, Sa. edición, 1985.
- México Demográfico, Consejo Nacional de Población, Breviario 1982, México, D.F. 1982.

- México: Información sobre Aspectos Geográficos, Sociales y Económicos Volumen II. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F., 1982.
- México Social 1984, Indicadores Seleccionados Banamex, Estudios Sociales, México, D.F., 1984.
- Periódico "La Jornada" del 19 de Septiembre al 25 de Octubre de 1985, México, D.F.
- Pierre, George. Geografía Activa. Editorial Ariel, Barcelona, España, 1970.
- Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F., 1983.
- Prospectiva de la Ingeniería Civil en México 1980-2000. XI Congreso Nacional de Ing. Civil. 26 al 30 de noviembre de 1979.
- Pugh III, Alexander L. Dynamo Users Manual. MIT Press. Cambridge, Mass., U.S.A. 1970, Fifth Edition.
- Pugh-Roberts Associates, Inc. Users Guide and Reference Manual for Micro-DYNAMO. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, U.S.A., 1982.
- Richardson, George P. and Pugh, Alexander L. III. Introducción to System Dynamics Approach. MIT Press, Cambridge, Mass., 1981.
- Salazar S., Hector. La dinámica de crecimiento de ciudades Intermedias de México. El Colegio de México. México, D.F., 1984.

Schteingart, Martha. "El Sector Inmobiliario y la vivienda en la crisis". Revista del Comercio Exterior Vol.34, Num.8 , México, D.F., pp. 739-750.

Unikel, Luis. El Desarrollo Urbano de México. El Colegio de México, México, D.F. 1976, Segunda Edición 1978.

Vivienda: Necesidades Esenciales de México. Editado por Siglo XXI/Coplamar, México, D.F. 1982, Segunda Edición, 1983.

W. Schroeder III, Sweeney, Robert E. and Edward Alfred. Readings in Urban Dynamics. Volume 2, Wright-Allen Press, Inc., Cambridge, Mass., U.S.A. 1975.

## INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS	PAG.
2.1 Modelo de Modelos de Chorley y Hagget .....	7
3.1 Gráfica de modos de comportamiento de referencia ....	17
3.2 Tipos de modos de comportamiento de referencia de una variable a través del tiempo .....	18
3.3 Etapa de conceptualización de un sistema .....	20
3.4 Seguimiento de la comprensión del problema .....	21
3.5 Fases de construcción del modelo .....	22
3.6 Representación de la frontera de un sistema. En la par- te interior se muestra la interacción de los componen- tes que forman el sistema, separados del medio .....	23
3.7 Ejemplo de la definición de frontera .....	24
3.8 Tipos principales de variables .....	26
3.9 Circuito de retroalimentación .....	28
3.10 Diagramas causales de aspectos urbanos .....	29
3.11 Relación causal .....	30
3.12 Relación causal positiva (un incremento en la disponi- bilidad de empleo acarrea un incremento en la inmigra- ción) .....	31
3.13 Relación causal negativa (un incremento en la mano de obra produce una disminución en la disponibilidad de empleo) .....	31
3.14 Estructura causal simple .....	32
3.15 Circuito de retroalimentación positiva .....	33
3.16 Circuito de retroalimentación negativa (un incremento en la población acarrea un incremento en la densidad, al existir un mayor incremento de la densidad la gente tiende a salir, la emigración decrece a la población)	34
3.17 Sistemas de retroalimentación negativa (la discrepa- ncia entre la meta y el estado del sistema, determina la magnitud y dirección de la acción correctiva tomada) .....	35

3.18 Simulación de un circuito de retroalimentación negativa .....	36
3.19 Simulación de un circuito de retroalimentación positivo (curva exponencial) .....	37
3.20 Simulación del circuito de retroalimentación positivo (curva exponencial colapso) .....	38
4.1 Proyección de la tasa de natalidad 1980-2000 .....	52
4.2 Proyección de la tasa de mortalidad 1980-2000 .....	52
4.3 Relación entre la inmigración y el índice de hacinamiento .....	53
4.4 Relación entre la inmigración y la disponibilidad de empleo .....	54
4.5 Relación entre la inmigración y la densidad de población .....	54
4.6 Relación entre la emigración y el índice de hacinamiento .....	55
4.7 Relación entre la emigración y la disponibilidad de empleo .....	56
4.8 Relación entre la emigración y la densidad de población .....	56
4.9 Relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas autoconstruidas .....	58
4.10 Relación entre la demanda de vivienda y el número de viviendas edificadas por la industria de la construcción .....	58
4.11 Diagrama causal del modelo población-vivienda .....	62
4.12 Circuitos básicos que afectan el crecimiento de la población .....	63
4.13 Circuitos de población-migración a través de disponibilidad de empleo .....	64
4.14 Circuitos de población-migración a través de densidad de población .....	64
4.15 Circuitos de población-migración a través de vivienda .....	66
4.16 Circuitos que involucran la fracción libre de terreno .....	67
4.17 Diagrama causal y tasa-nivel del símil del vaso de agua .....	76
4.18 Diagrama tasa-nivel del modelo población-vivienda ...	78

4.19 Nivel de población .....	80
4.20 Diagrama tasa-nivel del flujo de nacimientos .....	81
4.21 Diagrama tasa-nivel del flujo de inmigrantes .....	82
4.22 Diagrama tasa-nivel del flujo de defunciones .....	83
4.23 Diagrama tasa nivel del flujo de emigración .....	84
4.24 Diagrama tasa-nivel para empleo .....	86
4.25 Diagrama tasa-nivel del nivel de vivienda .....	87
4.26 Diagrama tasa-nivel del nivel de área urbana .....	89
4.27 Diagrama que disgrega la fracción de terreno ocupada por vivienda .....	91
5.1 Gráficas de población, nacimientos, defunciones, inmi- gración y emigración .....	97
5.2 Gráfica en donde se muestran las variables de empleo (EMPLED) y generación de empleo (GE) .....	98
5.3 Gráfica de población económicamente inactiva (PEI) y disponibilidad de empleo (DISEMP) .....	99
5.4 Gráfica de índice de hacinamiento (HACI) .....	100
5.5 Gráfica en la que se representan las principales varia- bles de vivienda .....	101
5.6 Gráfica de aspectos de uso del suelo .....	103
5.7 Gráfica de densidad de población (DENSI) .....	104
5.8 Gráfica de fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV) .....	105
5.9 Gráfica de variables de población para análisis de políticas 2 .....	109
5.10 Gráfica de variables relacionadas con empleo .....	110
5.11 Gráfica de población económicamente inactiva (PEI) y de disponibilidad de empleo (DISEMP) .....	111
5.12 Gráfica de índice de hacinamiento (HACI) .....	113
5.13 Gráfica de variables relacionadas con vivienda (VIVTOT, SVAIC, VIVIA, VIVIC) .....	114
5.14 Gráficas de área urbana (AUDF), incremento en el area urbana (IAU) y fracción libre de terreno (FLT) .....	115
5.15 Gráfica de densidad de población (DENSI) .....	117
5.16 Gráfica de fracción ocupada de terreno por vivienda (FOTVIV) .....	118

5.17 Gráfica de aspectos demográficos .....	121
5.18 Gráfica de número total de empleo y generación de empleo .....	122
5.19 Gráfica de población económicamente inactiva y de disponibilidad de empleo .....	123
5.20 Gráfica de índice de hacinamiento .....	124
5.21 Gráfica de indicadores de vivienda .....	126
5.22 Gráfica de tamaño del area urbana del D.F., incremento del area urbana y de la fracción libre de terreno ...	127
5.23 Gráfica de densidad de población .....	128
5.24 Gráfica de fracción ocupada de terreno por vivienda .	129
E.1 Diagrama causal de un modelo elemental de crecimiento natural de la población .....	E-3
E.2 Diagrama tasa-nivel del modelo elemental de crecimiento natural de la población .....	E-4
E.3 Modelo de crecimiento natural de población .....	E-5
E.4 Índices de tiempo convencionales .....	E-6
E.5 Cálculos en el tiempo K .....	E-7
E.6 Índices de tiempo para las ecuaciones .....	E-11
E.7 Salida tabular del modelo de crecimiento natural de población .....	E-24
E.8 Salida de la declaración PRINT con la forma POB, NAC, DEF .....	E-25
E.9 Salida gráfica de la declaración PLOT .....	E-27
E.10 Sobreposición de caracteres en una salida PLOT .....	E-28
E.11 Determinación de escala en la salida gráfica (PLOT POB=P/NAC=N,DEF=D(1E6,3E6)) .....	E-29
E.12 Determinación de un valor para la escala de la gráfica (PLOT POB=P(5E7,*)) .....	E-30
E.13 Determinación de escalas independientes .....	E-31
E.14 Determinación de una sola escala para todas las varia- bles .....	E-32
E.15 Declaraciones RUN para el modelo de crecimiento natu- ral de la población .....	E-35
E.16 Diagrama tasa-nivel del modelo epidémico simple .....	E-37
E.17 Ecuaciones para el modelo epidémico simple .....	E-38



E.18 Estructura tasa nivel del modelo epidémico .....	E-39
E.19 Estructura de tasa nivel del modelo epidémico simple incluyendo un nivel para personas en las que la enfer- medad esta incubando .....	E-39
E.20 Diagrama tasa-nivel para DELAY1 en el modelo epidémico	E-41
E.21 Disgregación adicional de la población incubante de la enfermedad (INC) .....	E-42
E.22 Diferentes ordenes de demoras .....	E-43
E.23 Relaciones entre X y Y .....	E-49
E.24 Determinación de valores para la funcion tabla .....	E-49
E.25 "Curva" usada por la funcion TABLE .....	E-51
E.26 "Curva" usada por la funcion TABHL .....	E-52
E.27 "Curva" de la funcion TABXT .....	E-52
E.28 Funcion STEP (STP.K=18+STEP(35,10)) .....	E-54
E.29 Funcion RAMP (RMP1.K=RAMP(1,10)) .....	E-55
E.30 Funcion PULSE (PLS1.K=10+PULSE(35,10,10)) .....	E-57
E.31 Funcion SIN .....	E-58
E.32 Funcion NOISE (RUIDO.K=NOISE()) .....	E-60

## CUADROS

No. 1 Etapas del proceso de modelado .....	13
--	----

## MAPAS

1. Ubicación del área de estudio .....	40
--	----

## TABLAS

E.1 Valores para "X" y "Y" en una tabla .....	48
---	----

