

María A. MARTÍNEZ  
Flor H. MÉNDEZ

ESTUDIO DE CASOS

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA PARA LA PLANIFICACIÓN URBANA.  
Caso: Plan de Desarrollo Urbano Local de Maracaibo**

**RESUMEN**

*Este trabajo explica el proceso metodológico seguido en el diseño y construcción del Sistema de Información Geográfica (SIG) propuesto como herramienta principal de análisis dentro del Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) de Maracaibo. Se establecen los componentes, objetivos y características del sistema y su utilidad como banco de datos automatizado asistente en la toma de decisiones para la planificación y la intervención urbana. Asimismo se presentan las tareas realizadas en la propuesta de los modelos físico-ambientales elaborados en el plan a través del sistema desarrollado y su utilidad en la formulación de los usos del suelo.*

**1/ INTRODUCCIÓN**

La clasificación, el manejo y archivo de grandes cantidades de datos en forma tradicional o manual es uno de los grandes inconvenientes que enfrentan los organismos destinados a la planificación urbana. La disponibilidad de información precisa y en el menor tiempo posible es de vital importancia para la toma de decisiones previa a la intervención urbana, existiendo una creciente preocupación no sólo por la falta de datos sino por la clasificación, organización y manejo de los existentes, lo que implica una constante búsqueda de métodos para la sistematización y posterior automatización de la información. Al mismo tiempo, el avance de nuevas tecnologías relacionadas con el manejo de la información se ha extendido en todos los campos del conocimiento y la planificación urbana no podía escapar de esto. Sin embargo, a pesar de la utilización de plataformas como bases de datos u hojas de cálculos, es sólo con la

MARÍA AUXILIADORA MARTÍNEZ FINOL  
Arquitecto. Profesora-Investigadora en el  
área de Sistemas de Información, IFA, LUZ.  
E-mail: martinez@luz.ve

FLOR HILDA MÉNDEZ PEÑA  
Arquitecto. Profesora-Investigadora  
(jubilada) en el área de Sistemas de  
Información, IFA, LUZ.

aparición de los Sistemas de Información Geográfica, que la informática se incorpora en un rol protagónico en el campo de la planificación (Igarzábal, 1993).

Esta inquietud, aunada a la experiencia del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura en el campo de la informática aplicada a la planificación, llevó al equipo encargado de elaborar el Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) de Maracaibo a crear una base automática de datos espacializados con la característica de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para así obtener un instrumento eficiente en la planificación y el control del desarrollo urbano de la ciudad.

El SIG de Maracaibo es capaz de contener y usar datos que describen el área geográfica urbana. Su principal característica es que permite realizar operaciones espaciales con los datos; el sistema no almacena un mapa en forma convencional, almacena datos con los cuales puede crearse una deseada visualización, permitiendo dibujarla en forma de mapas. Su elaboración comprendió la definición y establecimiento del formato y la determinación de la escala y resolución de la base de datos de la ciudad de Maracaibo. Asimismo, abarcó el ajuste, unificación y compatibilización de la información registrada en la base de

datos y la producción de los planos de las diferentes variables analizadas. Posteriormente fueron desarrollados los modelos físico-ambientales, los cuales demostraron la potencialidad del SIG como herramienta de análisis al ser utilizados para la formulación de los usos del suelo.

El objetivo de este artículo es presentar mediante una aplicación concreta de los Sistemas de Información Geográfica, su potencialidad como herramientas de análisis en el proceso de planificación urbana. Se presentan las características, metodología y modelos productos del SIG desarrollado y su utilidad dentro del plan. El desarrollo del banco automatizado está soportado por la información cartográfica de Maracaibo suministrada por el Ministerio de Desarrollo Urbano (Mindur) y la información del Censo 90 de Venezuela para Maracaibo suministrada por la Oficina Central de Estadística e Informática de Venezuela (OCEI, 1990).

## 2/ DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Maracaibo, con una población aproximada para el año 1995 de 1.502.400 hab. (OCEI, 1992), es la capital del estado Zulia y la segunda ciudad en importancia de Venezuela; se encuentra localizada al oeste de la República. Para el Plan de Desarrollo

Urbano Local se definió como zona de estudio al área definida por la poligonal del límite urbano de Maracaibo. Ésta tiene una extensión de 22.807 ha, de acuerdo con la resolución del Ministerio de Desarrollo Urbano (Mindur) en la que aprueba el Plan Rector de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Maracaibo publicado en la *Gaceta Oficial de Venezuela* No. 3.525 de fecha 08/03/1985.

## 3/ CARACTERÍSTICAS DEL SIG DE MARACAIBO

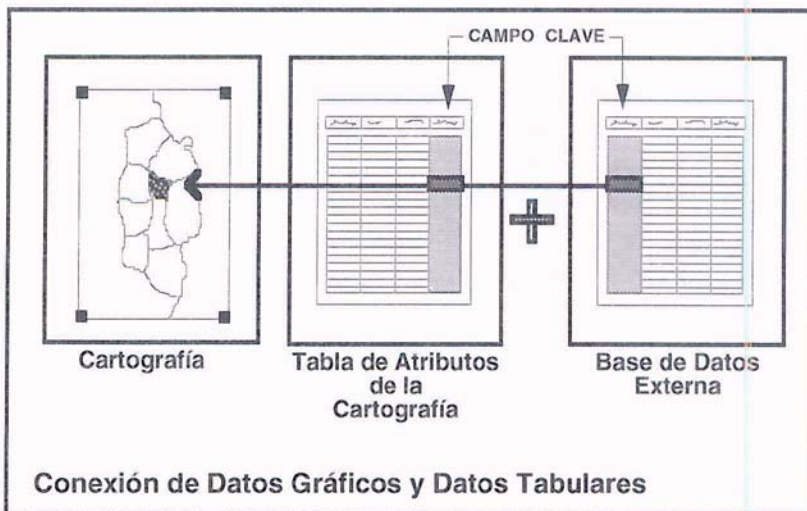
Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), pueden ser definidos como herramientas que permiten capturar, almacenar, procesar y visualizar información, en forma sectorial o integrada con el fin de satisfacer las necesidades de sus usuarios. Su principal característica, que le concede un alto potencial como herramienta de análisis, es la de permitir la creación de bases de datos gráficas y bases de datos tabulares con una estructura topológica, manipulada a través de un único programa (ver figura 1).

A los efectos del SIG, el mundo real consiste en una colección de aspectos geográficos que pueden ser representados por temas o coberturas relacionadas con datos tabulados. De esta manera, la topografía, hidrología, usos del suelo, redes de



**FIGURA 1**

**CARACTERÍSTICAS DEL SIG**



infraestructura, vialidad, divisiones político-territoriales, etc. de los municipios de Maracaibo, pueden ser representados como mapas temáticos que contienen separadamente los datos de cada aspecto.

Para la construcción del SIG, la información cartográfica de la ciudad de Maracaibo contenida en planos 1:5.000 y 1:10.000 fue digitalizada y automatizada en diferentes mapas temáticos. A la cartografía automatizada se le asociaron los datos de tipo socioeconómico contenidos en el XII Censo de Población y Vivienda (OCEI, 1990) y se produjo el Atlas de Información

Cartográfica Básica de Maracaibo con su base de datos asociada.

La información final contenida y manejada mediante el SIG puede ser resumida en los siguientes aspectos:

- Unidades fisiográficas de comportamiento homogéneo, como síntesis de las características geográficas estudiadas
- La ocupación y usos del suelo actual y propuestos dentro del plan, zonificación, densidad y tendencias de ocupación
- La tenencia y valores de la tierra
- Áreas y zonas de carácter administrativo, histórico, etc.

- Redes de infraestructura urbana
- Redes de vialidad y transporte urbano
- Localización y capacidad de equipamientos y servicios públicos puntuales tales como escuelas, centros de salud, etc.
- Vivienda y estado de la construcción

Para su procesamiento, la información contenida en el banco de datos puede ser agrupada en módulos; el usuario del sistema puede realizar análisis dentro de cada módulo de procesamiento, o análisis combinados de información proveniente de coberturas contenidas en diferentes módulos. También permite el desarrollo o la producción de mapas donde se sintetiza el análisis

combinado de la información; estos mapas síntesis fueron de gran utilidad en el proceso de diagnóstico y propuesta del plan. Los módulos de procesamiento resultantes fueron los siguientes:

- Módulo de información ambiental
- Módulo de información socioeconómica
- Módulo de información sobre equipamiento urbano
- Módulo de información sobre infraestructura urbana
- Módulo de información sobre movilidad urbana
- Módulo de información sobre desarrollo urbano

Una vez desarrollado, el SIG de Maracaibo permite, mediante la interacción hombre-máquina, la selección y procesamiento de la información de acuerdo con los objetivos establecidos y es capaz de responder diferentes tipos genéricos de preguntas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- De localización: ¿Qué estructura o elemento geográfico urbano existe en una localización específica?
- De condición: ¿Dónde está localizado un hecho geográfico urbano específico?
- De tendencia: ¿Qué ha cambiado desde una fecha específica en relación con un elemento o atributo?

- Sobre patrones de localización: ¿Qué patrón espacial existe en un área determinada de la ciudad?
- Sobre modelaje: ¿Qué pasaría si se modificaran ciertos atributos en un área determinada de Maracaibo, si por ejemplo, se añadiera una carretera al sistema urbano existente?

#### 4/ METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SIG

La concepción metodológica del Plan de Desarrollo Urbano Local de Maracaibo se fundamentó en diferentes criterios, uno de los cuales fue la utilización de alta tecnología como herramienta para la gestión y la planificación urbana; esto motivó la propuesta de un Sistema de Información Geográfica. El personal encargado de elaborar el plan se estructuró en varios grupos de trabajo:

- Estudio socioeconómico
- Estructura urbana
- Vivienda
- Vialidad y transporte
- Infraestructura
- Equipamiento
- Sistema de Información Geográfica
- Ordenanzas y diseño urbano

Para la creación del SIG, el equipo técnico encargado realizó las siguientes tareas:

#### A/ Definición del formato, escala y resolución de la base datos del SIG de Maracaibo

Se realizó una evaluación de la información producida en trabajos preliminares relacionados con la recopilación de información cartográfica y escrita, a los efectos de determinar la escala de trabajo, el formato y la resolución de los documentos a digitalizar y los que complementan la base de datos. Se creó un diccionario de términos y códigos para describir en el computador cada una de las categorías relevantes de las variables contenidas en la base de datos. Esta tarea se complementó con la creación de un directorio de todas las fuentes de información y documentación, referencias bibliográficas, directorios y otros elementos de referencia cruzada que permitan eventualmente ir a la fuente de información primaria para ampliar, detallar o verificar la información codificada y resumida en la base de datos.

Durante esta fase se reunieron los integrantes del equipo de trabajo, con el objeto de unificar criterios y terminología, e identificar los posibles aspectos que no se hubiesen considerado en las primeras aproximaciones al problema. En esta fase se delimitó el área de estudio.



**Producto**

Informe de referencias cruzadas de la información almacenada en la base de datos; especificación de códigos de la base de datos del SIG; determinación de escala, formato y resolución de la cartografía.

**B/ Ajuste y unificación cartográfica**

El propósito fundamental de esta tarea fue producir planos unificados y registrados geodésicamente de todos los elementos de información geográfica pertinentes a la base de datos, a través de una sola base de escala y resolución geodésica. Fue importante compatibilizar previo a la automatización, la información proveniente del medio natural y la del medio urbano; además, la información cartográfica editada en escalas y resoluciones diversas debía coincidir por lo cual se realizaron los ajustes cartográficos necesarios. Esta tarea también tuvo como finalidad, obtener la delimitación de las unidades espaciales de desarrollo a las que se refieren los atributos almacenados en la base de datos. En esta fase se prepararon e interpretaron los mapas de cada variable y se decidieron las escalas respectivas de cada uno de los planos. La preparación de los mapas consistió en la creación de planos manuscritos en material estable de cada variable y división geográfica incluida en el SIG, a

partir de mapas bases originales. Ver tablas 1 y 2.

**Producto**

Planos manuscritos delineados sobre bases estables, de todos los ítems de información cartográfica de la base de datos del SIG.

**C/ Automatización de la información**

Esta tarea consistió en convertir la información cartográfica contenida en los mapas manuscritos al formato digital. Este proceso comprendió dos etapas:

- 1) Digitalización de los planos manuscritos. Consistió en transformar en información digital los planos de la base de datos analógica. En este proceso de digitalización se crearon coberturas o capas de información digital de cada variable. Esta tarea incluye el proceso de empalme semiautomático de las hojas que integran cada una de las coberturas.
- 2) Elaboración de tablas de datos con los códigos previamente definidos en el diccionario de datos y la tabla de referencias cruzadas. Consistió en la creación de las tablas de atributos asociados a cada entidad cartográfica presente en los mapas y en la clasificación de cada atributo de acuerdo con los códigos preestablecidos. Se realizó la verificación de la cantidad de

atributos y su coincidencia con la de las entidades; con esto se verificó también la calidad de los mapas digitalizados. Esta verificación requirió de un ciclo de chequeos y ajustes que frecuentemente condujeron a las fuentes de información hasta conseguir una base de datos limpia y confiable.

Durante esta fase se transfirió al formato digital la información contenida en los mapas manuscritos producidos en la tarea anterior, utilizando para ello una mesa digitalizadora. Esta transferencia permitió el almacenamiento y procesamiento en un computador y la creación de la base de datos automática. A cada uno de los mapas digitalizados se les asignó un código particular, con el fin de identificar la información contenida en el mapa como una variable simple, con diferentes categorías.

**Producto**

En esta tarea se obtuvieron los productos propios del SIG: la base de datos, el listado de atributos, el listado de códigos y el atlas de información cartográfica básica. El atlas resultado del ploteo de la información cartográfica está conformado aproximadamente por 78 mapas, entre los cuales destacan los siguientes:

- Vialidad: Áreas servidas por el transporte público

**TABLA 1**

**VARIABLES Y  
DIVISIÓN GEOGRÁFICA**

VARIABLE/ DIVISIÓN GEOGRÁFICA	ESCALA	NÚMERO DE HOJAS
1 Geología	10.000	8
2 Geomorfología	10.000	12
3 Geotecnia	10.000	11
4 Hidrografía	10.000	11
5 Pendientes	10.000	10
6 Vegetación	5.000	39
7 Topografía	5.000	39
8 Hidrología	5.000	39
9 Tipos de suelos	10.000	11
10 Uso del suelo	5.000	35
11 Áreas vacantes	10.000	9
12 Valores del suelo	10.000	12
13 Vialidad	5.000	39
14 Salud	10.000	12
15 Educación	10.000	12
16 Gubernamental/Adm.	10.000	12
17 Recreacional/ Deportivo	10.000	12
18 Sociocultural/ Religioso	10.000	12
19 Ámbitos	5.000	28
20 Segmentos	5.000	37
21 Parroquias	5.000	39

- Vialidad: Corredores viales
- Vialidad: Características operacionales
- Vialidad: Rutas de enlace
- Vialidad: Tapones viales
- Vialidad: Rutas de transporte
- Educación: Centro por nivel educativo propuesto. Año 1998-2013
- Educación: Centro por nivel educativo. Año 1990
- Salud: Centros asistenciales por tipo. Propuesta. Año 1998-2013
- Salud: Centros asistenciales por tipo. Año 1990
- Estructura urbana: Ámbitos
- Estructura urbana: Parroquias
- Estructura urbana: Usos del suelo
- Estructura urbana: Áreas vacantes
- Propuestas para localización de empleo secundario, terciario y total
- Aspectos físico-geográficos

**5/ PRODUCCIÓN DE MODELOS FÍSICO-AMBIENTALES**

El análisis de las variables físico-ambientales tuvo por objeto crear modelos de utilización racional de las tierras urbanas de Maracaibo, lo cual depende de la disposición de los usos en el área urbana, de acuerdo con la vocación o capacidad de la tierra para soportarlos. Hay áreas urbanas que son frágiles y que deben conservarse para evitar su degradación; otras que por su dotación arbórea merecen que se les destine a actividades de recreación y

Fuente: IFA, LUZ, Facultad de Arquitectura. Proyecto PDUL.



TABLA 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS FORMATOS DE LAS ESCALAS	ESCALA	NÚMERO DE HOJAS	TAMAÑO (cm)	PUNTOS DE CONTROL	AÑO
	10.000	12	60x80	21	1989
	5.000	38	60x80	53	1989

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano (Mindur), 1989.

existen áreas que soportan perfectamente actividades residenciales, industriales o comerciales.

Durante esta etapa se analizó e interpretó la información cartográfica, utilizando como herramienta el paquete SIG seleccionado, el cual permitió crear la base de datos cartográfica con las tablas de datos asociadas, las cuales pudieron ser manipuladas y procesadas con fines combinatorios, asociativos y aquellos aritméticos que fueron requeridos para la formulación de los modelos conceptuales de ponderación.

El análisis del medio natural comprendió las siguientes variables: geología, geomorfología, geotecnia, hidrografía (comprende hidrografía e hidrología), pendientes (originada del mapa de topografía), vegetación, tipos de suelos y usos del suelo. A los efectos de realizar el proceso de

evaluación se desarrollaron las siguientes etapas de trabajo:

- Se realizaron reuniones periódicas de todo el grupo de trabajo, para establecer los criterios de evaluación comunes, dimensionar alcances de análisis y revisar la data disponible.
- Se construyó una base de datos geográfica computarizada tomando como referencia los mapas base de las variables arriba enumeradas.
- Se crearon modelos conceptuales para la evaluación de la información computarizada. Estos modelos se realizaron siguiendo la metodología de sobreposición de superficies potenciales, para los cuales se realizaron varias rondas de ponderación de la información, utilizando un método de puntuación tipo Delphi. Como resultado de estas rondas de ponderación se obtuvieron los modelos

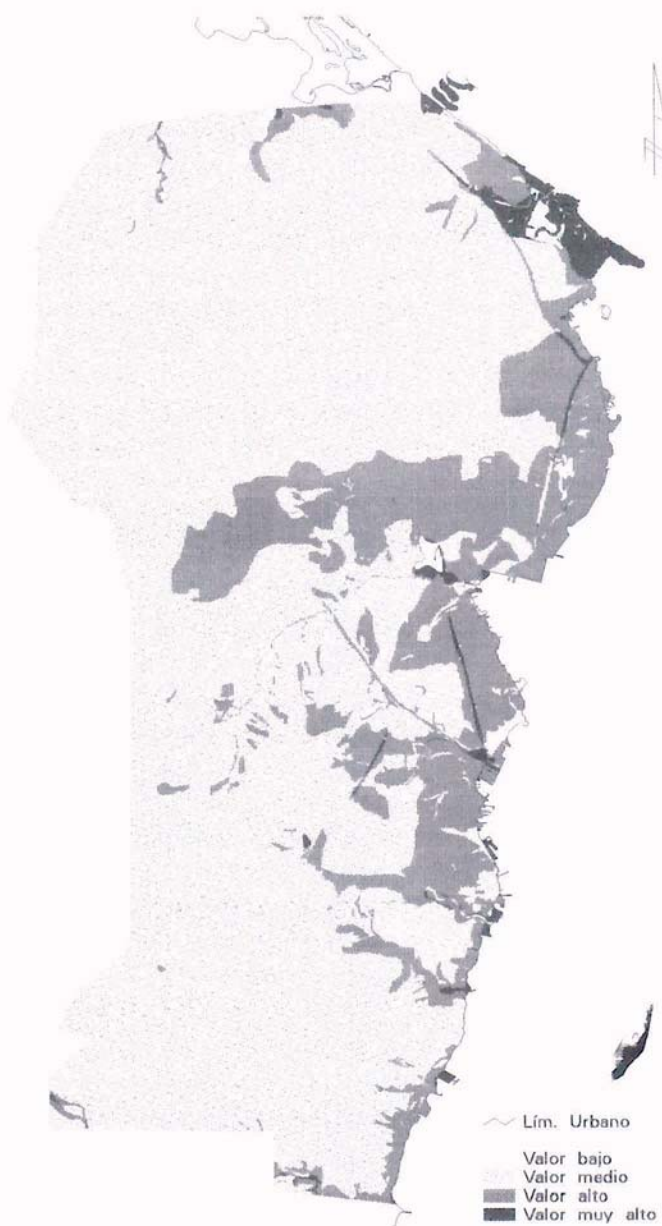
conceptuales y sus tablas de ponderación y cruces de variables.

d) De acuerdo con los esquemas de ponderación y cruce de variables, se procesó la información en un computador utilizando el programa SIG, y siguiendo sus pautas de procesamiento, se hizo la sobreposición automática de las variables y de sus puntajes. El uso intensivo del módulo de superposición permitió el procesamiento cartográfico y la asociación booleana de los datos, de acuerdo con los esquemas de ponderación explícitos en los modelos conceptuales. Los resultados parciales de estas sobreposiciones cartográficas, obligó en algunos casos a realizar nuevas rondas de ponderación para ajustar los puntajes asignados a las variables.

e) Se realizó un proceso de síntesis con los mapas producidos por los modelos de adecuación de usos del suelo. Los

**FIGURA 2**

**MODELO DE  
CONSERVACIÓN**





mapas y modelos resultantes de este proceso de síntesis fueron los siguientes: mapa-modelo de conservación, mapa-modelo de uso recreativo, mapa-modelo de urbanización. Estos mapas-modelos indican en cada caso la vocación natural de las áreas urbanas y cómo deben adecuarse los usos urbanos a esa vocación (ver figuras 2, 3 y 4).

En el mapa-modelo de conservación se muestran las áreas que deben conservarse por presentar fragilidad natural o peligro de ser degradadas. El mapa-modelo de recreación sintetiza las áreas que por sus cualidades arbóreas deberían dedicarse a parques y áreas de recreación. El mapa-modelo de urbanización indica las áreas que pueden destinarse a otros usos urbanos tales como comercio, residencia, industria, etc.

Las recomendaciones de utilización de las tierras urbanas de Maracaibo que se desprenden de los modelos de conservación, recreación y urbanización fueron tomados en cuenta para la disposición final de los usos urbanos propuestos dentro del Plan de Desarrollo.

## 6/ CONCLUSIÓN

La experiencia obtenida permite exponer una serie de conclusiones en

cuanto al potencial de los SIG como herramientas de trabajo dentro de la planificación urbana:

- La ventaja de la plataforma SIG, de referenciar geográficamente los datos o características del área de estudio, convirtió al sistema en un instrumento activo para la toma de decisiones y la propuesta de soluciones en el proceso de elaboración del plan, permitiendo obtener planos con la información geográficamente distribuida de una manera más precisa, rápida y confiable en comparación con los planos elaborados por el método tradicional, con la ventaja de tener asociadas tablas de atributos.

- Durante la elaboración del PDUL, el sistema permitió la realización de los modelos físico-ambientales, los cuales fueron de gran utilidad en la síntesis del diagnóstico y en la etapa de propuesta de vocación de usos del suelo.

-El procesamiento producto de la combinación de los datos contenidos en el sistema permitió la generación de nueva información de una manera rápida y eficiente.

- El SIG de Maracaibo permite hacer consultas relacionadas con los datos de estudio contenidos dentro del banco de datos a través del computador. Los resultados o respuestas podrán ser vistos en pantalla o reproducidos en

planos o informes a través de trazadores o impresoras.

-El SIG como herramienta de trabajo permitió satisfacer diferentes propósitos en los siguientes aspectos del PDUL de Maracaibo:

a) Planificación: conocer las tendencias de ocupación y urbanización de la ciudad en cuanto al volumen, densidad del urbanismo para programar la extensión y los límites de la ciudad.

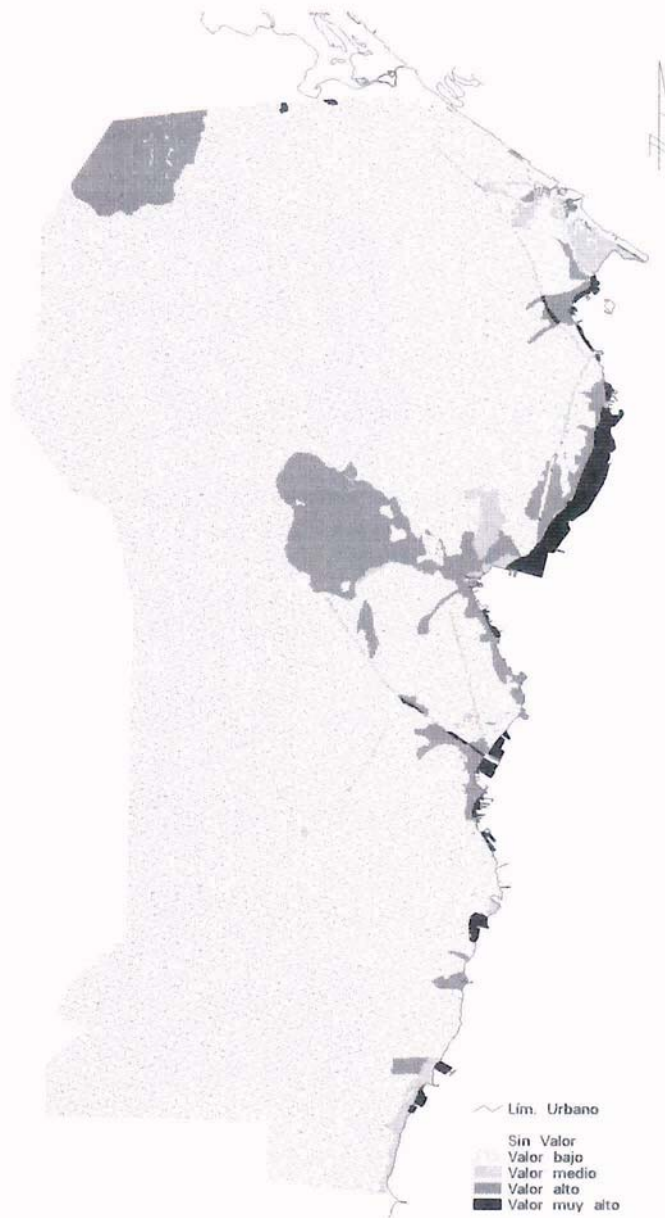
b) Estadístico: mantener un banco de datos sobre las condiciones socioeconómicas de la población de la ciudad que permita hacer un seguimiento del proceso de desarrollo social y determinar los niveles de incorporación de la población a la economía urbana.

c) Administrativo: mantener actualizada la información sobre la ocupación, tenencia y valores de la tierra urbana para controlar el derecho al uso del suelo urbanizado a fin de que se cumplan los patrones de crecimiento urbano establecidos en el Plan Urbano de Desarrollo Local.

d) Fiscal: permitir el establecimiento de criterios de renta urbana que ayuden a la fijación de tasas

**FIGURA 3**

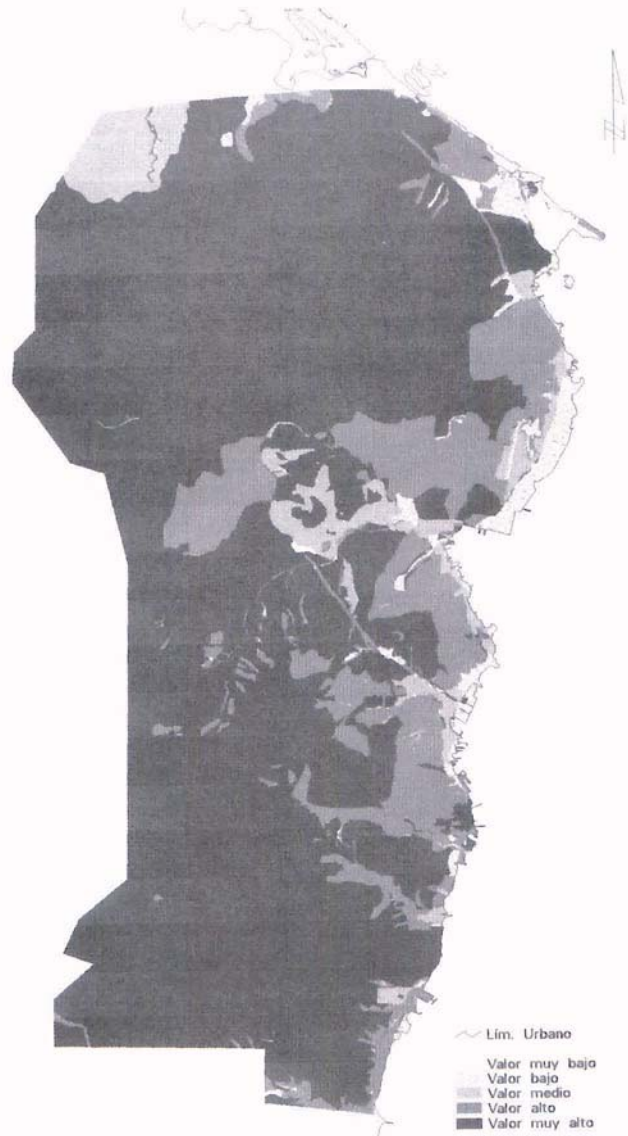
**MODELO DE RECREACIÓN**





**FIGURA 4**

**MODELO DE  
URBANIZACIÓN**



fiscales para el control del uso y los derechos de corporación de la población y de las empresas a los servicios urbanos.

Por otra parte, desde el punto de vista de la implementación del sistema dentro de los organismos oficiales, como una herramienta asistente en el proceso de planificación urbana, se pueden arrojar las siguientes conclusiones:

- Los organismos encargados de la ejecución del plan deben contar con un personal entrenado en la técnica de los Sistemas de Información Geográfica antes de desarrollarlo, de manera que exista una continua retroalimentación entre los que construyen el banco de datos y los futuros usuarios, para garantizar una eficiente implementación.

- Las instituciones públicas deben estar dispuestas a incorporar dentro de sus estructuras organizativas los cambios necesarios para implementar las herramientas de la informática como apoyo en sus actividades de gestión urbana.

- Los cambios de política dentro de los organismos ejecutantes no deben afectar la implementación del sistema desarrollado, ya que se trata de un banco de datos básicos del área de estudio que permite la realización de

análisis de acuerdo con los objetivos del usuario; por lo tanto, puede ofrecer respuestas acertadas independientemente de la política a seguir.

## REFERENCIAS

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE ESRI (1990)  
"Understanding GIS". Redlands, USA.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE ESRI (1990)  
ESRI. "ARC/INFO Starter Kit". Redlands, USA.

IGARZÁBAL DE NISTAL, María (1994)  
"Aportes de la informática al planeamiento urbano y territorial". Centro de Información Metropolitana. CIM. Serie Difusión 2. El aporte de la informática en la arquitectura, el diseño y el urbanismo. Dirección de Investigaciones. Secretaría de Investigación y Postgrado. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires, pp. 71-86.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE ARQUITECTURA Y SISTEMAS AMBIENTALES (ISA) (1993)  
"Plan de Desarrollo Urbano Local de Maracaibo. PDUL. Sistema de Información". Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia.

MARTÍNEZ, María (1995)  
"Introducción a los sistemas de información". Papel de trabajo. Instituto de Investigaciones, ISA. Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia.

MÉNDEZ, Flor (1985)  
"Localización de servicios urbanos en dos ciudades zulianas: Maracaibo y Ciudad Guasare". Instituto de Investigaciones, ISA. Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia.

MÉNDEZ, Flor (1990)

"Programas de computación para localización de actividades". Instituto de Investigaciones, ISA. Facultad de Arquitectura. Universidad del Zulia.

OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. OCEI (1990)  
*XII Censo de Población y Vivienda, registro de estructuras. Información censal. Cuestionario básico y aplicado.*

OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. OCEI (1992)  
*Proyección de la Población de Venezuela. Entidades Federales y Municipios, 32 pp.*