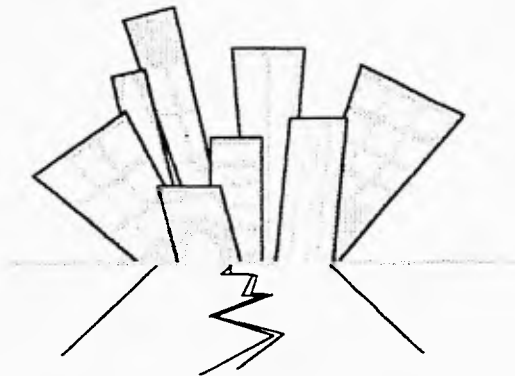


3
2EJ



TESIS

VULNERABILIDAD EN CIUDADES
UNA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA AL URBANISMO



QUE PARA OBTENER EL TITULO DE URBANISTA PRESENTAN:

MARÍA DEL SOCORRO PÉREZ RINCÓN FERNANDEZ

JOSÉ MANUEL MARCELO PEDRO ALBERTO ZEVALLOS RÉ

NOVIEMBRE 96

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*A Ma. del Socorro Yañez Cervantes y
Enrique Pérez Rincón Yañez
con todo mi amor.
A J. N.*

A los soñadores que luchan por una ciudad mas humana.

María del Socorro Pérez Rincón Fernández

A ti.

José Manuel Marcelo Pedro Alberto Zevallos Ré.

RECONOCIMIENTOS :

Para la realización de este trabajo contamos con la colaboración y asesoría de numerosos especialistas.

Queremos manifestar un muy especial reconocimiento a **todos nuestros profesores** y en especial, por el apoyo para la realización de este trabajo, al M. en Planif. Sergio Flores Peña, al Ing. Cesar Hernández, al M. en Arq. Fernando Islas, a la M. en Arq. Cecilia Martínez y a la M. en Soc. Virginia Lahera.

Esta tesis obtuvo el apoyo del "Programa de becas para tesis de licenciatura en proyectos de investigación" de **Fundación UNAM** del que recibimos importante ayuda.

A los compañeros que nos prestaron especial ayuda, entre ellos a Juan Carlos Ramírez V y Joaquín Nucamendi.

A **nuestra Universidad.**

*A todos ellos
muchas gracias.*

COMITÉ EVALUADOR DE FUNDACIÓN UNAM

PRESENTE:

La presente tesis de licenciatura obtuvo el apoyo del “Programa de becas para tesis de licenciatura en proyectos de investigación” que otorga Fundación UNAM durante dos periodos del año de 1995.

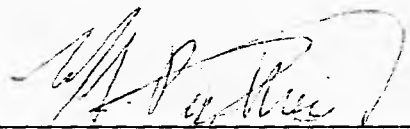
Los que suscriben la carta, quieren con este trabajo agradecer la ayuda obtenida por parte de sus patrocinadores, así como concluir el compromiso contraído con la misma Fundación al cumplir con lo estipulado en las bases del citado programa llevando a buen término y entregando un ejemplar de dicha tesis a este comité evaluador.

También queremos reiterar ahora nuestro compromiso universitario de seguir realizando nuestro trabajo con excelencia para orgullo y bien de nuestra casa de estudios

Atentamente :

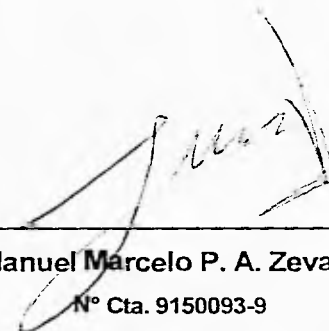
“Por mi raza hablará el espíritu”

C. U., Noviembre de 1996.



Ma. del Socorro Pérez Rincón Fernández.

N° Cta. 8831951-9



José Manuel Marcelo P. A. Zevallos Ré.

N° Cta. 9150093-9

e-mail jmzr@servidor.unam.mx

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. OBJETIVOS	10
2. VULNERABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS URBANOS	12
2.1. SISTEMAS URBANOS	12
2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DESASTRE	17
2.3. IMPORTANCIA DEL ENFOQUE CALLE-TRAMO	23
3. TEORÍA DE CONTROL APLICADA A LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS	26
3.1. EL CONTROL Y LOS DESASTRES	27
3.2. TEORÍA DEL CONTROL EN EL MARCO DE LA VULNERABILIDAD	29
3.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO INSTRUMENTOS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES	35
4. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE MAPEO DE VULNERABILIDAD	39
4.1. PLANEACIÓN	40
4.1.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES PARA MEDIR VULNERABILIDAD	41
4.1.2. CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES	42
4.1.3. DETERMINACIÓN DE SALIDAS	44
4.1.4. CUANTIFICACIÓN DE INDICADORES EN LOS SISTEMAS SELECCIONADOS	45
4.1.5. RECOLECCIÓN DE DATOS	62
4.2. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	65

VULNERABILIDAD EN CIUDADES.
UNA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

4.2.1. PROGRAMACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MANEJO DE DATOS	65
4.2.2. DISEÑO DE MAPAS Y TABLAS DE DECISIÓN	67
4.2.3. SELECCIÓN DE VISTAS EN ARC-VIEW	71
5. APLICACIÓN DEL SIAMAV EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO	72
5.1. CARGA DE INFORMACIÓN	74
5.2. RESULTADOS	74
5.3. DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES	76
6. CONCLUSIONES	78
7. BIBLIOGRAFÍA	82
8. ANEXOS	85

INDICE DE FIGURAS

fig. 1	Diagrama Causal elaborado en base al diagrama Maruyama
fig. 2	Conceptualización de los desastres
fig. 3	Relación Vulnerabilidad-Desastre
fig. 4	La calle
fig. 5	Diagrama de Control
fig. 6	Niveles de actuación en el control de desastres
fig. 7	Relación de una entidad gráfica con una base de datos
fig. 8	Estructura Metodológica
fig. 9	Niveles de servicio de un Sistema
fig.10	Sistema Vial
fig.11	Sistema de alcantarillado
fig.12	Sistema de uso de suelo
fig.13	Diagrama de manejo de datos
fig.14	Modulo de Captura
fig.15	Tabla de operaciones
fig.16	Selección de vistas en Arc-view

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha considerado que debido a la alteración ambiental provocada por el ser humano se han venido manifestando los llamados fenómenos globales (fenómenos que abarcan todo el globo terráqueo) que hacen más vulnerable a la Tierra y menos eficientes los mecanismos de *autorregulación* y regeneración de los soportes básicos de la vida. Esto, por supuesto, es consecuencia directa de la falta de políticas enfocadas a lograr el desarrollo sustentable del ser humano.

La aceleración de los cambios científico-tecnológicos y la desconsideración de los tiempos biológicos han desembocado en una vulnerabilidad creciente, no conocida en épocas anteriores. Otro componente de esta aceleración del tiempo histórico consiste en que los efectos que se producen no son percibidos de manera inmediata: son globales y de mediano y largo plazo, ejemplo de esto son los efectos indeseados de la industrialización y del crecimiento económico: la polución atmosférica y la pérdida de diversidad vegetal y animal entre otros. Bien podemos afirmar que en las condiciones actuales, mayor progreso significa mayor vulnerabilidad.

Cada día se hace más evidente que el estudio de los desastres constituye un tema prioritario para lograr un auténtico desarrollo, el cual no debe ser postergado. En la actualidad existen estudios acerca del tema de los desastres, sin embargo la mayoría de ellos enfocan el problema desde una perspectiva parcial, predominando el enfoque científico-natural, que consiste básicamente en el análisis del comportamiento y la producción de los fenómenos naturales, en muchos casos sin tomar en cuenta al sistema que afectan. Esta tesis pretende unirse a la corriente mundial de prevención de desastres, estudiando **el grado de vulnerabilidad de la población residente en un área urbana en relación con la infraestructura y actividades de la zona; es decir, aportando la muy particular visión del urbanista.**

El Urbanismo es la disciplina cuyo objeto de estudio es la creación, desarrollo y reforma de los asentamientos humanos; la visión contemporánea de esta disciplina nace como respuesta a los problemas generados por el acelerado crecimiento poblacional y su concentración. Su objetivo primordial es el bienestar social, por medio de la planeación y proyección urbanística, transformando el medio

ambiente en un espacio útil desde el punto de vista funcional, social, natural, económico, histórico y estético para lo cual debe considerar todos los factores que interactúan en el ámbito urbano.

La vulnerabilidad a riesgos de origen hidrometeorológico, geológico, sanitario, químico y organizativo (CENAPRED, 1991) en ambientes urbanos, como resultado de la dinámica organizacional de los asentamientos humanos, (actividades y densidad de la población) es también objeto de estudio para el urbanista, ya que el escenario de la mayoría de los grandes desastres son las ciudades y es también donde mayores estragos se causan.

La identificación oportuna y precisa de los sitios vulnerables, el diseño de metodologías que coadyuven a prevenir y controlar el efecto de los desastres de manera eficiente, y la instrumentación de elementos normativos y de diseño de los espacios, evitarían muchas pérdidas humanas y materiales en estos eventos. La prevención de desastres es pues un campo no solo propicio sino que reclama la intervención del urbanista.

Nuestro interés por realizar una tesis sobre el tema de los desastres, el riesgo y la vulnerabilidad en las ciudades, surgió a partir del estudio de los fenómenos globales antes mencionados; de la observación de los graves daños ocasionados por los acontecimientos

ocurridos en algunas de las principales concentraciones urbanas de nuestro país (como las explosiones de la Ciudad de México y Guadalajara ó los ocasionados por terremotos y ciclones); y, de nuestra experiencia en la realización del servicio social dentro de la Licenciatura en Urbanismo (LU) donde se llevan a cabo investigaciones sobre este tema.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha trabajado en los últimos años conjuntamente con el Departamento del Distrito Federal (DDF) en la elaboración de distintos proyectos referentes a la ciudad: levantamientos de elementos urbanos, equipamiento y elaboración de propuestas urbano-arquitectónicas, entre otros aspectos. A raíz de esas experiencias citadas, la Licenciatura en Urbanismo presentó una propuesta para elaborar una metodología de mapeo sistematizado, que ofreciera la posibilidad de actualizar con facilidad los programas de obras y servicios de la zona del perímetro "A" del Centro Histórico de la Ciudad de México. Adicionalmente se pretende que esta investigación permita implantar acciones para la detección específica de sitios de alta vulnerabilidad.

Dentro de este último propósito se inscribe la presente tesis, cuyo objetivo es desarrollar un **instrumento de apoyo a la toma de decisiones**, que permita obtener un diagnóstico de los niveles de **vulnerabilidad** de la

estructura de un sector urbano a escala de "calle-tramo". Se pretende para este fin utilizar el valioso apoyo de sistemas computacionales, específicamente, y por la importancia que cobrará en un futuro cercano como herramienta de auxilio a la planeación, se utiliza un **Sistema de Información Geográfico (GIS)**¹. Este tipo de sistemas tienen la ventaja de vincular información gráfica con bases de datos alfanuméricos, lo que permite hacer un análisis espacial de los mismos. De esta manera, con la información obtenida, sintetizada, sistematizada y manejable por computadora, se tendrán los elementos para la detección y mapeo de sitios de alta vulnerabilidad y por tanto, la posibilidad de la elaboración más certera de programas de protección y acción.

El supuesto básico de este trabajo es que: la vulnerabilidad urbana no está determinada exclusivamente por la magnitud del fenómeno natural en cuestión, sino igualmente por las características socio-espaciales del sistema urbano que definen su capacidad para resistirlo; esto es: la *capacidad de retorno* a su estado normal, la cual puede disminuir o incrementarse en función del comportamiento de los elementos constitutivos y las interrelaciones de dichos sistemas. Ésto es: la capacidad de resistencia y capacidad de respuesta ante la emergencia para la recuperación del sistema.

¹GIS, por sus siglas en inglés "Geographic Information System"

Recientemente otros autores e instituciones han manifestado su interés en el tema tratando de establecer metodologías de evaluación de vulnerabilidad; la mayor parte de ellos han sido tomados en cuenta para nuestro trabajo. El cuadro siguiente resume las características y productos de los trabajos de mayor relevancia:

**RELACIÓN DE TRABAJOS RECIENTES
SOBRE LA CONCEPTUALIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA VULNERABILIDAD.**

PROYECTO NOMBRE/AÑO	INSTITUCIÓN /AUTOR	PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS	ENFOQUE	REGIÓN GEOGRÁ FICA
Vulnerabilidad Urbana (1990)	Arq. Roberto Eibenchutz	Construcción de factores de vulnerabilidad para la estimación cuantitativa de riesgos en delegaciones y municipios, a partir del análisis de algunos componentes naturales y servicios urbanos.	Evalúa riesgos de tipo natural, y su implicación espacial a nivel regional.	Municipios y Delegaciones
Modelo para Estimar Riesgos Sísmicos. (1993)	CENAPRED	Utilización de un GIS para hacer simulaciones del riesgo sísmico por zonas homogéneas, tomando como criterio el tipo de suelo y la construcción.	Define zonas de riesgo por aspectos geofísicos.	D.F.
Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (en proceso)	COMECSO/ Dr. Fernando Pliego	Metodología de evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo en grandes regiones.	Evalúa vulnerabilidad desde una perspectiva sociológica.	—

El "Estudio de vulnerabilidad urbana" del Arq. Roberto Eibenchutz es uno de los primeros intentos en México por buscar el establecimiento de una metodología para identificar los componentes de la vulnerabilidad urbana en las delegaciones y municipios conurbados de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). En este caso, se presenta un procedimiento que se basa en una ponderación de factores naturales, físicos y sociales para clasificarlos después en cinco niveles de vulnerabilidad.

El "Modelo para estimar riesgo sísmico" realizado por especialistas del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) utiliza un Sistema de Información Geográfico para clasificar los distintos tipos de construcciones y de suelos de mayor a menor vulnerabilidad, para hacer simulaciones de riesgo sísmico en las construcciones de la Ciudad de México y su área conurbada.

Los estudios de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina de la cual

es miembro el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales (COMECOS), son investigaciones desde una perspectiva sociológica que intentan elaborar metodologías de evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo a nivel de grandes regiones.

A diferencia de estos trabajos que se ocupan de la escala metropolitana o regional principalmente, en esta tesis se pretende construir una metodología para ser aplicada a escala local, tomando como unidad básica de análisis la "calle-tramo". Se escogió esta unidad por ser la calle el lugar donde se manifiestan casi todos los procesos urbanos, ya que en éste se une la infraestructura y las actividades de una ciudad. Otra ventaja encontrada a esta escala de trabajo es que permite la localización detallada de las zonas de mayor vulnerabilidad, motivo por el cual se utiliza también un Sistema de Información Geográfico, por medio del cual se analizarán los patrones de funcionamiento de los sistemas urbanos de una zona. De esta manera se podrá identificar más oportuna y certeramente dónde y de qué manera actuar.

CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS

Esta tesis cuenta con los siguientes capítulos cuyo orden obedece a la fundamentación teórica y el esquema metodológico con el que se desarrolló el sistema de diagnóstico.

Capítulo 1, Introducción, antecedentes y objetivos.

En el capítulo 2, se analizan los conceptos básicos y el nivel de análisis del trabajo. Así, con base en el concepto de sistemas se definen los sistemas urbanos y se conceptualiza el fenómeno de desastres y de la vulnerabilidad. Finalmente se destaca la importancia del enfoque "calle-tramo" utilizando como unidad de estudio en este trabajo.

En el capítulo 3, a partir de la Teoría General de Sistemas se define el fenómeno de control y se explica su relación con el fenómeno de los desastres. Se analiza la importancia de la fase de diagnóstico en la prevención de desastres para la mitigación de la vulnerabilidad en áreas urbanas. Al final de este capítulo se define y explica la importancia que tendrán, como instrumento para la consecución del objetivo planteado, los Sistema de Información Geográfica.

En el capítulo 4, a partir de los anteriores enfoques teóricos se desarrollan : a) el diseño del sistema, en el cual se incluyen los pasos metodológicos para la definición de variables, la construcción de indicadores de evaluación, la determinación de la forma de reportar los resultados, la forma de cuantificación de las variables escogidas en cada uno de los sistemas seleccionados y la forma en que se recopilaron los datos de campo ; y b) la implantación del mismo en un Sistema de Información Geográfica a través de la programación de instrumentos, el diseño de mapas y tablas de decisión e instrumentos de visualización de resultados , creando finalmente el instrumento de identificación de vulnerabilidad : *el Sistema Automatizado de Mapeo de Vulnerabilidad (SIAMAV)*.

En el capítulo 5, se muestra la aplicación del sistema al área seleccionada para su prueba piloto en el Perímetro "A" del **Centro Histórico de la Ciudad de México**. Se muestra la información recopilada, los resultados obtenidos por tramo a través del SIAMAV y finalmente se emite el diagnóstico y algunas recomendaciones.

En el capítulo 6, se presentan las conclusiones y recomendaciones generales acerca de la evaluación de vulnerabilidad en ámbitos urbanos y de la

utilización de Sistemas de Información Geográfica como instrumentos de apoyo en la toma de decisiones.

1.1. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS

El objetivo general de esta tesis es:

- Desarrollar una metodología que contribuya a la detección objetiva de sitios de alta vulnerabilidad en ambientes urbanos para poder mitigarlos por medio de programas a nivel social (autogestión, conciencia cívica, protección civil, entre otros) y de administración pública (programas de mantenimiento, educación, etc.), considerando los distintos factores que interactúan en la realidad de un ámbito urbano (técnicos, económicos, jurídicos y sociales).
- Desarrollar un Sistema Automatizado de Mapeo de Vulnerabilidad (SIAMAV), que sirva como un instrumento que permita a la identificación más precisa de vulnerabilidad en áreas urbanas locales con el fin de determinar las medidas a tomar para actuar preventivamente o en los casos de ocurrencia de algún desastre, para atender certera y oportunamente a dichas zonas.

Para la consecución de estos objetivos hemos planteado los siguientes supuestos:

- * La complejidad de los sistemas urbanos (drenaje, vialidad, uso de suelo entre los más importantes) es cada día mucho mayor, no solo por su creciente extensión o tamaño de la población a la que sirven, sino también, por la propia complejidad de sus sub-sistemas de operación, lo cual en muchos casos retrasa la capacidad de los sistemas para regresar a su estado normal en caso de ser perturbados. Por otro lado, la capacidad de retorno a su estado normal define inversamente el grado de vulnerabilidad de un sistema. De esta consideración se desprende un planteamiento angular de nuestra reflexión:

se tiene una catástrofe cuando los efectos de un fenómeno natural o no natural han rebasado la capacidad de regulación del sistema urbano afectado.

- × Las acciones improvisadas en la atención y prevención de desastres suele ser producto de un conocimiento parcial y fragmentado de la realidad, lo cual cancela la posibilidad de dar una respuesta efectiva en los casos de desastres, por tanto, el diseño de un instrumento que contribuya a la identificación y estimación de vulnerabilidad de los sistemas urbanos, dará la posibilidad de realizar programas de acción y protección civil mas acordes a la realidad.

2. VULNERABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS URBANOS

En los últimos tiempos se ha documentado la tendencia permanente en el aumento de los desastres en general, y de los tecnológicos y ecológicos, en particular. Esto se debe, en gran medida, a la notable vulnerabilidad de las grandes urbes, producto de la complejidad y fragilidad de los **sistemas urbanos** que la componen, lo que a su vez trae como consecuencia una reducción en la eficiencia de sus procesos de regulación y control.

Numerosos desastres han sucedido en zonas urbanas mexicanas con notables efectos sociales y ambientales, pero, en todos los casos, parece ser que lo que explica la magnitud de la catástrofe no es

solamente la calamidad que le dio origen, sino que los sistemas urbanos de la región han ido incrementando su vulnerabilidad frente a la incidencia de fenómenos naturales. Su recurrencia ha determinado efectos cada vez más graves; es decir, las características del medio construido determinan el efecto final del fenómeno natural: construcciones poco resistentes y de mala calidad aumentan los daños en un terremoto; presencia de asentamientos en cauces secos aumentan el número de víctimas en crecidas extraordinarias; deficiencias en el mantenimiento de la infraestructura incrementan la susceptibilidad a inundaciones entre otros.

2.1. SISTEMAS URBANOS

Se le llama sistema a un conjunto de elementos interconexos que forman una integridad; un todo que produce como resultado un comportamiento, compuesto de elementos e interacciones de actividades relacionadas unas con otras a través de las cuales se cumple una función o propósito general (Von Bertalanffy, 1976).

Para entender la vulnerabilidad y el conflicto que produce en la ciudad ó sistema afectable (SA), profundizaremos en la definición de su función y conducta a partir del análisis de su estructuración interna. Esta estructura, compuesta por subsistemas urbanos, tiene gran importancia por su influencia

sobre el costo económico-social, funcionamiento y productividad de los asentamientos humanos, la vitalidad y seguridad de los distritos urbanos; y por influir decisivamente en el riesgo mayor o menor que tengan éstos ante **emergencias urbanas**. La descripción de su comportamiento nos ayudará posteriormente a plantear un instrumento que facilite la toma de decisiones y la instrumentación de políticas urbanas eficaces (restricciones al uso, políticas de redensificación, etc.).

La estructura urbana de los centros de población se conforma por los espacios adaptados para alojar las actividades de habitar, trabajar y recrearse, así como por las redes por las que fluyen las comunicaciones de seres vivos, energía y objetos (Lynch y Rodwin, 1958). Estos elementos que se relacionan entre sí, son llamados **sistemas urbanos**, y se inscriben en un contexto natural con el que guardan relaciones de mutua influencia.

Un sistema urbano es una compleja red de relaciones y retroalimentaciones positivas y negativas, fuerzas que se generan en el interior de cada sistema y que determinan su evolución en el tiempo. Dentro de los sistemas se realizan una serie de interacciones entre sus elementos constituyentes generando un comportamiento dinámico del mismo (Forrester, 1969). El análisis de estas interacciones elementales explican en conjunto el comportamiento global del sistema.

El análisis de los componentes urbanos tomados aisladamente no arroja ninguna luz con respecto al comportamiento global de la ciudad debido a la importancia que juegan las interacciones entre estos sistemas. Es por esta razón que muchos fracasos y frustraciones en la implantación de políticas urbanas se deben a no considerar estas relaciones y ciclos de retroalimentación entre sistemas que presentan procesos no lineales, por lo tanto, algunas decisiones y políticas basadas en información parcial de la realidad y en expectativas intuitivas de lo que se debería esperar como comportamiento resultante del sistema urbano, suelen empeorar las condiciones del mismo en vez de mejorarlo.

Los gobiernos de las ciudades suministran estos servicios tangibles e intangibles con el propósito de lograr ciertos objetivos socialmente deseables. Estos bienes sociales se caracterizan por su conjunción o consumo conjunto (Werner Z., 1977), y se definen también como la infraestructura de producción y distribución de recursos, destinados a satisfacer necesidades generales vitales de la población.

Entre los más importantes sistemas que integran la ciudad se encuentran:

- usos de suelo (actividades urbanas)
- agua potable
- drenaje

- transporte
- vialidad
- electrificación
- comunicación

Los espacios adaptados responden a las actividades que predominan en un momento dado. Sin embargo, una vez creados, condicionan hasta cierto punto las actividades que se pueden realizar en ellos, cuando se habla de uso de suelo, la referencia es a las actividades que en ellos se llevan a cabo, más que a los espacios adaptados para alojarlas.

Algo semejante ocurre con las comunicaciones y las redes. Estas últimas se crean para permitir el movimiento, aunque una vez consolidadas tienen condiciones de capacidad o tipo de flujo que es difícil transformar, por ejemplo si bien una calle estrecha del centro histórico puede permitir el paso de vehículos muy diferentes a los que motivaron su construcción:

Ya que los sistemas urbanos están referidos a "la infraestructura que posibilita los flujos de insumos, energía y desechos asociados a las actividades económicas y residenciales locales" (Lynch, 1960) a menudo es difícil estimar las funciones de demanda para muchos servicios públicos urbanos además de ser este proceso tortuoso e insatisfactorio dada su complejidad.

existen importantes limitaciones para su adecuación (García C, 1991).

Las comunicaciones se generan para vincular actividades diferentes, por lo que es obvio suponer que las actividades más importantes se den entre la vivienda y el trabajo o la escuela, y por la otra, las redes viales, de alcantarillado, agua y electricidad constituyen la infraestructura, la trama fundamental que permite que la ciudad crezca y se desarrolle.

A diferencia de los elementos físico-espaciales de la estructura urbana (espacios adaptados y redes) que tienen normalmente una gran permanencia, las actividades y las comunicaciones tienden a cambiar rápidamente. En estas circunstancias se presenta necesariamente un proceso de adecuaciones mutuas, en donde por un lado, muchas actividades se tienen que adaptar a espacios que no fueron diseñados específicamente para sus requerimientos.

Por lo anterior podemos concluir que las ciudades se definen como complejos conglomerados de actividades o sistemas, que a medida que aumentan su tamaño físico se diversifican e intensifican sus actividades en un ciclo de retroalimentación que llega a nuestros días con efectos alarmantes y aparentemente inmanejables, por esta razón la protección de los asentamientos humanos frente a los desastres ha cobrado especial relevancia en las últimas décadas debido a la notable tendencia de crecimiento tanto en magnitud como en frecuencia de

los daños asociados a los desastres. Esta tendencia es usualmente explicada por dos factores

fundamentales:

- La concentración de población (aumento de densidad);
- El aumento en la complejidad de las relaciones entre los sistemas urbanos,

Estos dos factores combinados provocan una mayor vulnerabilidad ante la acción de cualquier fenómeno perturbador, aumentando la posibilidad de que suceda un desastre. Es importante destacar que nuestra atención, no solo se debe centrar en la posibilidad de ocurrencia de este último estado de daño, sino que, es de vital importancia la consideración del estado insuficiente de un sistema, provocado por el conflicto entre sus componentes o con otros sistemas. Es decir, anticipar el estado de desastre.

Como podemos observar en el esquema el equilibrio de los sistemas es una condición donde un ciclo positivo es contrarrestado por uno negativo, determinando un balance. En una condición de conflicto existe un desequilibrio dinámico entre estos ciclos, presentándose un crecimiento explosivo de alguna de alguna de las variables (Aracil J, 1983).

En el modelo de desarrollo urbano en el que se encuentra inserto actualmente México, a medida que la población se concentra en la ciudad, demanda mayor cantidad de servicios que no es posible cubrir

al mismo ritmo, este desequilibrado crecimiento muchas veces en zonas ya consolidadas o con

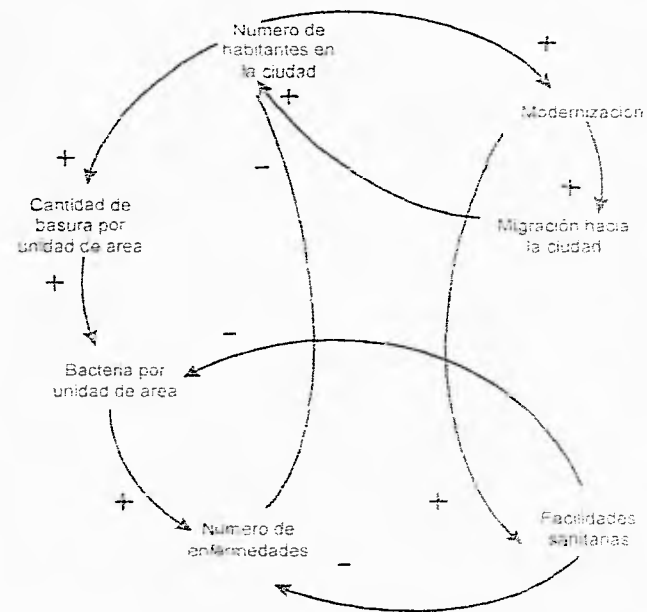


Fig. 2 Diagrama Causal
(Richardson, 1991)

características no aptas para el crecimiento, ocasiona una saturación de los sistemas urbanos, provocando los consabidos y cada vez más graves problemas de embotellamientos o inundaciones, por citar solo algunos ejemplos.

Los conflictos entre sistemas son evidentes, la concentración desproporcionada de población en diferentes sectores de la ciudad acarrea problemas para el conjunto, un análisis minucioso de la estructura urbana de la ciudad nos revela principalmente tres patrones de comportamiento donde pueden existir conflictos: a) corredores urbanos donde la actividad se concentra densamente y cuya infraestructura es insuficiente; b) zonas subutilizadas con infraestructura consolidada; y, c) áreas urbanas en la periferia de la ciudad carentes o escasas de servicios. Estos patrones urbanos, son producto de intrincadas tendencias de localización del mercado y procesos político-sociales los cuales provocan desequilibrios tanto en el funcionamiento conjunto de la ciudad como en el gasto público para su mantenimiento, seguridad y desarrollo.

La ciudad es un sistema grande y entretelado que como mencionamos, da habitación y transporte a sus habitantes, moviliza y almacena bienes y servicios; y se deshace de sus flujos de desperdicios; muchas de sus características son el producto de estas interrelaciones, en muchos aspectos la parte física de la ciudad se puede describir como un inmensa

maquina que crece no por diseño, sino más bien por adición de funciones y complejidad de las mismas, a diferencia de las máquinas más pequeñas, cuyas vidas se conocen y planean antes de tomar la decisión de construirlas (Werner, 1977).

Como resultado de esto, la gran ciudad es un constante estado de azar, de construcción parcial y de desequilibrio. Las zonas deterioradas y los barrios bajos son característicos de este proceso, en contraste con elegantes zonas residenciales y comerciales. Estos desequilibrios y fricciones producen costos sociales altos en términos de ruido, suciedad y congestión entre otros.

La regulación de la utilización del suelo, cobra especial importancia en este sentido, como instrumento de control para llevar a cabo ordenanzas de zonificación de la ciudad. Se entiende por **zonificación** la división del suelo en distritos que tiene regulaciones diferentes, dichas regulaciones se establecen para reducir la congestión en las calles; asegurar la seguridad frente a cualquier fenómeno perturbador (FP), fomentar la salud y el bienestar en general.

Prevenir la congestión vial; evitar concentraciones innecesarias de población; facilitar el suministro de los servicios públicos son algunas de las metas que tratan de alcanzar estos instrumentos para fomentar el uso más apropiado del suelo en las diferentes

demarcaciones de la ciudad; sin embargo, estos instrumentos se ven limitados a un conocimiento parcial de información, a un conocimiento generalizado de tendencias y limitaciones espaciales, solo algunas capas que componen la estructura urbana de una ciudad, por esta razón el ordenamiento basado en la aplicación de estos planes queda algunas veces limitado a un nivel muy generalizado de evaluación.

La determinación puntual de unidades espaciales en estado de insuficiencia o conflicto de un sector urbano debería ser parte de cualquier plan que busque el ordenamiento y crecimiento equilibrado, saber dónde tenemos problemas y dónde los tendremos en un futuro cercano nos ayudará a canalizar eficientemente los recursos y proponer normas acordes a la realidad.

En el estado de insuficiencia el nivel óptimo de servicio que proporciona el sistema se ve alterado, ya que existen límites de equilibrio en la estructura interna del mismo, que cuando son rebasados provocan un conflicto por la saturación de la

capacidad del mismo. El nivel capaz de provocar una situación de conflicto es llamado umbral absoluto y establece una frontera entre los niveles de funcionamiento normal y los forzados.

La manera de evaluar la vulnerabilidad de los sistemas urbanos estará basada en estos umbrales, los cuales serán tocados con mayor profundidad en el capítulo tres, donde definiremos diferentes niveles de servicio, en función de las propiedades cuantitativas de cada sistema a partir de normas y parámetros establecidos por diferentes disciplinas.

Las actividades que se realizan en las edificaciones que se alojan en las manzanas, el transporte y la red vial con toda la infraestructura que contienen las calles constituyen la estructura urbana de una ciudad. Mientras mas congruencia y relación exista entre estos elementos, menor número de conflictos tendrá la ciudad y su desarrollo será de una mayor calidad y menor vulnerabilidad.

2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DESASTRE

Para ser capaces de proponer soluciones acordes a un problema como el planteado anteriormente, es de vital importancia comprender las relaciones que producen la vulnerabilidad en una ciudad. Los

desastres y conflictos en áreas urbanas son el resultado de un fenómeno complejo, cuya comprensión representa la clave de cualquier posible solución. En los siguientes párrafos haremos un análisis detallado de lo que se considera como

"fenómeno desastre", construcción teórica que servirá de base a la justificación y desarrollo de esta tesis.

Se entiende por **desastre** a "ciertos daños graves de un sistema" (Gelman O, 1991), los cuales le impiden llevar a cabo el propósito para el cual fue diseñado. En la conceptualización de este fenómeno se distinguen dos conceptos fundamentales: la producción y las consecuencias. En el primero se encuentra cualquier estímulo externo que pueda producir una perturbación, denominadas también calamidades. La calamidad se entiende como el

suceso destructivo (natural o artificial) que desestabiliza a un **sistema expuesto**; un sistema expuesto podrá ser cualquier elemento artificialmente construido. (Ver fig. 1)

Las consecuencias se refieren a los estados de daño que pueda provocar el fenómeno destructivo, estas alteraciones irán de un estado normal a uno de desastre, el grado de alteración dependerá de las condiciones internas o **vulnerabilidad** del sistema mismo.

ESTADOS DE UN SISTEMA EXPUESTO

NORMAL	El sistema cumple normalmente con la función para la que fue diseñado.
INSUFICIENTE	Comienza a dejar de cumplir con su función o cumple de manera parcial.
DESASTRE	Deja de cumplir con la función para la cual fue diseñado. Ha sido rebasada su capacidad de retorno.

Dicho de otra manera, el **sistema expuesto o afectable (SA)**, integrado por la sociedad y la ciudad (a su vez integrada por los componentes que necesita para su subsistencia), son los elementos que pueden sufrir un daño catalogado como desastroso ante estímulos externos. Estos últimos se denominan **fenómenos de perturbación (FP)**, capaces de producir derrumbes, explosiones, inundaciones, disturbios sociales, etc.

En este sentido, un desastre se considera como un evento en el cual la sociedad o una parte de ella sufre severos daños, de gran magnitud y extensión, e incurre en pérdidas para sus miembros, de tal manera que su estructura física y social se desajusta, impidiendo la realización de sus actividades esenciales, afectando su funcionamiento y operación

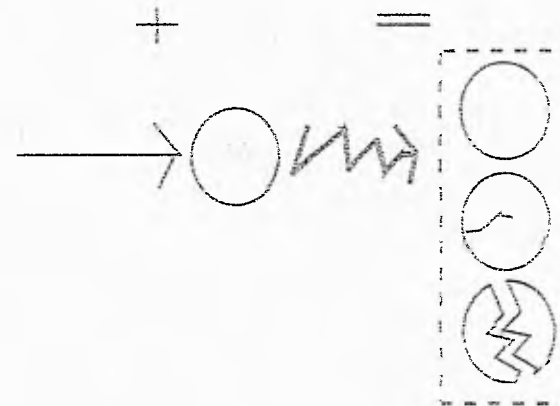


fig 2 Conceptualización de los desastres normal y perjudicando crucialmente su capacidad de afrontar y combatir la situación de emergencia.

Siempre existe el riesgo² de que suceda un desastre, una posibilidad de disfunción o desequilibrio del sistema, pero esta posibilidad aumenta o disminuye un función de las condiciones de estabilidad interna del mismo.

Hasta ahora hemos hablado esencialmente de la producción y las consecuencias, lo cual establece un primer acercamiento al problema de los desastres, pero como mencionamos anteriormente, el estado de daño depende principalmente de la vulnerabilidad del sistema, la cual esta determinada por una situación de conflicto que se establece de la interacción de un medio físico-social **vulnerable** y los cambios extraordinarios del medio, generados tanto por la naturaleza como por la actividad humana (Aguilar y Sánchez, 1993).

La vulnerabilidad se entiende como la fragilidad o debilidad de un sistema, la cual es resultado de una interacción conflictiva entre sus componentes lo que origina el desequilibrio de sus funciones. Cuando un

²Los riesgos son clasificados según el Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (CENAPRED) en 5 principales tipos de acuerdo a su origen: a) hidro-meteorológicos, b) químicos, c) sanitarios, d) de origen geológico; y, e) socio-organizativos. (CENAPRED. *Atlas nacional de riesgos*. México, Sría. de Gobernación. 1991. p.115.)

sistema se encuentra en este estado, el riesgo de que suceda un desastre es mayor, ya que la inestabilidad interna del SA aumentará la magnitud del impacto de un FP, o si bien, este estado no produce una condición catastrófica, entendida como un desequilibrio total, si se presenta una situación inadecuada para el cumplimiento óptimo de las funciones del sistema.

Nuestra investigación se enfoca a la susceptibilidad de los sistemas al daño o al conflicto. Por esta razón es importante tomar en cuenta que dicha vulnerabilidad esta relacionada directamente con la confiabilidad de funcionamiento de un sistema, esto es, el sistema mas vulnerable tiene su funcionamiento con menos grado de confiabilidad y viceversa, existiendo una estrecha relación entre el nivel de daño y la intensidad del impacto (Gelman O., 1992).

El conflicto es una situación que se provoca cuando el propósito u objetivo de un componente de la ciudad compite por los recursos de otro y su comportamiento se vuelve incompatible o contradictorio. Los objetivos de los componentes son mutuamente excluyentes cuando el acto necesario para realizar uno automáticamente le impide alcanzar el otro.

Bajo ciertas condiciones, las tendencias o funciones de un sistema entran en conflicto, en esta situación las tendencias no se pueden ocupar de si mismas, porque una tira en dirección de la otra y la otra lo hace en la dirección opuesta. En este tipo de circunstancias, el

medio ambiente necesita de un monitoreo constante, para evaluar y controlar su funcionamiento: "debe ser reestructurado de manera tal que las tendencias ya no estén en conflicto".

Las tendencias en conflicto a menudo pueden estar escondidas, éste es un proceso difícil que requiere una búsqueda exhaustiva de situaciones problemáticas.

Lo anterior se resume en las siguientes premisas:

A mayor vulnerabilidad de un sistema afectable, mayor posibilidad de desastre.

A menor vulnerabilidad, menor posibilidad de desastre.

En este fenómeno se pueden dar, tres tipos de retroalimentaciones, que es el efecto de respuesta a un FP (Gelman O, 1991).

a) La primera, se puede agravar o disminuir un desastre, esto es, cuando la posibilidad de ocurrencia y las características de una calamidad puede verse modificada –favorecida o inhibida– por la acción de otras: por ejemplo, un incendio forestal, contemplado como fenómeno destructivo, puede crecer rápidamente por la acción del viento, mientras que la presencia de la lluvia puede apagarlo y disminuir los efectos desastrosos debido a que

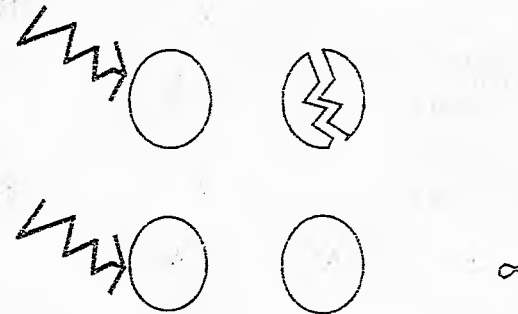


fig. 3 Relación Vulnerabilidad-Desastre

las calamidades se encuentran interrelacionadas entre sí en el proceso de su producción.

b) Asimismo, otra importante relación donde el estado del SA puede activar o reprimir la producción de calamidades es por ejemplo, las plagas ocasionadas debido a las malas condiciones sanitarias o, en caso contrario, la prevención de inundaciones a través de la anticipada y oportuna construcción de las obras de retención, tales como diques o presas.

c) Finalmente, el SA también puede influir sobre su propio comportamiento y estado, de tal manera que se agrava o disminuye el desastre, o se abandona o fortalece el estado normal; así, por ejemplo, la interrupción del servicio eléctrico frecuentemente implica la suspensión del abasto del agua potable.

De lo anterior podemos concluir que los FP's son factores que no podemos controlar, de manera que nuestra intervención en la prevención y control de los desastres se debe centrar en el mantenimiento y control del SA,

La relación **SA-SA** ejemplificada en la retroalimentación c), se caracteriza por la influencia que tienen los componentes del propio sistema afectable en la producción de un desastre o una

situación conflictiva, se convertirá en la base del desarrollo de nuestra metodología para evaluar vulnerabilidad, ya que nuestro interés se encuentra en la estructura interna de los sistemas o soportes físicos de una ciudad, determinada por la relación que existe entre el agregado de elementos o subsistemas funcionales que determinan el comportamiento de una ciudad.

La evaluación de la vulnerabilidad o capacidad de resistencia de un sistema ante la acción de un fenómeno perturbador, mediante la detección oportuna de fallas en su funcionamiento, nos ayudará a determinar programas urbanos para su mitigación o control reduciendo la posibilidad de un desastre o conflicto entre sistemas.

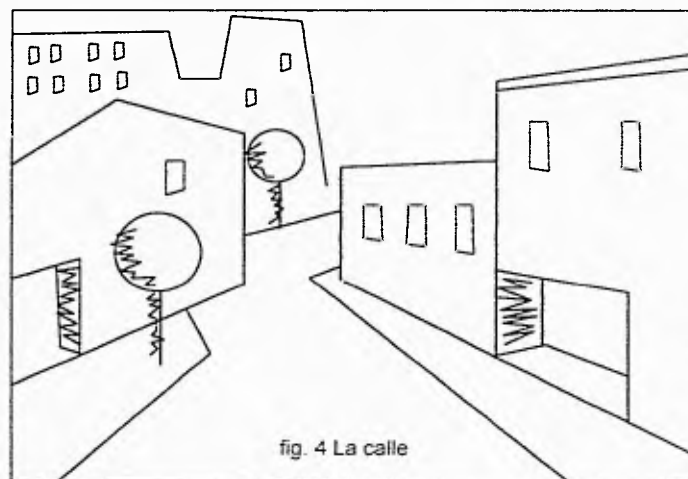
2.3. IMPORTANCIA DEL ENFOQUE CALLE-TRAMO

La **calle** es el resultado del crecimiento en superficie de una localidad, organiza la distribución de los terrenos y comunica cada uno de los lotes (Krier R., 1975). El tránsito es encausado por conducto de la calle, la cual se puede definir como una faja de tierra, de uso público, limitada por diversos predios; cuya fundación y razón de ser está intrínsecamente ligada a los usos que la contienen y determinan (García Ramos, 1974).

La calle implica movilización de insumos, objetos y personas por lo que se puede definir como el **sistema o unidad básica** en la vida colectiva de una ciudad. En este lugar se conjugan el movimiento vehicular, peatones e infraestructura, ya que en ella se alojan los servicios públicos subterráneos como son agua, drenaje energía eléctrica, teléfonos y gas; y, los usos de suelo que la circundan, sistema (conjunto de relaciones) cuya vulnerabilidad ha sido tangencialmente estudiada en materia de desastres.

Este sistema básico, esta compuesto por componentes fijos invariables (soportes físicos) y mutables (conjunto de relaciones entre personas y objetos), estos múltiples subconjuntos fijos, forman sus propios sistemas urbanos y como tales, pueden

ser considerados como unidades físicas significativas. Cualquier imagen que se tenga de la ciudad queda



definida precisamente por los subconjuntos que se consideran como unidades. No es solo una unión amorfa de elementos, sino que se establecen relaciones recíprocas, una cadena de hechos independientes con una fuerza que los mantiene agrupados convirtiéndolo en un sistema dinámico.

Christopher Alexander, en su libro "La Estructura del Medio Ambiente", pone como ejemplo de este fenómeno, la esquina de una calle, en donde los

componentes inmutables del sistema son la calle, el semáforo y un puesto de periódicos y las partes mutables son la gente que atraviesa la calle, compra periódicos y los autos que pasan. La relación recíproca entre estos elementos se manifiesta en un determinado comportamiento, un ciclo mayor de semáforo podrá influir positivamente en la compra de periódicos y negativamente en el flujo del tránsito vehicular.

Como ya hemos visto en la introducción, donde citamos algunos autores que también han tenido interés en el tema de evaluación de riesgo y/o vulnerabilidad, la mayoría de estos enfocan su estudio en unidades notablemente extensas, lo cual nos habla de una escala regional. Debido a que nuestro interés de estudio es de **carácter urbano local**, por la importancia que tiene la calle en el funcionamiento de una ciudad, en esta tesis se hace la evaluación de la vulnerabilidad a una escala mucho menor con el objetivo de poder analizar y detectar componentes muy específicos de la estructura urbana que nos puedan arrojar como resultado microzonas de alta vulnerabilidad, proporcionando criterios para instrumentar políticas urbanas y tomar medidas puntuales de prevención o corrección del comportamiento de los sistemas urbanos.

Las escalas regionales para el análisis de la vulnerabilidad y el riesgo urbano nos dan una percepción muy general de un problema que creemos

debe ser estudiado a mayor detalle, ya que la solución a este, pueden ser localizadas a una escala local, por esta razón la calle se constituye como uno de los elementos primordiales para nuestro estudio por ser un espacio en el que se desarrollan gran parte de las actividades urbanas. Podemos hablar de este, como la unidad de espacio donde se manifiestan todos los procesos urbanos, basta estudiar las trazas de nuestras ciudades para darnos cuenta que responden a una diversa cantidad de funciones y relaciones socio-espaciales, considerarlas como grandes zonas homogéneas tiene el peligro de perder detalles de gran relevancia, que en un momento dado puedan ser las que hacen vulnerable a la zona, ya que la estructura urbana puede llegar a ser diferente en una misma colonia y esto le da heterogeneidad y por ende complejidad a la ciudad.

Los enfoques generales se han reducido a la principal consideración de factores de carácter natural, tal es el caso de los estudios para predecir el efecto de sismos en construcciones, en este tipo de evaluación el factor principal es de índole geológica. Un estudio que analice las unidades básicas de la ciudad como son las calles, partiendo de la estructura que las conforma, aportaría un marco de referencia a cualquier estudio que analice los factores naturales y sociales para predecir los efectos de una calamidad. Dicho de otra manera, la mayoría de las investigaciones acerca de vulnerabilidad y desastres equivalen al estudio de las características del medio ambiente de una ciudad,

pero no de la ciudad misma, lo que se traducen a una consideración parcial para la prevención de riesgos. Indicadores de vulnerabilidad a nivel urbano en conjunto con estudios provenientes de otras áreas proporcionarían una visión más integral del problema de los desastres.

Las ventajas que proporciona un análisis calle-tramo son las siguientes:

- El diseño de una metodología general para determinar la vulnerabilidad de la calle como el sistema urbano básico en función a que posee una estructura urbana homogénea, lo que permitirá tipificar estos sistemas en base a las cualidades de su estructura urbana,
- Facilitaría hacer complementarias el enfoque científico natural en desastres y la visión urbana más orientada a la planificación y a la adaptación de espacios urbanos.
- Con base en la tipificación de situaciones de vulnerabilidad se podrán establecer parámetros de decisión.

- Tener un control detallado del nivel de servicio y componentes de un sector urbano.

La metodología propuesta aportaría :

- La definición y consideración de algunas variables que influyen de manera importante en la vulnerabilidad de la ciudad.
- Los criterios para definir el grado de vulnerabilidad en sistema urbano básico.
- El proceso para operacionalizar dichas variables. Esto es, los criterios y pasos necesarios para obtener a partir de estas, una serie de indicadores que proporcionen en primera instancia la información necesaria para determinar la vulnerabilidad, y segundo que pueda ser fácilmente manejada en un GIS.
- Un Sistema Automatizado de Mapeo de Vulnerabilidad (**SIAMAV**) con los procesos de captura, cálculo de indicadores, determinación de vulnerabilidad, consulta, generación de mapas y de tablas de decisión.

3. TEORÍA DE CONTROL APLICADA A LA REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS

Después de haber analizado el fenómeno desastre y la vulnerabilidad en la ciudad, proseguiremos con la integración de estos conceptos al llamado enfoque cibernético o de control, indispensable para alcanzar el objetivo primordial de la prevención de desastres, la regulación y control de un sistema ante la acción de cualquier fenómeno perturbador.

Las causas de vulnerabilidad ante las emergencias y los desastres en nuestras ciudades han sido estudiadas desde diferentes ópticas y enfoques; se está trabajando en programas de distinta índole que mejoren las condiciones estructurales, materiales y sociales de la vida en la ciudad, para hacerla menos vulnerable a las emergencias por desastres naturales y/o sociales.

Actualmente los estudiosos del movimiento de protección civil están orientados a la búsqueda de

instrumentos de vigilancia y control de las prácticas o sistemas que hacen más vulnerables a la estructura urbana ante las emergencias o afectan la naturaleza que las soporta, además de lograr que la conciencia del peligro se transforme en una forma de actuar oportunamente. Para alcanzar este objetivo, la ciudad debe combinar organización, información, investigación, opinión pública, y la proposición de planes y programas alternativos de acción y protección ante los desastres.

La planeación urbana, como forma de intervención en la organización espacial y como actividad científica interdisciplinaria, es un instrumento que puede orientar la transformación y optimización de las condiciones del espacio público, planteando soluciones que detecten y minimicen la vulnerabilidad de los componentes estructurales de una ciudad.

3.1. EL CONTROL Y LOS DESASTRES

En el caso de los desastres (naturales y artificiales), éstos irrumpen en la ciudad contemporánea mediante fenómenos que modifican drásticamente, de manera violenta, los bienes inmuebles e infraestructura, o sea, los “soportes físicos” que sirven para sustentar las actividades sociales. Ya se trate de un desastre originado por factores como una inundación, un huracán, un terremoto, o imputables a actos o errores humanos, siempre tiene la peculiaridad de aparecer primeramente en la escena como el resultado de una alteración abrupta, en los “soportes físicos” sobre los cuales y en los cuales se desarrolla la vida de los pobladores de la ciudad. Se presenta así como un daño inicial en los espacios fijos construidos: edificios, casas e infraestructura de los servicios colectivos para repercutir posteriormente, y de manera aún mas importante, en otros elementos del actuar social; es decir, el desastre tiene una perspectiva natural importante con repercusiones sociales que son aún mas importantes.

Sin embargo, los fenómenos naturales, por extraordinarios que sean, no son en sí mismos un desastre: un maremoto o un terremoto en una zona despoblada no genera ningún efecto social, y precipitaciones pluviales extraordinarias no acarrear por necesidad inundaciones en asentamientos humanos. Mas bien, el desastre es el resultado de la

conjunción de determinados fenómenos y la capacidad de los soportes físicos construidos por la sociedad para amortiguar sus efectos.

Esta importancia de los soportes físicos en la génesis de los desastres naturales y no naturales deriva precisamente de la peculiaridad que tienen estos soportes de configurar espacialmente el actuar social: lo ligan territorialmente a las fuerzas geológicas, meteorológicas y biológicas que enmarcan al ecosistema. En consecuencia, el destino de los sistemas sociales, y en particular de la ciudad, está ligado indisolublemente a la capacidad de control³ que la colectividad humana tiene sobre el ambiente natural a través de sus espacios socialmente construidos

La vulnerabilidad de los soportes físicos urbanos, esto es, sus posibilidades y límites para manejar y resistir fenómenos naturales, aparece así, como el resultado de la conjunción de dos procesos simultáneos:

- a) Por una parte, de las características de las fuerzas naturales: su magnitud y sus cualidades (por ejemplo, en un temblor su magnitud podría ser un número de grados en la escala de

³ Retorno al estado normal

Richter o Mercalli y sus cualidades, si el temblor es oscilatorio o trepidatorio).

- b) Por otra parte, depende importantemente del estado de los soportes físicos (por ejemplo, la calidad y el mantenimiento de las construcciones).

En esta perspectiva, los perjuicios sociales generados a partir de un desastre natural no dependen únicamente de la magnitud de un fenómeno perturbador desencadenante, sino de manera prioritaria del estado de la dinámica social (es decir, la capacidad de enfrentar una emergencia –grado de preparación, educación, cultura). Este estado puede referirse al desarrollo cultural, económico o político, que gira alrededor de los procesos de producción, circulación y consumo de los bienes inmuebles; es decir, la forma de construir, adquirir, administrar y mantener tanto los bienes inmuebles particulares como los de la ciudad, llámense equipamientos, calles o sistemas de alcantarillado. Entre otras cosas este último punto permite explicar la mayor vulnerabilidad de las regiones pobres y países del Tercer Mundo en relación con los del mundo industrializado.

Para lograr la disminución de los efectos de los desastres, existen dos principales corrientes:

- a) *Intervenir en el proceso de producción de las calamidades* para impedir o disminuir su ocurrencia (en los casos en que ésto sea posible, por ejemplo interviniendo en los elementos en los que los errores humanos llegan a desencadenar desastres).

- b) *Cambiar el estado y funcionamiento del sistema afectable* para disminuir las consecuencias del impacto desastroso.

Estas dos corrientes corresponden al objetivo de **prevención**; ambas contribuyen al objetivo general de reducción de la vulnerabilidad.

Sin embargo, dado que en ocasiones no se puede impedir completamente la ocurrencia de calamidades ni reducir substancialmente sus consecuencias, es necesario enfrentar y combatir la situación de emergencia que surge durante el desastre. En este caso, se busca salvar vidas y bienes, proporcionar seguridad, rehabilitar los servicios estratégicos e impedir la extensión del desastre, por mencionar algunas prioridades que constituyen el objetivo del **rescate** o **auxilio**. En la siguiente fase, llamada "retorno", con el eventual mejoramiento de la situación, se trata de reconstruir y mejorar el sistema afectado, planteando el objetivo de **recuperación**. Ambos se engloban en el objetivo general de restablecimiento.

Un sistema de control tiene que alcanzar todos estos objetivos, apoyándose en los datos e información acerca del estado actual del que constantemente debe estar proporcionando el sistema de información y elaborando pronósticos sobre su futuro comportamiento a través del monitoreo, previsión, planeación, toma de decisiones y ejecución de una multitud de diversas acciones, organizadas en el tiempo y el espacio, tanto antes como durante y

después del desastre. Debido a que el objetivo de esta tesis es plantear un instrumento que coadyuve al control de la vulnerabilidad de algunos sistemas urbanos, es importante entender los procesos que intervienen en el control de un fenómeno, ya que a partir de esta construcción teórica fundamentaremos el Sistema para Mapeo de Vulnerabilidad.

3.2. TEORÍA DEL CONTROL EN EL MARCO DE LA VULNERABILIDAD

La cibernética, como ciencia que estudia técnicas para afrontar problemas de comunicación y regulación de un sistema, es factible de ser aplicada en la fase de prevención y control de los desastres, objetivo principal de la protección civil, ya que el paradigma de esta ciencia nos proporciona las bases para conceptualizar los elementos que intervienen en cualquier proceso de control (Wiener N, 1948).

El fenómeno de control se define como **el proceso de intervención sobre un sistema con el fin de regular y encausar su comportamiento de funcionamiento.** Este proceso se da de manera cíclica y ascendente (en forma de espiral), en una retroalimentación continua, es decir, genera un ciclo de: "datos – generación de información – comparación de la misma – toma de decisiones – acción – generación de

nuevos datos ... " que se hace a cada instante. Este proceso se lleva a cabo tantas veces como la dinámica del sistema lo requiera. En el caso de la ciudad como sistema, para lograr corregir su funcionamiento, su regulación debe enmarcarse dentro de este proceso cíclico, ya que presupone un monitoreo constante y una corrección correspondiente de su funcionamiento.

Uno de los postulados del control dice que un sistema de regulación se optimiza cuando la diferencia entre el valor real de su acción afectiva y el valor ideal de su objetivo o nivel de actuación tiende a desaparecer (tiende a cero). En la realidad interactuante del sistema y su medio de desenvolvimiento no se presenta nunca un equilibrio perfecto ya que representaría el estaticismo del sistema y por lo tanto su desaparición como sistema dinámico, es decir la

muerte. Es importante, de hecho, hablar así, puesto que en los sistemas abiertos, como conjuntos interconectados, se producen desniveles y desequilibrios constantes que la regulación trata de compensar manteniéndolos en ciertos límites mínimos, es decir, un equilibrio dinámico.

El proceso de retroalimentación antes descrito implica una serie de componentes que trabajan en conjunto en una forma prescrita para alcanzar una meta específica (objetivo del sistema). Esta meta es la reducción o amplificación de los efectos de un cierto fenómeno. Lo más importante es asegurar la estabilidad y reducir la sensibilidad que el sistema puede tener ante perturbaciones externas; esto es, reducir la sensibilidad del sistema afectable o vulnerabilidad.

El esquema conceptual que da el control como proceso se define a partir de cuatro componentes o momentos y sus relaciones fundamentales de información se denominan señales de percepción y de error. Éstos son:

- **Sistema Fuente.** Éste es del cual se extraen los datos y al cual se quiere controlar o conducir, por eso es también llamado "sistema conducido". El principal responsable de cumplir con el papel que tiene el sistema en la misión del suprasistema, que consiste en proporcionar

productos, bienes o servicios (cumplir con la función para la cual ha sido diseñado). En nuestro caso, *la ciudad*, representada por la calle-tramo se considera como el sistema fuente; el papel de éste será proporcionar los satisfactores necesarios a la población por medio de los sistemas urbanos para conservar el bienestar de quienes en ella habitan. Estos sistemas, en determinado momento pueden ser interrumpidos por la acción de un fenómeno perturbador.

- **Comparador o decisor.** Se encarga de cotejar el valor de norma o valor ideal con el valor real, trazando el programa para la regulación del sistema fuente. El comparador, en términos generales, traza, realiza y controla la trayectoria de cambio del sistema conducido, por medio de la previsión y ejecución de un conjunto de actividades que garanticen el que éste compla con el objetivo marcado. A éste se le conoce como proceso de gestión. También es llamado decisor, pues es el organismo encargado de tomar decisiones sobre las acciones para corregir el comportamiento del sistema fuente; por tanto, en nuestro caso, en este lugar se encuentra localizado el organismo, sistema o persona encargado de tomar decisiones en materia de protección civil en la ciudad.

- **Detección o sensor.** Éste determina el correspondiente valor real, con base en la percepción y evaluación de la situación del sistema fuente.
- **Planeación y diseño de políticas / Ejecución.** En éste se encuentra la estructura de análisis y planeación del conjunto de actividades a realizar para corregir el rumbo del sistema fuente y hacer que éste cumpla con su objetivo. En la ejecución es donde se efectúa la rectificación o regulación del sistema. En la prevención de desastres, se podría decir que son todas aquellas medidas de mitigación y protección de la comunidad.
- * **Condiciones de referencia (Política o propósito).** Éstas son las condiciones requeridas al sistema a regular, dicho de otra manera el objetivo o rumbo determinado que debe conseguir o llevar el sistema. En el

caso de nuestro estudio se trata de minimizar la vulnerabilidad de las ciudades.

- * **Mapas e indicadores de vulnerabilidad / Diagnóstico.** El primero proporciona los elementos necesarios para saber del estado y tendencias del sistema conducido y de su entorno, así como las evaluaciones de las decisiones tomadas y realizadas. El segundo, proporciona información sobre las discrepancias entre las condiciones deseadas y las condiciones reales en un momento dado. Lo anterior permite retroalimentar el proceso (feedback), esto quiere decir que el sistema es regulado introduciendo resultados de su actividad anterior a manera de historial para llegar al objetivo o misión propuesta.

Los elementos de control en un sistema descritos se pueden interpretar así en el siguiente diagrama:

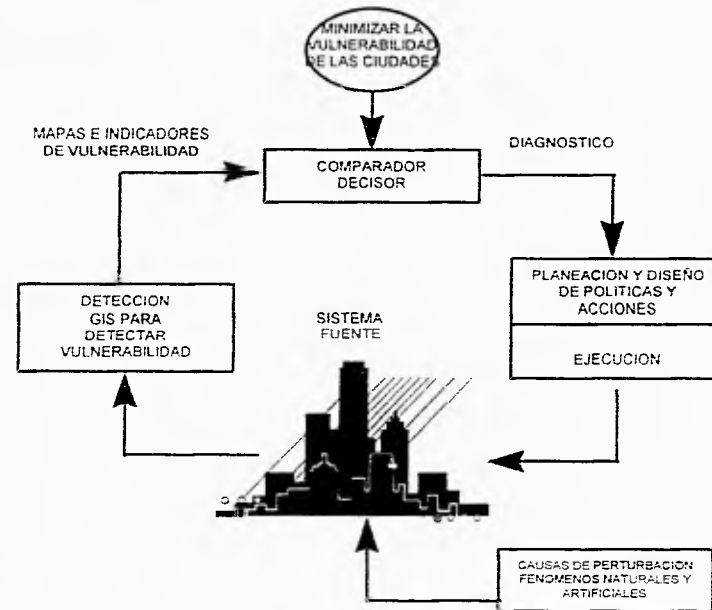


fig. 5 Diagrama de Control

Este esquema es aplicable a todas aquellas situaciones que requieran de la utilización de un principio de control. El concepto es aplicable en esta tesis, ya que tratamos un problema: los desastres asociados a la vulnerabilidad de las ciudades, fenómeno que queremos controlar analizando los sistemas físicos de ésta queremos llegar a proponer una técnica para evaluar su funcionamiento con base en la determinación de su capacidad, y por ende su vulnerabilidad. Ésta última será interpretada gráficamente mediante un Sistema de Información

Geográfico, lo que nos permitirá hacer un mapeo de rangos de vulnerabilidad por sistema analizado, tomado como unidad de estudio la calle-tramo.

Como podemos observar en el esquema, nuestra propuesta funcionará como un sensor para el diagnóstico y detección oportuna de disfunciones en los sistemas urbanos, lo cual dará, al comparar, los elementos para su corrección oportuna mediante propuestas derivadas a los resultados obtenidos

dando como respuesta propuestas mas acordes con la realidad.

ENFOQUE DE LA VULNERABILIDAD EN EL DISEÑO DE LA PROPUESTA

Existen distintos niveles de actuación en el campo de la protección civil relacionados con los momentos de un sistema antes, durante y después de la ocurrencia de una calamidad ; estos son : el mantenimiento, el salvamento y la recuperación o reconstrucción del sistema afectado.

Hasta el momento la mayor parte de los esfuerzos realizados en esta materia han dado por resultado la atención de los dos últimos estados. Las ventajas que proporciona el sistema propuesto por nosotros es la actuación previa (en el mantenimiento) sobre los elementos vulnerables del sistema fuente a través de la conservación de un estado de equilibrio ente los mismos. Vía la recolección y análisis de datos se detectarán áreas que proporcionarán las bases para reducir su vulnerabilidad a ciertos estándares. Al reforzar el nivel de análisis de mantenimiento obtenemos la oportunidad de integrar un sistema de prevención mas completo que abarca todos los momentos antes mencionados reduciendo la vulnerabilidad ya que estos pueden funcionar a manera de dispositivos de alert para el siguiente nivel. Esto es : cuando es rebasado el umbral del nivel normal en el mantenimiento darse una señal de alerta

al nivel de salvamento ; y, de la misma manera, para la recuperación debe actuarse al rebasar el límite del estado de salvamento.
(ver esquema)

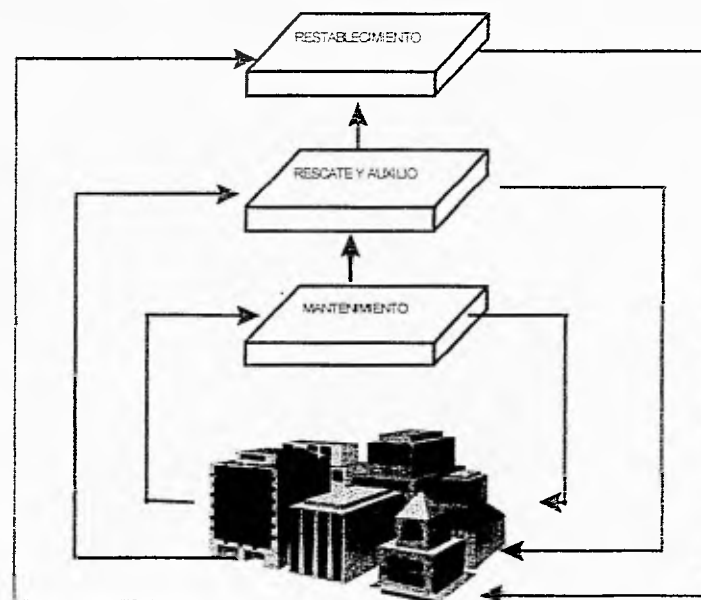


fig. 6 Niveles de actuación en el control de desastres

Existen dentro del análisis y estudio de los desastres conceptos importantes, los cuales definimos con base en el concepto de sistema:

Las calamidades, las cuales bien a bien no pueden ser consideradas como un sistema, a pesar de haber encontrado en nuestro análisis algunos autores⁴ que para su trabajo definen a ésta como sistema perturbador, nosotros más bien los consideramos como **fenómenos** que afectan al **sistema fuente** (al cual también los mismos autores dan en llamar "sistema afectable"). Estas calamidades son los fenómenos que se convierten, por tanto, para nuestro sistema fuente (la ciudad) en un riesgo. El riesgo como tal, no es algo que pueda ser medible o predecible científicamente, en el mejor de los casos se trata de la medición estadística de la frecuencia con que éstos fenómenos ocurren. Esto es evidente, en el caso de los fenómenos naturales, por ejemplo: la erupción de algún volcán, o el desbordamiento de un río, son difícilmente predecibles, y por tanto, es todavía mucho más difícil de prevenir, a través de medidas de mitigación.

Esta es la principal diferencia que el ver al fenómeno de riesgo como un conjunto de elementos que cooperan para un fin, es decir, un sistema, podría acarrearlos. En cambio verlo simplemente como un fenómeno perturbador, nos permite hacer la diferenciación substancial que ya hemos hecho. De lo anterior, podemos darnos cuenta que el estudio de los "riesgos", como tal, es más bien el estudio de los elementos, normalmente físicos o naturales y de la

forma en cada uno actúan o se comporta en su medio, a partir de esto se puede deducir alguna relación con el riesgo. Por tanto el estudio de los riesgos normalmente es materia de estudio de científicos naturales como geólogos, volcanólogos y otros especialistas.

Debido a que como Urbanistas nuestro interés está en las ciudades, y más que en ellas en los seres que las habitan, los ciudadanos, y dentro de esto en el objetivo de la prevención, la cual como hemos explicado no puede darse en el ámbito de los riesgos, sino en los desastres, nuestro interés se centrará en los desastres que se dan en las aglomeraciones urbanas, por lo que concentraremos el estudio en la **vulnerabilidad de los ámbitos urbanos**, es decir, medir el grado en que pueden ser afectados los sistemas físicos que interactúan en el macrosistema o sistema fuente de la ciudad, interrumpiendo el objetivo de ésta (la habitabilidad), por la acción de un fenómeno perturbador, sobre un medio físico no preparado adecuadamente.

Para poder corregir el funcionamiento del sistema fuente es necesario estudiar cuidadosamente una gran cantidad de variables. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica resultan ser una potente herramienta en la fase de diagnóstico y análisis de información, ya que cuentan con propiedades de almacenamiento de datos con una

⁴M.I Ovsei Gelman

integración gráfica de manejo simultáneo, lo cual nos permite una evaluación interactiva del problema.

3.3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO INSTRUMENTOS DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES

En los últimos años, los avances en la tecnología de la información han facilitado el procesamiento de grandes cantidades de datos, sin embargo, estos datos por si solos no son útiles, es necesario que el usuario tenga una forma fácil y eficiente de interpretarlos y analizarlos.

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS) nos permiten la visualización de fenómenos espaciales. En forma estricta visualizar es crear una representación visible de algo, ya sea un concepto, idea, o un grupo de datos que no nos es posible abarcar o alcanzar a ver por métodos comunes. Visualizar es representar de manera gráfica un fenómeno, ya sea estática (como por ejemplo, con una gráfica de barras) o dinámicamente, haciendo uso de medios artificiales para representar uno o más comportamientos. Dentro de nuestro medio existe una frase muy popular que justifica el uso de la visualización: "Una imagen vale más que mil palabras". La densidad de información por unidad de área es notablemente mayor en una imagen que en un texto.

Este tipo de sistemas nos permiten ver lo que no es posible ver a simple vista ya que es posible reconocer patrones de comportamiento de los datos, ver en una sola imagen o en una secuencia de imágenes una gran cantidad de datos y nos facilitan la comprensión de algunos conceptos, sobre todo de tipo abstracto. Por ejemplo, supongamos una serie de datos, obtenidos de un proceso de monitoreo urbano, al mostrarlos en un sistema de este tipo es posible distinguir algunas relaciones entre ellos, y hacer un mapeo de los valores que vemos y de esta manera observamos que siguen cierto patrón de comportamiento. Otra de sus ventajas, está en poder representar datos de varias dimensiones o variables, lográndose por algunos otros métodos de visualización o simulación a representar cuatro o más variables al mismo tiempo. La utilización de este tipo de funciones en estos sistemas nos permite el análisis y predicción de posibles comportamientos de los sistemas ante un fenómeno de desastre.

En el sentido mas amplio los Sistemas de Información Geográfica pueden ser cualquier manual o computadora basados en un grupo de procedimientos usados para almacenar y manipular datos geográficamente referenciados. Una definición mas específica para nuestro propósito diría que un Sistema de Información Geográfica es un sistema basado en el uso de procesadores que permiten el manejo de información georeferenciada con las siguientes 4 funciones: –entrada, –manejo de datos (entradas y salidas), –manipulación y análisis; y, –generación de reportes (Levin J., 1989).

Un Sistema de Información Geográfica es una poderosa herramienta para el manejo de datos estadísticos y espaciales. En un GIS los datos siempre son mantenidos en un formato digital por tanto la información es mantenida en un formato mucho mas compacto que el de planos, tablas y demás tipos convencionales de almacenamiento de información. Grandes cantidades de datos pueden ser traídas con rapidez y a bajos costos cuando están basados en sistemas computarizados. La habilidad de manipular datos espaciales con sus correspondientes atributos y la integración de estos distintos tipos de datos en un solo análisis a alta velocidad, se considera difícil de obtener a través de métodos manuales. La posibilidad de ejecutar análisis espaciales complejos que rápidamente nos permite obtener grandes ventajas tanto cuantitativa como cualitativamente. Planear escenarios, elaborar

modelos de decisión, detección de cambios y análisis, y otros tipos de análisis son actividades que pueden desarrollarse a través del refinamiento de análisis sucesivos debido al proceso repetitivo que se puede llegar a hacer cada vez que se enciende una computadora, debido a su rapidez y su relativo bajo costo, por esta razón son valiosas herramientas para la planeación y proyección urbanística que requieren de una constante toma de decisiones y previsión de los sucesos actuales y futuros así como el control de sus recursos espaciales.

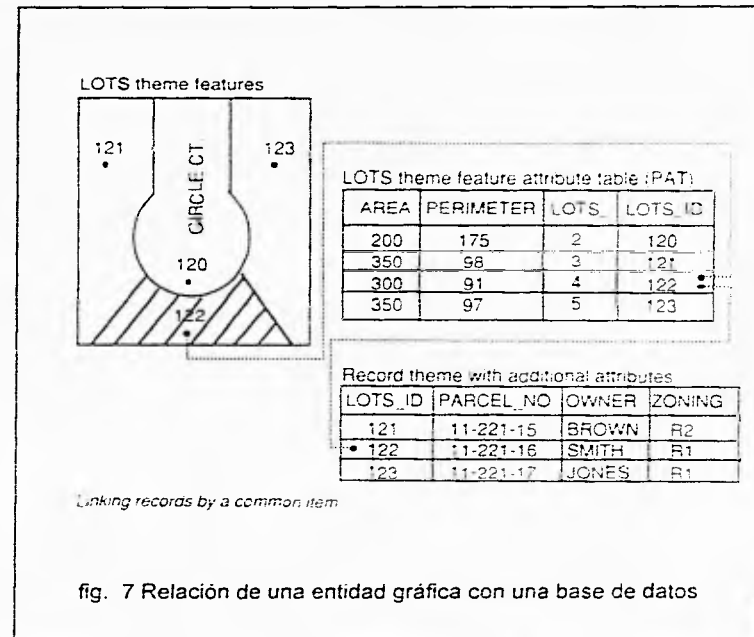
Esta es la principal capacidad de las computadoras basadas en un GIS que las distingue de un sistema orientado a gráficos como los sistemas CAD o CAM⁵. El análisis espacial complejo y múltiple, y el de conjuntos de datos no espaciales de una manera integrada es una de las principales ventajas de un sistema GIS. Esta es una función que no puede ser realizada efectivamente con métodos manuales o con sistemas CAD. Las capacidades de análisis espacial de un GIS junto con la habilidad de crear información georeferenciada nos permite usar estos sistemas en un contexto completamente diferente a lo anterior.

⁵Por sus siglas en ingles " Computer Aided Design & Drafting – Manufacturing "

Los GISs nos permiten integrar diversos procedimientos. Por ejemplo, procesos de manejo de datos como en de actualización, recolección de datos y verificación pueden ser integrados en vez de realizar operaciones compartimentalizadas y separadas. Al mismo tiempo que un cambio de registro de uso de suelo es incorporado en un GIS, el sistema puede rectificar la precisión de los cambios como por ejemplo la zonificación y otras restricciones que pudieran ser violadas y actualizar los planos y tablas. En este sentido los usuarios obtendrían información más actualizada y que podrían manipular para hacerla coincidir con sus necesidades específicas.

En el siguiente gráfico, podemos observar un lote, representado por una entidad gráfica realizada en CAD. Este elemento se encuentra unido a un registro de una base de datos por medio de un identificador (LOTS_ID) el cual contiene información correspondiente a las características del predio tales como el área, perímetro, dueño y tipo de uso de suelo, lo que nos permitirá posteriormente hacer consultas con restricciones. Por ejemplo lotes que tengan determinado uso de suelo o superficie.

El uso de herramientas computarizadas como apoyo a la administración y planeación urbana, es actualmente un movimiento de proporciones



mundiales⁶, en ellas se inserta el Programa de Modernización Catastral dentro del Programa de Cien Ciudades Medias, que en la mayor parte de los casos ha dado por resultado la implantación de costosos Sistemas de Información Geográfica para éste fin, pero que en muchos de los mismos, por falta de capacitación técnica y humana, están siendo utilizados por debajo de la capacidad que éstos tienen, ya que las aplicaciones que se les han dado

⁶ Journal of Planning, Education and Research. Vol. 14 N° 4. 1994

han sido muy limitadas generalmente porque no se cuenta con la estructura y metodología que modifique o aplique las grandes posibilidades de que son capaces estos instrumentos de cómputo. La

evaluación y mapeo de vulnerabilidad de los sistemas físicos de una ciudad, es una de las innumerables aplicaciones que pueden tener este tipo de sistemas en el proceso de planeación urbana.

4. METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE MAPEO DE VULNERABILIDAD

Actualmente en la Ciudad de México como en todas las ciudades del país no existe un sistema que tenga localizadas las zonas de vulnerabilidad en las que en cierto momento se podría ocasionar un desastre, por lo que la mayor parte de los programas de protección y prevención civil, así como la asignación de recursos para éstos, parten de un conocimiento muchas veces parcial de la realidad y los factores que en ésta interactúan.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo básico de esta tesis es diseñar un sistema de identificación y diagnóstico de vulnerabilidad en áreas urbanas locales, que sirva como **instrumento de auxilio en la toma de decisiones** en prevención y que sea capaz de incorporar un determinado número de variables según sea el caso de análisis.

Para el diseño de esta herramienta de evaluación se hará uso de un "Sistemas de Información Geográfica" (GIS), ya que este tipo de programas nos abren la posibilidad de adaptar el sistema a las necesidades específicas del problema, y permiten llevar a cabo análisis de grandes cantidades de datos referenciados geográficamente, permitiendo el cruce de datos alfanuméricos con entidades gráficas, haciendo el

estudio de un problema un proceso interactivo ya que es factible el planteamiento de escenarios basados en el comportamiento actual y futuro de un fenómeno.

Se pretende que este sistema abra la posibilidad de actuar mas certera y rápidamente ante las emergencias, lo cual redundará en un tiempo de respuesta mucho menor para atender estas situaciones y recuperar así la condición original contribuyendo tanto a salvar mas vidas como a tener pérdidas materiales menores debido a que se sabrá donde actuar. Así mismo se puede evitar los ciclos de retroalimentación de los desastres y también se puede así disminuir la vulnerabilidad de los sistemas sociales ya que los habitantes de una zona específica sabrán certeramente que hacer en casos específicos a los cuales están expuestos, coadyuvando a reducir la vulnerabilidad del agente humano.

También se pretende hacer uso de técnicas y procedimientos de distintas disciplinas, sistematizados y procesados mediante hoja de cálculo. La unión de estos procedimientos en un solo instrumento ayudará a la tomar decisiones que requieren el conocimiento de un mundo urbano complejo, tomando la información relevante.

Para desarrollar un instrumento de identificación de vulnerabilidad, que ayude a la detección oportuna de riesgos en la estructura de un área urbana local dentro del proceso de prevención y control de desastres, diseñamos una metodología implantada en un Sistema de Información Geográfica, la cual que se inscribe como una herramienta de auxilio dentro de la fase de diagnóstico y detección de la vulnerabilidad de los sistemas urbanos.

El siguiente esquema muestra la estructura metodológica del SIAMAV formada por tres fases : a) Planeación del sistema, b) Recolección de datos y c) Implantación del sistema en el GIS, las cuales serán descritas a detalle en los siguientes apartados, junto con sus respectivos componentes.

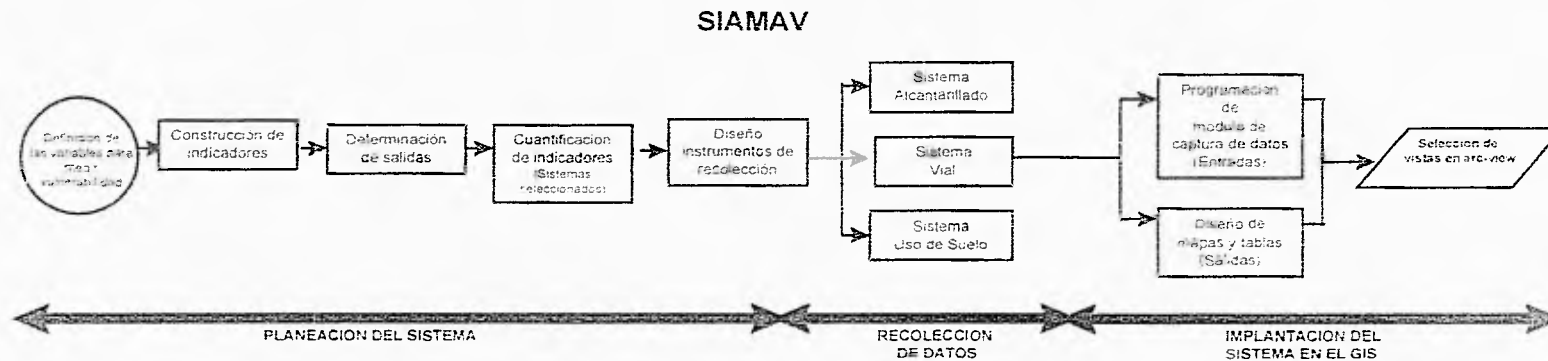


fig. 8 Estructura Metodológica

4.1. PLANEACIÓN

Esta fase se refiere a la estrategia para analizar la calle-tramo, compuesta por la determinación de variables que inciden en la vulnerabilidad de un sistema urbano, la determinación de los salidas o

productos de consulta del sistema así como la metodología que se utilizará para la cuantificación de indicadores por medio de técnicas propias de la ingeniería vial, sanitaria y de aseguradoras.

4.1.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES PARA MEDIR VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad que se estimará con esta herramienta estará basada en el análisis del comportamiento de algunos sistemas urbanos, a través de la determinación del **punto crítico**⁷ en el que el sistema se vuelve más vulnerable y por lo tanto con mayor predisposición a caer en un estado de desastre.

La forma que hemos determinado para medir la vulnerabilidad de los sistemas urbanos, es su capacidad de saturación en el caso de los sistemas redes como lo pueden ser el alcantarillado o la vialidad. Este sistema pretende hacer una evaluación de la capacidad del sistema comparado con la capacidad para la que fue diseñado lo cual podríamos llamar *factor de carga del sistema* o *el nivel de servicio* (Box P., 1985) ;es por esto que la definición del nivel de servicio juega un papel preponderante:

"es un índice que nos habla de la calidad del servicio que una infraestructura proporciona en función a una comparación o cociente del servicio que presta en un momento dado sobre la capacidad para la cual fue diseñada".

Para el diseño de este sistema se eligieron tres sistemas urbanos: vialidad, drenaje y uso de suelo, ya que pretende ser una prueba piloto de lo que a futuro pudiera ser un sistema más completo con la interacción de un mayor número de variables. Los parámetros de vulnerabilidad en cada uno de los sistemas se establecerán a partir de las variables que determinan la capacidad de cada uno de ellos mediante la aplicación de técnicas establecidas por la ingeniería vial, sanitaria, etc., para después interpretarlos espacialmente mediante un GIS.

En el caso del uso de suelo la evaluación de su vulnerabilidad será estimada a partir de la atracción de población que genera, ya que la concentración de personas en un espacio específico puede vulnerabilizar una zona ante la acción de un fenómeno perturbador.

⁷ El cual se determina en función del grado de "homeostasis" de cada uno de los sistemas

4.1.2. CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES

En todo sistema se tiene un conjunto de parámetros, de manera que el comportamiento resultante del mismo, depende de los valores numéricos tomados por estos parámetros. Para los valores normales de los parámetros se tendrá un comportamiento convencional del sistema (estable).

El comportamiento normal de un sistema se altera como consecuencia de la modificación del valor de uno de sus parámetros, a esta relación entre el modelo y el parámetro es denominado sensibilidad de una variable, a una pequeña desviación del valor del mismo de su valor normal da lugar a una importante modificación del comportamiento global.

Se han analizado las variables que determinan el comportamiento de cada uno de los sistemas urbanos, la vulnerabilidad de los mismos se medirá por medio de indicadores que reflejan el nivel de servicio con el que cada uno de ellos está funcionando por calle-tramo, estos índices serán alimentados a una base de datos georeferenciada, donde a través de operaciones espaciales en el SIAMAV, permitirá tener mapas con la localización precisa de zonas conflictivas que necesiten de acciones inmediatas o preventivas. El mapeo de estos indicadores nos ayudará a

instrumentar políticas tanto de ordenamiento urbano como medidas puntuales de crecimiento, mantenimiento y conservación en distintos sectores, disminuyendo así el conflicto entre sistemas.

Buscando el establecimiento de parámetros conmensurables en todos los sistemas de estudio, se analizaron variables sensibles que determinarán el funcionamiento óptimo o pésimo. Las condiciones o estados deseables han sido tomados de normas y límites de funcionamiento ya establecidos para cada uno de los sistemas en manuales de ingeniería hidráulica y vial.

La determinación de umbrales de comportamiento es una forma de medir la capacidad de carga de nuestros sistemas urbanos, el punto en que cambia el estado de un sistema cuando aumenta o disminuye una de sus variables. En la siguiente tabla se muestran las características del comportamiento de un sistema con cada uno de los índices de vulnerabilidad y el nivel de servicio o funcionamiento expresado por una letra.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	INDICE DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE SERVICIO
LIBRE	0.0	A
ESTABLE	0.1	B
ESTABLE	0.3	C
POCO ESTABLE	0.7	D
INESTABLE	0.8	E
FORZADO	1.0	F

Se establecieron 6 niveles de servicio (Box P, 1985), de la "A" a la "F",⁸ que van del funcionamiento normal del sistema hasta uno forzado, donde el sistema se encuentra en conflicto o desequilibrio.

Para la determinación de los índices de vulnerabilidad en el caso específico de cada uno de los sistemas redes se tomará como parámetro la capacidad de saturación del mismo, ya que creemos, es una variable básica para establecer una evaluación de vulnerabilidad enfocada a los sistemas urbanos, por encontrarse intrínsecamente ligado a la calidad del funcionamiento de estos servicios.

**PARÁMETRO EVALUACIÓN=CAPACIDAD DE SATURACIÓN =
EXPRESADA POR ÍNDICE DE VULNERABILIDAD**

⁸Estos rangos se tomaron de la clasificación utilizada para describir los niveles de servicio viales.

A partir de esta consideración podemos establecer la relación

$$IV = V/C$$

IV= Índice de vulnerabilidad por saturación de un sistema

C= Capacidad del sistema

V= Volumen (aguas negras, tránsito)

La siguiente gráfica establece la relación entre los distintos índices de vulnerabilidad (0-1) y los niveles de servicio (A-F).

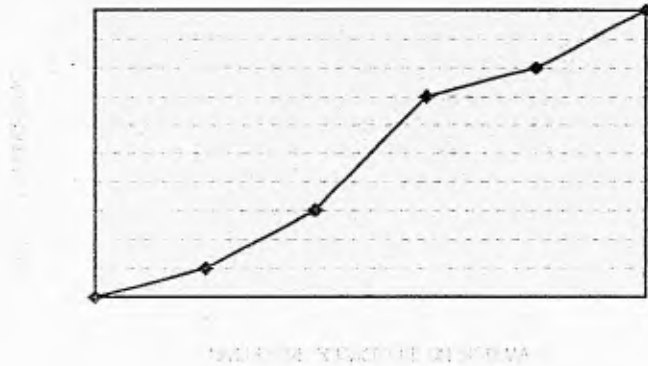


fig. 9 Niveles de servicio de un Sistema

4.1.3. DETERMINACIÓN DE SALIDAS

Se decidió que los productos o salidas del sistema sean mapas por cada uno de los niveles de servicio de la "calle-tramo", esto se debe a que una expresión gráfica facilitaría entender el comportamiento de una zona urbana ya que este método de comunicación permitirá entender las condiciones físicas actuales que guarda cada uno de los sistemas urbanos a través de colores, representando de una manera muy sencilla la relación entre variables cosa que las expresiones numéricas no permiten describir de manera muy clara.

Esta misma gráfica será aplicada para la evaluación del uso de suelo, solo que en este caso, la vulnerabilidad estará relacionado al movimiento y cantidad de población que genera cada tipo de suelo, a demás de la frecuencia de accidentes establecida por las aseguradoras.

Debido a que los parámetros evaluativos en todos los sistema tienen distintas unidades, esta escala nos permitirá tener parámetros conmensurables, es decir comparables entre si, además de representar valores que en lo posible, sean resultado de mediciones reales y lo más objetivas posibles.

La representación por medio de mapas clarificará la ubicación espacial de las zonas de mayor vulnerabilidad lo que nos permitirá comparar y examinar visualmente un diagnóstico que servirá de apoyo a cualquier decisión de cambio de uso, redensificación que implique una mayor movilización en la zona con un consecuente incremento de flujos de bienes y desperdicios.

Un mapeo frecuentemente nos ofrece las bases para tomar claras decisiones o por lo menos acertadas

preguntas, pero no se debe perder de vista que el efecto y éxito de un instrumento de esta índole debe estar basado en la precisión y objetividad de la

percepción y recolección de información de los factores que vulnerabilizan una ciudad.

4.1.4. CUANTIFICACIÓN DE INDICADORES EN LOS SISTEMAS SELECCIONADOS

4.1.4.1. SISTEMA VIALIDAD

Los problemas del tráfico urbano responden a un hecho cierto: la inadaptación de la estructura viaria existente a las necesidades presentes de la circulación agravada por la coexistencia del transporte individual y del colectivo.

La conflictividad de la vialidad urbana no es sólo permanente, sino aceleradamente creciente. La pugna que también se aprecia en la carretera, entre vehículos ligeros y pesados, tiene aquí sus protagonistas en el transporte público y en el privado, y el resultado, en general, suele ser la congestión del tráfico. Las posibles soluciones se cimientan en la ordenación, la regulación y la creación de nueva infraestructura y modos de transporte.

La regulación del tráfico introduce limitaciones en el mismo con carácter general, cualquiera que sea la clase de vehículos. Preferencias de paso, prohibiciones de estacionamiento, detención o giro a

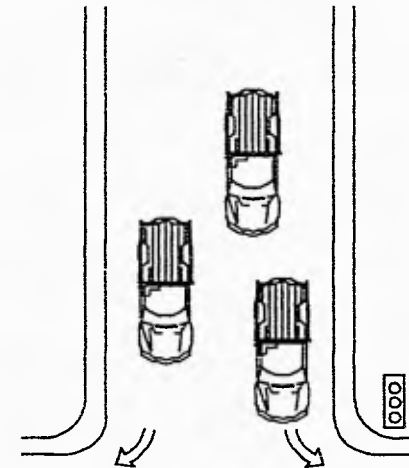


fig.10 Sistema Vial

la izquierda, regulación por medio de agentes o establecimiento de semáforos con mando manual, automático o centralizado son algunas de las medidas que puedan sino solucionar los problemas derivados de la saturación de la capacidad de servicio de

infraestructura vial, al menos a mitigarlos. La complejidad presente ha supuesto, en las grandes ciudades la introducción de ordenadores y el desarrollo de modelos de tráfico para el estudio de su ordenación y regulación.

La ordenación supone algo más que la simple regulación, puesto que trata de modificar los flujos de circulación y la propia ocupación de la red viaria. Los métodos a través de los cuales actúa la ordenación del tráfico son múltiples y variados, pero cabe afirmar que vienen condicionados por el nivel de congestión alcanzado o previsible. Por ejemplo, entre las medidas más simples podríamos incluir: sentido único de circulación en determinadas vías, limitaciones de aparcamiento en la calzada, prohibición de acceso al tráfico pesado de mercancías, limitación del tráfico comercial de distribución a un horario determinado; y entre las medidas de más amplia envergadura podríamos mencionar: ampliación de la calzada, introducción de vías rápidas preferentes en el esquema viario, reducción de intersecciones a nivel entre las vías rápidas, separación del tráfico lento hacia vías de servicio.

La vulnerabilidad de éste así como de todos los sistemas, va a estar determinada por las características de operación del mismo. Si el sistema vial no está bien estructurado con una clara jerarquía y distinción entre las diversas modalidades de circulación se producirá caos en su funcionamiento interno.

convirtiéndose en un problema para la ciudad. Al ser el sistema vial una serie de conductos que viabilizan la circulación con una capacidad limitada, éstos tienen un punto crítico de saturación, el cual al ser rebasado produce que el sistema deje de cumplir con el objetivo para el cual fue diseñado, volviéndose vulnerable, susceptible de colapso ante la menor acción de cualquier agente externo.

Para la obtención de un índice de vulnerabilidad en este sistema se analizó el sistema a través del factor que nos expresa la relación entre la capacidad y el volumen al que está trabajando en un momento dado. Para tal efecto se utilizaron técnicas para el diseño geométrico, control y operación del tránsito (Martínez M, 1979).

Las características básicas que determinan el funcionamiento del sistema vial son dimensionales y de flujo. La relación entre estos dos componentes determinará un índice de funcionamiento, el cual nos reflejara a su vez un comportamiento óptimo o pésimo.

La cantidad de vehículos que pueden pasar a través de una intersección, dependen de las características geométricas y de operación de los caminos, de las condiciones de la corriente del tránsito y de las medidas de control del mismo.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL NIVEL DE FUNCIONAMIENTO

1. Características físicas y de operación. La anchura del acceso y el número de carriles, son el elemento con mayor influencia en la capacidad. Por consiguiente los procedimientos que se utilizan en el análisis vial están basados en las anchuras de accesos y número de carriles.

2. Nos interesa llegar a establecer un factor de carga para cada tramo vial que constituya el sistema en estudio. El factor de carga se define como una medida del grado de utilización de una vía, durante una hora de flujo máximo. Es la relación entre el número de fases verdes que están cargadas o totalmente utilizadas por el tránsito y el número de fases verdes disponibles para el acceso durante ese mismo periodo. Como tal, es también una medida del nivel de servicio del sistema.

3. El término fase cargada es utilizado para denotar el grado de utilización de un acceso. Puede considerarse que la luz verde de un acceso esta cargada cuando se tienen las siguientes condiciones

- a) hay vehículos en todos los carriles,
- b) siguen entrando vehículos a la intersección mientras se encuentra la luz verde, sin espaciamientos muy largos entre los mismos vehículos.

4. Factor de la hora de máxima demanda. Normalmente las variaciones de la demanda dentro de una hora pueden producir el arribo de volúmenes máximos en periodos cortos durante una hora, los cuales exceden considerablemente al promedio. Este elemento debe tomarse en consideración con el fin de asegurar que no se formen colas largas de vehículos, durante ciertos periodos de la hora.

TABLA DE FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS NIVELES DE SERVICIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE OPERACIÓN	CONDICIONES AMBIENTALES CONTEXTUALES	CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO (FLUJO)	MEDIDAS DE CONTROL
Ancho Estacionamiento Operación en uno o dos sentidos	Densidad de la población Ubicación de la intersección	Factor de carga (A,B,C,D,E y F) -> 40 km/hr A -> 30 B -> 25 C ->15 E <15 F Composición del transito Transito promedio diario.	Semáforos Número de carriles

De acuerdo a modelos establecidos por la ingeniería vial (Box P, 1985) el nivel de servicio en cualquier acceso controlado por semáforo puede obtenerse con la siguiente expresión.

$$VS = (V_{aw.fc}) (g/c) (PAM, FHMD) (UC) (VD) (VI) (T) (B)$$

donde: VS = Volumen de servicio en el acceso.

V_{aw.fc} = Volumen por hora de luz verde en el acceso, en función del ancho (w) y del factor de carga (fc) obtenido las gráficas respectivas.

g/c = Relación luz verde-ciclo.

PAM, FHMD = Factor de ajuste combinado por población del área metropolitana (PAM) y por el factor de hora de máxima demanda (FHMD).

UC = Factor de ajuste por ubicación del cruce dentro de la ciudad obtenido de las tablas respectivas.

VD = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas a la derecha.

VI = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas a la izquierda.

T = Factor de ajuste por vehículos pesados.

B = Factor de ajuste por autobuses urbanos.

El nivel de servicio se obtiene despejando de la misma expresión el volumen por hora de luz verde en el acceso ($V_{av,fc}$); con este volumen y con el ancho del acceso considerado, se entra a las gráficas apropiadas; la intersección de estos dos valores permitirá conocer el factor de carga y por consiguiente el nivel de servicio buscado y la vulnerabilidad. Este nivel se establece como un límite de seguridad, que al ser rebasado, vulnerabiliza al sistema.

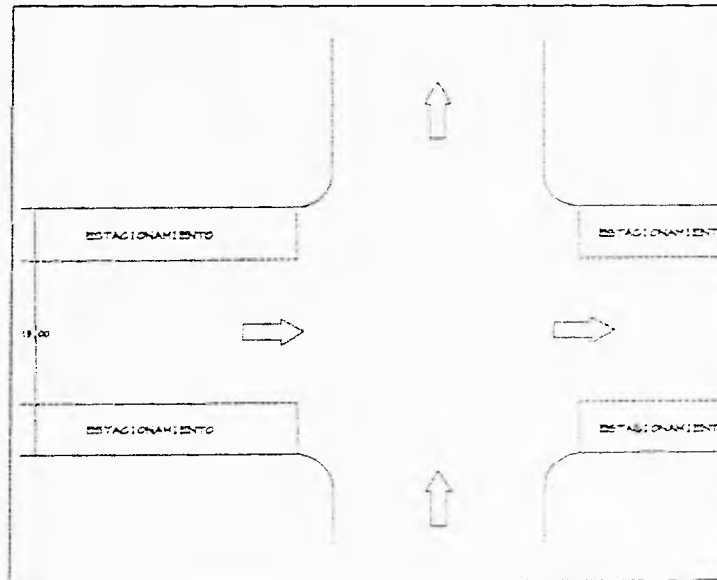
Ejemplo:

La capacidad de las arterias urbanas depende principalmente de la capacidad de las intersecciones a nivel que se encuentran a lo largo de la arteria, analizadas en forma aislada. Sin embargo, cuando se desea conocer el nivel de servicio que puede suministrar la arteria, es necesario hacer el análisis considerándola en toda su longitud.

A. Datos

Intersección de 2 calles, ambas de un solo sentido de circulación.
Ancho del acceso en estudio = 15 m. véase croquis que se incluye
Estacionamiento en ambos lados.

Ubicación en la zona circundante al centro de la ciudad.



Población del área metropolitana = 175 000 hab.
Factor de la hora de máxima demanda = 0.75
Fases cargadas = 10/hora
Longitud del ciclo = 60 seg.
Intervalo de luz verde = 30 seg.
Vueltas Derecha = cero
Vueltas izquierda 8%
No existe carril ni fase especial para vuelta
Vehículos pesados = 7 %
Autobuses urbanos = 10/hora, con parada después de cruzar la calle.

B. Determínese:

Para el acceso en estudio:

1. El volumen de servicio
2. El nivel de servicio
3. La capacidad

C. Solución

1. Volumen de servicio

$$VS = (V_{Aw,fc}) (G/C) (PAM, FHMD)(UC)(VD)(VI) (T)(B)$$

Para determinar el valor de $V_{Aw,fc}$ es necesario primero determinar el factor de carga, el cual esta en función del número de fases cargadas dentro de la hora $fc = 10/60 = 0.166$

$$V_{Aw,fc} = 2600 \text{ vph de luz verde (de la figura 6.56)}$$

$$G/C = 30/60 = 0.50$$

$$PAM, FHMD = 0.87 \text{ (de la tabla 6.56)}$$

$$UC = 1.00$$

$$VD = 1.00$$

$$T = 0.98$$

$$B = 1.00$$

(Ver Anexo A Tablas de factores de ajuste y Volúmen de tránsito)

Sustituyendo:

$$VS = 2600 \times 0.50 \times 0.87 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.98 \times 1.00$$

$$VS = 1\ 108 \text{ vhp}$$

2. Nivel de servicio.

De la tabla anexa para un factor de carga de 0.166, el nivel de servicio correspondiente es C.

3. Capacidad

En este caso, a falta de información relativa al factor de carga bajo condiciones de altos índices de tránsito, supóngase un factor de carga = 0.85.

Con excepción del valor de $V_{Aw,fc}$ el cual varía con el nuevo factor de carga, los demás factores permanecen invariables.

$$V_{Aw,fc} = 3700 \text{ vph de luz verde (de la figura)}$$

$$C = 3700 \times 0.50 \times 0.87 \times 1.00 \times 1.00 \times 1.00 \times 0.98 \times 1.00$$

$$C = 1\ 577 \text{ vph}$$

(Ver Anexo B Plano del sistema vial y base de datos)

4.1.4.2. SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El alcantarillado es un sistema formado por conductos subterráneos y otras obras accesorias como pozos de visita, cajas de caída etc. cuyo objetivo es conducir las aguas residuales producto de las actividades urbanas de una población a un punto de disposición final, además de disponerlas adecuadamente y sin peligro para el hombre y el ambiente. En la actualidad el incremento poblacional ocasiona la saturación de los conductos, ya que un sistema aunque es diseñado para cubrir un determinado crecimiento muchas veces es superado por la realidad.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano están constituidos fundamentalmente por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de esa población. Estos desechos líquidos, llamados aguas residuales, se componen esencialmente de agua más una pequeña cantidad de sólidos orgánicos disueltos y en suspensión, los cuales son putrecibles y su descomposición origina grandes cantidades de gases inflamables y numerosas bacterias patógenas (Lara G., 1991).

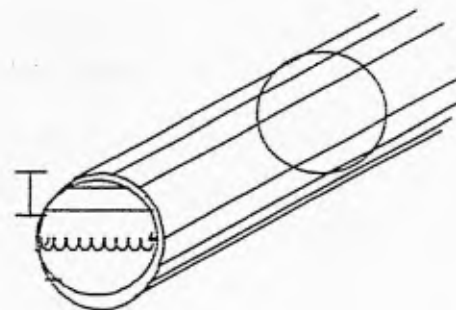


fig.11 Sistema de alcantarillado

La mayor parte del agua suministrada por el sistema de agua potable se transforma en agua residual⁹. Rápidamente su disposición se convierte en un problema público, haciéndose más complejo y vulnerable el sistema a medida que la población aumenta, ya que los conductos que transportan las aguas negras tienen cierto diámetro dependiendo de la densidad de población y límites técnicos con los que fue diseñado (capacidad) para que su funcionamiento sea óptimo, al rebasar estos parámetros el sistema se vuelve vulnerable pasando de un estado normal a uno de insuficiencia o desastre

⁹ Como norma general se considera que un 75% del agua potable se llega a desalojar por los conductos del sistema de alcantarillado.

con la más mínima acción de cualquier agente perturbador.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Existen 3 factores que determinan la capacidad de saturación del sistema de alcantarillado:

1. el ancho de tubo,
2. la longitud de tramo y
3. la aportación de aguas residuales al mismo. Los factores de carga de la tubería los definimos en base las condiciones hidráulicas óptimas y pésimas.

Para obtener la estimación de aguas negras es necesario tener identificados los diferentes usos de suelo así como su intensidad de edificación o las instalaciones cuyos caudales de aguas residuales sean sensiblemente mayores que el volumen promedio de las descargas que se producen en la zona. El cambio de uso de suelo, así como el incremento no planificado en la densidad de una zona vulnerabilizan al sistema, ya que se convierte en un factor susceptible de pasar de un estado normal a un estado insuficiente o de desastre ante la menor acción de un fenómeno perturbador como podría ser una lluvia de intensidad media, provocando inundaciones y desencadenando caos en otros de los sistemas como

es la vialidad y el transporte, ya que se tienen flujos excesivos momentáneo pero que en un momento dado pueden ocasionar un desastre.

El gasto o caudal de aguas negras se determina a partir del número de habitantes y del volumen que estos desalojan al día. El volumen de agua desalojada por habitante en el día, que está en función del clima y de la población del área urbana en estudio, se le llama aportación y representa un tanto por ciento de la dotación de agua potable (75% de la dotación de agua potable¹⁰).

CÁLCULO DE GASTOS BÁSICOS EN TUBERÍAS

Los diversos usos del agua en una población, determinan que existan diferentes volúmenes en la aportación de las aguas residuales. Una forma de determinar el gasto que conducirá cada tramo de la atarjea sería directamente la cantidad de la descarga de cada centro de aportación, como son casas habitación, industrias, escuelas, comercios, etc. Sin embargo esto es prácticamente imposible, además de que no se tendría la certeza de que los gastos que se miden no sufrirán variación en el transcurso de los años y por otra parte no considerarían las

¹⁰Por el clima y la población de la ciudad de México se consideran 350 l. hab /día

aportaciones futuras, esto sin contar las variaciones que ocurren diariamente.

Para facilitar el cálculo del gasto en cada tramo de atarjea, es práctica común en el diseño del alcantarillado, suponer primeramente, que los habitantes de la población se distribuyen uniformemente en la zona de servicio de la red. Esta suposición es que la aportación de las aguas residuales es uniforme en cada zona cuyas características en cantidad y usos del agua potable, sean similares, así se puede esperar que una zona habitacional con la misma densidad de población no existan variaciones importantes en la descarga, siendo válido considerar una aportación promedio.

A partir de las anteriores consideraciones para obtener la descarga por tramo calle se saca una densidad por área de aportación :

$$D = P / A$$

D = Densidad

P = Población total

A = Área de aportación de aguas residuales en Ha.

En la expresión anterior puede referirse a los valores totales del área de estudio o a una zona determinada del mismo homogéneas o sensiblemente diferentes a otras de la misma.

Gasto Medio Diario

El Gasto Medio Diario (Qmed) corresponde al valor deducido del total del caudal de aguas negras entregado en 24 horas. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{med} = P \times A_p / 86400$$

dónde:

Qmed= Gasto medio en litros/segundo

P= Población

A_p= Aportación de aguas residuales Lts/hab/día

86400= Número de segundos que tiene un día.

Así, el cálculo del Qmed. promedio en cualquier tramo de la red puede hacerse con base en la densidad y la aportación. Para determinar el número de habitantes que aportan, se considera no sólo la longitud del tramo donde se desea conocer el gasto, sino también la longitud de los tramos anteriores, puesto que estas recibirán la aportación de los tramos anteriores además de las que se hagan en el propio tramo.

Partiendo del Qmed. se hace una determinación de un Gasto Máximo (Qmax.) o también llamado coeficiente de mayoración :

$$M = 1 + 14/4 + P$$

En el nomograma elaborado por la Ingeniería Hidráulica (Ver anexo), relaciona la longitud de la red

de tubería, la población, la aportación y el gasto, sirviéndonos para hacer una valoración del funcionamiento actual de la red.

El nomograma de Manning es la representación en escala vertical, de los parámetros que intervienen en el funcionamiento hidráulica de una tubería, por lo que es posible determinar cualquiera de los parámetros. (Ver Anexo C Nomograma de Manning)

Tirante: Nivel óptimo de funcionamiento que permite que las velocidades a las que el tubo trabaja por gravedad sean lo suficientemente rápidas para que no se azolve y suficientemente lentas para que no se desgaste, cumpliendo así con su vida útil.

Ejemplo:

Tramo 1-2 (tramo que inicia)

Longitud del tramo = 80 m
Longitud tributaria = 0
Longitud acumulada = 80 m
Densidad de población = 0.867 hab/m
Población en el tramo 69 hab.

(aforo)

Calculo de los gastos de proyecto

69 hab X 360 lts/hab/día X 0.80/ 86400
Qmed = 0.192 lts/seg.

$Q_{min} = 0.096/2 = 0.096$ lts/seg.

Por norma el gasto mínimo no puede ser menor a una descarga de inodoro por norma:

$Q_{min} = 1.5$ lts/seg.

Sin embargo el gasto minimo no puede ser mayor al gasto medio por lo tanto se considera igual al mínimo.

$Q_{med} = 1.5$ lts/seg.

Por norma el coeficiente de Harmon se aplica en tramos que tienen 1000 o mas habitantes, en caso contrario se considera constante o igual a 3.8

$Q_{max\ inst.} = 3.8 \times 1.5\ l/s = 5.7\ l/s$

$Q_{max\ extrao.} = 1.5 \times 5.7\ l/seg. = 8.55\ l/seg.$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD Y EL GASTO A TUBO LLENO

Pendiente del terreno¹¹

$ST = 112.20 - 111.61/80 \times 1000$

ST = 7.4 milésimas

¹¹Cabe aclarar que debido a que la poca información obtenida no contaba con estos datos, se hizo la suposición de contar con una pendiente mínima de .002, ya que nuestra zona de estudio puede considerarse como completamente plana.

Redondeando:
SP = 8 milésimos

Por tratarse de un tramo inicial se propone el diámetro mínimo, que basado en la experiencia en la conservación y operación de los sistemas, atendiendo a evitar las frecuentes obstrucciones, es el de 20 cm.

Velocidad a tubo lleno:

$$V_{T.LL} = 1/0.013 \times (0.20/4)^{2/3} \times (0.008)^{1/2}$$

$V_{T.LL} = 0.93$ m/s, que cumple con la mínima permisible a tubo lleno.

Gasto a tubo lleno

$$Q_{T.LL} = \text{###} (0.20)^{2/4} \times 0.93 \text{ m/s} \times 1000$$

$Q_{T.LL} = 29.34$ l/s que es mayor al gasto máximo extraordinario.

El gasto a tubo lleno ($Q_{T.LL}$), nos permitirá obtener posteriormente el índice de vulnerabilidad del componente, a partir de la relación del caudal conducido y la capacidad del tubo (Ver Anexo D Plano de alcantarillado y base de datos).

4.1.4.3.USOS DE SUELO

Se entiende por usos de suelo a la clasificación funcional del espacio urbano por propósitos normativos, el giro que tomará esta definición estará en función de la cantidad de población que estos atraen. Esta clasificación esta dada con base en la naturaleza de su utilización.

Hasta ahora habíamos venido haciendo el estudio de los distintos sistemas para lograr aclarar su relación con la vulnerabilidad siguiendo los dos siguientes parámetros:

- De acuerdo con la Teoría de Sistemas estudiábamos la vulnerabilidad de los elementos del sistema como una propensión al riesgo intrínseca, es decir, tomando al sistema como un sistema afectable y con base en su grado de saturación inferir la posibilidad de que se produjera un ciclo de retroalimentación SA-SA, es decir; se estudió a estos sistemas por (o en) si mismos descartando por fines prácticos la posibilidad de que ocurriese un agente externo (fenómeno perturbador) que fuera el desencadenador de un desastre; y,

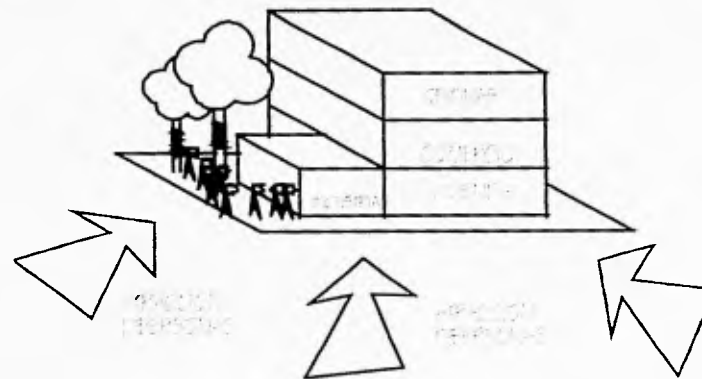


fig.12 Sistema de uso de suelo

- Como ya se mencionó arriba, estudiando la vulnerabilidad de cada uno de estos sistemas para definir sus estados normal, de insuficiencia y de desastre con base en la capacidad de saturación la cual se evalúa a través del nivel de servicio que estos presentan.

Sin embargo el caso de lo que hemos denominado "sistema de usos de suelo", fundamental para el trabajo del urbanista; por su naturaleza y complejidad no se ha podido hacer la evaluación tomando solo en cuenta a éste como SA y/o produciendo ciclos de retroalimentación SA-SA y a través de la evaluación de su nivel de servicio debido a que los indicadores que podrían utilizarse como referencia en estos sistemas (pongamos por ejemplo el caso de m² de comercio por habitante o indicadores de hacinamiento

en vivienda) pueden ser muy discutibles. Es por esto que en este sistema fundamental se ha tenido que cambiar la tónica para enfocar más el problema de la vulnerabilidad de los usos de suelo.

La óptica utilizada para la evaluación de este sistema será la siguiente:

Un uso de suelo tiende a vulnerabilizar la zona que tiene alrededor, en la medida que su actual aprovechamiento provoque efectos negativos a su alrededor, tanto por la naturaleza de su manufactura como en el caso de las industrias, como por la actividad que generan a su alrededor, es decir la cantidad de población que atraen. Sin embargo esto no quiere decir que la concentración de actividad sea mala, sino que es importante tomarla en cuenta, esto quiere decir que **las zonas de mayor concurrencia de población** deben ser monitoreadas, para que los sistemas que las circundan **correspondan en capacidad** a la **demanda** de la misma, evitando la vulnerabilidad de los componentes urbanos aledaños ante la acción de un fenómeno perturbador, ya que de otra manera puede intervenir de manera desfavorable en el funcionamiento óptimo de la estructura urbana.

Otro factor que consideramos para evaluar este sistema es la predisposición de algunos usos a cierto tipo de daños como incendios o otro tipo de calamidad asociada a la actividad de dicho uso. Las aseguradoras fueron la fuente idónea para obtener

esta información, ya que tienen clasificadas las actividades más propensas a desastres con base en la estadística y la probabilística, lo cual nos habla de factores cuidadosamente contruidos para la fijación de primas, lo que respalda su validez para ser tomados en cuenta en un análisis de este tipo.

La principales usos del suelo son los siguientes:

VIVIENDA

Es el elemento estructurador de la ciudad, ya que todas las actividades están en función de la habitación. Lo podemos definir como un espacio en donde una o más personas realizan sus actividades vitales (comer, dormir etc.).

SERVICIOS

La función de este sistema es la de ofrecer bienes y servicios de consumo colectivo, para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes de un asentamiento, también se puede definir como el conjunto de edificios y espacios de uso público, donde se proporciona un servicio demandado por la población, los cuales son clasificados principalmente en educación, salud, cultura, recreación, abasto, comercio y administración.

La dosificación de los servicios se traduce en calidad del ambiente urbano, ya que cubre la necesidades primarias de la población en cuanto a asistencia social, salud pública, educación, abasto y recreación.

INDUSTRIA

Son los usos dedicados a las operaciones que se realizan en relación a la transformación de materias en bienes intermedios o finales. Se puede hablar de industria pesada y ligera, esto se determina con base en el proceso que utiliza en su manufactura, que para fines de vulnerabilidad urbana es muy importante considerar este factor, ya que esto determina la compatibilidad con los usos aledaños.

ÍNDICES DE ASEGURADORAS

El sistema de usos de suelo, como hemos dado en llamar a los elementos que cooperan para que se desarrollen las actividades para las cuales están "diseñados" (planeados) los predios.

Es un sistema básico de analizar para el urbanismo y para el estudio de la vulnerabilidad pues dentro de él se dan y se concentran la mayor parte de las actividades "urbanas" y que concentran (en algunos casos) gran cantidad de gente.

Para su evaluación se analizaron dos principales aspectos:

- a) el riesgo que representan por si mismas las actividades que se dan al interior del inmueble, esto es, el uso o giro (procesos que se utilizan, etc.)
- b) la cantidad de personas que atraen durante el día estas actividades (para trabajar, estar espontanea, temporal, permanentemente) que vulnerabilizan más el sitio (predio) en caso de la ocurrencia de cualquier calamidad.

De acuerdo con lo anterior recurrimos a estudios que hacen las compañías aseguradoras, en este caso Grupo Nacional Provincial, quienes a través de tablas de ocurrencia de accidentes en distintos tipos de bienes (edificaciones-uso) hacen la base para la cotización de sus servicios.

Se analizaron varios tipos de seguros, el mas basto por su cobertura fue el seguro contra incendio

Los siguientes grupos de :

- Bienes que consideran normales para su aseguramiento : casas habitación, comercio en general (sin bodega).
- Bienes especiales : negocios, comercios que cuenten con bodegas, tiendas departamentales, cadenas comerciales de autoservicio, fábricas (de plástico), invernaderos.
- Bienes no recomendables : fábricas de o con productos inflamables (madera, espumas, escobas y cepillos, pinturas, alcohol, pólvora, dinamita, etc.) y bodegas.
- (Ver Anexo E Plano uso de suelo y base de datos)

TABLA RESUMEN
EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

SISTEMAS A EVALUAR	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PRINCIPALES VARIABLES *	UNIDAD DE ANÁLISIS	ESTADOS DEL SISTEMA DE A CUERDO A SU IV
VIALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de la Infraestructura existente, a partir de la evaluación de la relación Volumen/ Capacidad V/C 	<ul style="list-style-type: none"> Volumen de servicio (VS) y Volumen por hora de luz verde (VA). Ancho de Calle (W) 	Calle tramo	<ul style="list-style-type: none"> Normal (0-5 puntos) Insuficiente (.5-8 puntos) Desastre (.8-1 puntos)
DRENAJE	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de la Infraestructura existente, a partir de la evaluación de la relación Volumen/ Capacidad V/C 	<ul style="list-style-type: none"> Gastos de la descarga (Qm, Qmax y Qmaxhora) Ancho de tubería 	Tramo de tubería	<ul style="list-style-type: none"> Normal (0-5 puntos) Insuficiente (.5-8 puntos) Desastre (.8-1 puntos)
USO DE SUELO	<ul style="list-style-type: none"> Vulnerabilidad por la cantidad de población que atraen de acuerdo a su tipo de uso. Vulnerabilidad por uso de acuerdo a la triplicación establecida por las aseguradoras con base en la incidencia de incendios, y otros daños asociados a fenómenos perturbadores 	<ul style="list-style-type: none"> Número de habitantes atraídos por su tipo de actividad. Frecuencia de daños asociados a cada tipo de actividad. 	Lote (Uso por piso)	<ul style="list-style-type: none"> Normal (0-5 puntos) Insuficiente (.5-8 puntos) Desastre (.8-1 puntos)

VULNERABILIDAD EN CIUDADES.
UNA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

* La densidad será una variable de manejo general.

4.1.5. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos es la recopilación de información utilizada para alimentar el sistema. Los datos se definen como un elemento crítico, ya que la calidad de los mismos afectará directamente la veracidad de los resultados. Esta información consiste básicamente en dos grupos de datos:

- a) aquellos que ya existen en las dependencias correspondientes y que solo deberán recopilarse, como son los planos digitalizados y planos de infraestructura de la zona de estudio.
- b) aquellos que deberán levantarse en sitio a través de cédulas y cuestionarios, para los cuales se utilizaron diferentes instrumentos metodológicos los cuales serán descritos posteriormente.

Una parte esencial del estudio se refiere a la organización del levantamiento de información en campo, esto significa que debe planearse debidamente antes de que se inicie el recorrido. El personal debe ser seleccionado y entrenado, pero lo más importante es la evaluación cuidadosa del diseño de cada uno de los instrumentos que serán utilizados realizando una prueba piloto antes de iniciar el estudio. La zona se selecciona a partir de criterios de

homogeneidad (socio-económica, imagen urbana, político administrativa etc.), y delimitación por vialidades primarios.

Una vez recopilada la información correspondiente a cada uno de los sistemas urbanos, como son base digitalizada y los datos obtenidos a partir del llenado de cédulas, se procederá a su procesamiento e integración en un sistema geográfico de información para lo cual se utilizará el programa ARC-CAD, a partir de este se diseñará el SIAMAV, un "novedoso" sistema de mapeo y base de datos interactivos de fácil actualización que simplifique tanto la tarea de administración urbana local y la detección de la vulnerabilidad de sus componentes, ya que a través de dicho sistema al solo cambio de algún campo de la base de datos, se actualiza simultáneamente las coberturas de la información geográfica y una base los planos, por lo que permite obtener una rápida información, cruce de diversos datos y presentación de las mismas en cartografía y en tablas, así como el estado de la totalidad del área de cobertura.

VIALIDAD

Para este sistema la recopilación de datos se hizo a base de levantamientos en campo, para lo cual se diseño una cédula de aforo que contenía la información relativa a cada una de las variables que reflejan la capacidad de trabajo en dicho sistema.

El muestreo se realizo durante dos días consecutivos, recopilándose información relativa a:

Volumen de tránsito a una hora pico especifica
Número de fases cargadas durante la hora
Composición vehicular
Ciclo de semáforo

(Ver Anexo F Cédula de aforos)

CLASIFICACIÓN:

1. VIVIENDA
2. INDUSTRIA
3. SERVICIOS
31. COMERCIO (DEPARTAMENTAL, TIENDAS DE USO COTIDIANO)
32. EDUCACIÓN (PRIMARIAS, SECUNDARIAS, ESCUELAS TÉCNICAS ETC.)
33. CULTURA (CASA DE LA CULTURA, CINES, TEATROS ETC.)
34. SALUD (CONSULTORIOS, CLÍNICAS , HOSPITALES ETC.)
35. ASISTENCIA (CASAS DE REHABILITACIÓN,

USO DE SUELO

Para el caso del uso de suelo se diseño una cédula que facilitará su posterior captura en una base de datos. Se lleno una cédula de información por cada una de las manzanas de la zona de estudio, esta ficha se compone de una serie de casillas, en las cuales se registra cada uno de los predios. Los criterios que emplearon para identificar cada uno de los predios fue el uso por nivel y el uso predominante del mismo. Para facilitar el llenado en campo se codifico de la siguiente manera el uso de suelo:

PÚBLICA CASA DE CUNA)
36. SERVICIOS (CORREOS, BOMBEROS,
URBANOS POLICÍA)
37. OFICINAS (PUBLICAS Y
PRIVADAS)
38. (PLAZAS, PARQUES Y
RECREACIÓN Y JARDINES)
DEPORTE

(Ver Anexo G Cédula de campo para uso de suelo)

DRENAJE

En el caso específico del sistema de alcantarillado se deben recolectar datos que midan el gasto de las tuberías, su diámetro, la densidad de población que hace aportaciones a cada tramo. Esto se realiza a través de la búsqueda documental en las dependencias encargadas de este servicio y en el caso de la población usuaria, a través de levantamientos específicos o datos de información censal por Área Geoestadística Básica (AGEB).

4.2. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.2.1. PROGRAMACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MANEJO DE DATOS

Como se mencionó anteriormente el sistema de información Geográfico es alimentado por datos de dos tipos: los gráficos y los alfanuméricos, en el caso de los segundos, que se referirán a las propiedades

de los componentes urbanos, son recopilados en campo por lo que requieren de un ordenamiento y captura eficiente para su posterior manejo en el sistema.

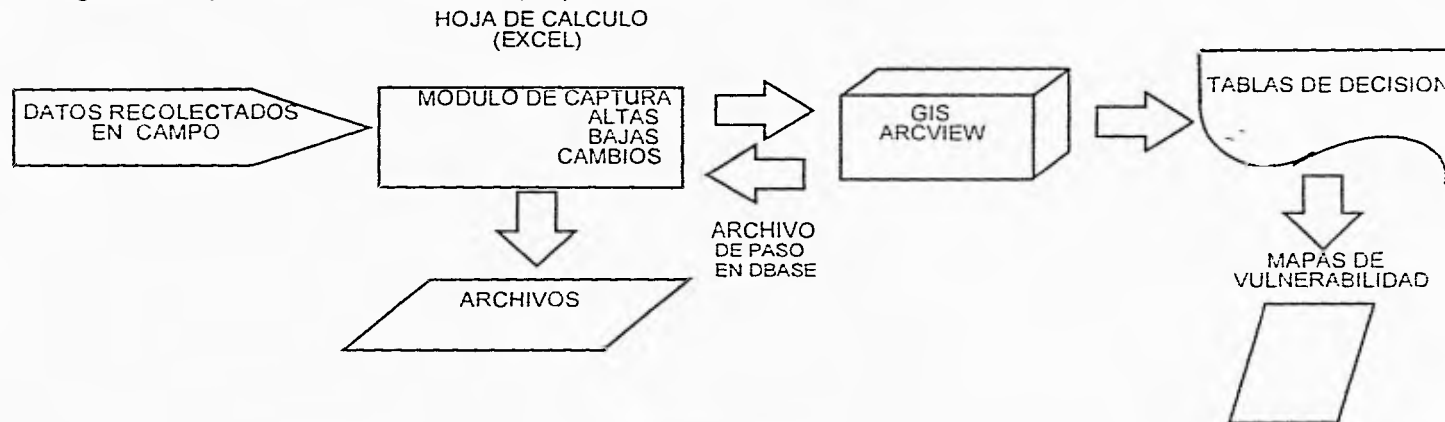


fig.13 Diagrama de manejo de datos

La captura de información es un proceso susceptible de automatizar a través de una macro diseñada en hoja de cálculo, lo que permitirá reducir el tiempo de este proceso, además de disminuir los errores de

captura. La fig. muestra un esquema conceptual de las funciones de la hoja de cálculo en el sistema, los datos que se levantan en campo se introducen en la hoja de cálculo para dos fines: a) captura b) análisis

de información a través de funciones entre los diferentes campos. Esta información servirá para obtener los estados de cada calle-tramo, la cual será mapeada a través de un visor de coberturas para WINDOWS llamado ARVIEW.

La fig muestra el módulo de captura que se utilizó para el sistema de alcantarillado. La información recopilada en campo es incorporada a una base de datos por medio de una caratula que indica cada uno de los campos que servirán para obtener el índice de vulnerabilidad (IV).

En el caso de la información cartográfica las altas y cambios deberán realizarse desde el Sistema Geográfico de información.

Las siguientes tabla son producto de la aplicación de las diferentes técnicas descritas para cada sistema, los registros equivalen a cada uno de los tramos calle, cuyos atributos espaciales (superficie y longitud) fueron extraídos por medio de un GIS y procesados con otras variables mediante una hoja de cálculo para obtener un índice de vulnerabilidad, tomando los criterios anteriormente descritos.

fig. 14 Modulo de Captura

The screenshot shows a software window titled "Hoja 1" with a "1 de 30" indicator in the top right corner. The main area contains a data entry form with the following fields and values:

SISTEMA:	1	Q. TUBO LL.:	43.25
DRENBO ID:	1	IV:	0.20
FNODE:	25	N SERV.:	8
INODE:	26		
LONG PROPIA:	05.90257		
TRIBUTARIA:	0		
ACUMULADA:	05.90257		
HAB/M:	2.5		
HAB TRAMO:	214.756425		
HARMON:	3.80		
INFILTRACION:	0		
MINIMO:	1.50		
MEDIO:	1.50		
MAX. INS.:	5.70		
MAX EXT.:	8.55		
INICIAL:	112.2		
FINAL:	111.61		
TERRENO:	2		
PLANTILLA:	9.802		

On the right side of the window, there is a vertical control panel with the following buttons: "Nuevo", "Eliminar", "Restaurar", "Buscar anterior", "Buscar siguiente", "Criterios", "Cerrar", and "Ayuda".

4.2.2. DISEÑO DE MAPAS Y TABLAS DE DECISIÓN


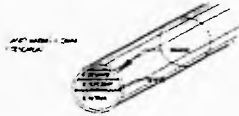
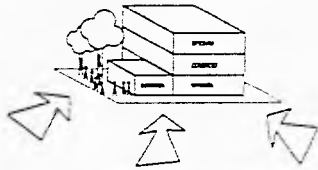
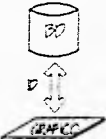

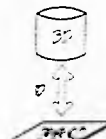
El siguiente cuadro nos muestra las operaciones básicas que es posible realizar con el SIAMAV.

Una vez que contamos con esta información dentro del SIAMAV, se realizaron algunas consultas cuyo producto son una serie de planos temáticos a partir de dos criterios básicos, los diferentes niveles de vulnerabilidad por sistema y sistemas combinados con similar grado de vulnerabilidad.

- Extracción por sistema de los tramos que presentaran:
 - Vulnerabilidad baja (0–.3)
 - Vulnerabilidad Media (.3–.8)
 - Vulnerabilidad Alta (1)
- Sistemas combinados para obtener la vulnerabilidad agregada, por la suma del comportamiento de los otros sistemas :
 - Vulnerabilidad baja (0–.3)
 - Vulnerabilidad Media (.3–.8)
 - Vulnerabilidad Alta (1)

El objetivo de este mapeo es ubicar espacialmente la infraestructura vulnerable por encontrarse funcionando bajo condiciones no seguras por la saturación de su capacidad.

VULNERABILIDAD EN CIUDADES.
UNA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

<p>SISTEMAS</p>	 <p>1 SISTEMA VIAL</p>	 <p>2 SISTEMA ALCANTARILLADO</p>	 <p>3 SISTEMA USO DE SUELO</p>
<p>VARIABLES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • VOLUMEN • ANCHO • NIVEL DE SERVICIO • NO. FASES CARRILAS • FACTOR DE CARGA • W 	<ul style="list-style-type: none"> • VOLUMEN • DIAMETRO • NIVEL DE SERVICIO • LONGITUD • W 	<ul style="list-style-type: none"> • SUPERFICIE • USO PROMEDIO • USO POR NIVEL • W POR PISO • W PROMEDIO • NIVEL DE SERVICIO
<p>TIPO DE DATOS</p>			
<p>OBJETIVOS</p>	<p>1 IDENTIFICAR ZONAS CON LOS DISTINTOS NIVELES DE VULNERABILIDAD POR SISTEMA</p>	<p>2 IDENTIFICAR ZONAS CON LOS DISTINTOS NIVELES DE VULNERABILIDAD SOBREPONIENDO LOS SISTEMAS</p>	<p>3 IDENTIFICAR ZONAS PRIORITARIAS DE ACTUACIÓN</p>
<p>OPERACIONES ESPACIALES</p>	<p>EXTRACCIÓN Y SUBDIVISIÓN DE TEMAS</p> <p>SELECCIÓN DE ELEMENTOS BAJO UN CRITERIO (EXTRACT)</p> <p>SACAR UNA PARTE DE UN TEMAS MANIPULANDO A OTRO TEMAS (CLIP)</p>		
<p>PRODUCTO</p>	<p>1 MAPA DE LOS DISTINTOS NIVELES DE VULNERABILIDAD DE CADA UNO DE LOS TEMAS</p>	<p>2 MAPA DE LOS DISTINTOS NIVELES DE VULNERABILIDAD PRODUCIDO DEL ANÁLISIS DE UN SISTEMA LEGADO</p>	<p>3 MAPA DE ZONAS DE MAYOR VULNERABILIDAD</p>

1 TABLA RESUMEN DE VARIABLES, OBJETIVOS Y PRODUCTOS DEL SAMV

La siguiente matriz correlaciona los estados de un sistema (libre, inestable y forzado) con acciones definidas en tiempo (largo plazo, mediano y corto) y tipo (programas de protección civil, intensificación del uso de suelo e infraestructura). Esta tabla podría funcionar como un apoyo para determinar la compatibilidad de los usos del suelo en función de la población que atraen y la cantidad que soporta la infraestructura de cada unidad calle-tramo, lo que ayudaría en el proceso de toma de decisiones, tanto

para mejorar la canalización de recursos en el mantenimiento de los sistemas, como en el mejor aprovechamiento del suelo y de la misma infraestructura.

Cabe aclarar, que la siguiente tabla pretende ser un primer acercamiento al tipo de aplicaciones para los resultados obtenidos por el SIAMAV.

A cada estado del sistema corresponde un periodo de tiempo para realizar la acción.

ESTADOS	PLAZO
LIBRE	LARGO
INESTABLE	MEDIANO
FORZADO	CORTO

TABLA DE DECISIONES

ESTADO DEL SISTEMA USO DE SUELO	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA	ACCIONES
LIBRE	LIBRE	Factible de intensificar uso y mantenimiento preventivo.
	INESTABLE	Factible de intensificar el uso de suelo, condicionado a que sean poco vulnerables. Aumentar la frecuencia del monitoreo y rigurosidad de el mismo.
	FORZADO	Factible de intensificar el uso de suelo condicionado a la ampliación de la infraestructura. Acción inmediata sobre la infraestructura.
INESTABLE	LIBRE	Factible de intensificar el uso de suelo condicionado a contar los programas de protección civil adecuados particulares del inmueble.
	INESTABLE	Recomendable conservar (congelar) usos del suelo actual. Contar con programas de mitigación de suelo más específicos.
	FORZADO	Desacelerar intensificación de usos de suelo. Imprescindible contar con programas de protección civil y medidas de mitigación.
FORZADO	LIBRE	Frenar intensificación del uso de suelo. Imprescindible contar con programas de protección civil y medidas de mitigación. Mantenimiento normal (preventivo) de la infraestructura.
	INESTABLE	Frenar o desalentar (congelar) los usos de suelo. Imprescindible. Imprescindible contar con programas de protección civil y medidas de mitigación. Mantenimiento correctivo de la infraestructura.
	FORZADO	Imprescindible disolver los nodos del uso de suelo conflictivos a través de programas de reubicación. Imprescindible ampliación de la infraestructura.

NOTA ACLARATORIA

4.2.3. SELECCIÓN DE VISTAS EN ARC-VIEW

La consulta de los mapas se realiza en Arc-View, el cual es el módulo de visualización en Windows para Sistemas de Información Geográfica. Este programa nos ayudará a manipular, analizar y desplegar gráficamente los indicadores de los diferentes sistemas urbanos, lo que nos permitirá identificar fácilmente los estados de funcionamiento que guarda cada calle-tramo en el sector urbano de estudio (Ver Anexo H Planos con los niveles de servicio por sistema).

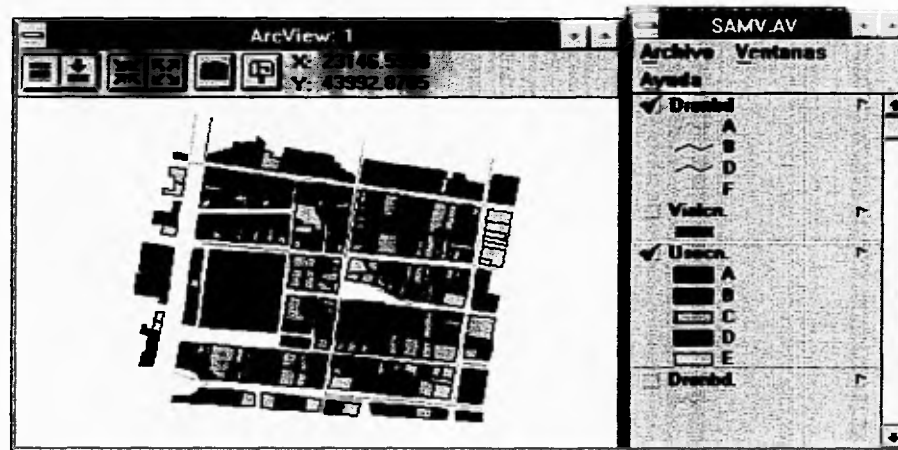


FIG. SELECCIÓN DE VISTAS EN ARC-VIEW

5. APLICACIÓN DEL SIAMAV EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Por su magnitud y ausencia de planificación, el crecimiento urbano acelerado ha hecho altamente vulnerable a la Ciudad de México ante fenómenos naturales y no naturales. Sin tomar en consideración las frecuentes inundaciones y deslizamientos de terrenos durante la época de lluvias, que implican importantes costos económicos y sociales, el sismo de 1985 demostró trágicamente este hecho. Pero la ciudad ha llegado a ser igualmente vulnerable ante eventos sociales, tales como la catastrófica explosión de una planta de gas de San. Juan Ixhuatepec, ocurrida en 1984 y en la cual oficialmente murieron 450 personas.

El Centro Histórico de la Ciudad de México (CHCM), producto histórico social colectivo, es patrimonio de la humanidad, de los mexicanos y los capitalinos. Su importancia radica en la combinación de su función como núcleo estructurador del Área Metropolitana de la ciudad de México, la concentración de importantes actividades comerciales, financieras, políticas y sociales y su simbolismo político, histórico y cultural, además de su afluencia cotidiana de miles de usuarios y visitantes del país y extranjeros. Estas son algunas de las razones por las cuales escogimos esta zona, para aplicar la prueba piloto de nuestro Sistema Automatizado de Mapeo de Vulnerabilidad.

Rápidamente, se degrada el patrimonio histórico-cultural arquitectónico y urbano pues muchos de los inmuebles coloniales y republicanos, están siendo sometidos a serias modificaciones, están en grave estado de deterioro estructural e infraestructural además de contener actividades inadecuadas como talleres, bodegas de almacenamiento, maquiladoras y pesados archivos muertos. La emigración de pobladores hacia la periferia por las malas condiciones de la vivienda, está convirtiendo al CHCM en un complejo y superpoblado lugar de actividad diurna y desierto nocturno y en días feriados. Los altos niveles de desempleo y subempleo en la ciudad y en el área central y la proliferación de actividades de subsistencia como comercio callejero, servicios personales, narcotráfico y prostitución, constituyen el medio adecuado para la proliferación de la delincuencia, situación que presiona a la población a emigrar.

Lo anterior sustenta la necesidad de una regeneración estructural del CHCM, lo cual tendrá que ser resultado de un diagnóstico cuidadoso de la zona, que permitirá proponer soluciones más eficaces a los problemas de la misma.

El centro hoy día se constituye en algunas de sus zonas como altamente vulnerables, no solo por sus antecedentes sísmicos, si no por su deterioro físico y social, la emigración de la población residente y el cambio de su uso del suelo. Se pueden destacar como algunas de sus principales características que el CHCM presenta tasas negativas de crecimiento poblacional desde 1960, en contraste con el incremento constante de población flotante formada principalmente por empleados de oficinas públicas y de los numerosos establecimientos comerciales y comercio informal que se concentran en sus principales avenidas.

Además de haberse delimitado esta zona por sus peculiares características físicas, históricas y sociales, que ponen de relieve su problemática, por la información con la que ya cuenta la Licenciatura en Urbanismo. La división es importante por la relativa autonomía económica, político y administrativa que caracteriza la zona, y que artificialmente desarticula el complejo funcionamiento y administración de la ciudad en el ámbito de su zona central.

Después de haber establecido la estructura del sistema de diagnóstico por calle-tramo, en los siguientes apartados se procederá a la aplicación práctica del Sistema Automatizado de Mapeo de Vulnerabilidad (SIAMAV), para determinar, las zonas cuya infraestructura tiene alta vulnerabilidad debido a

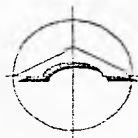
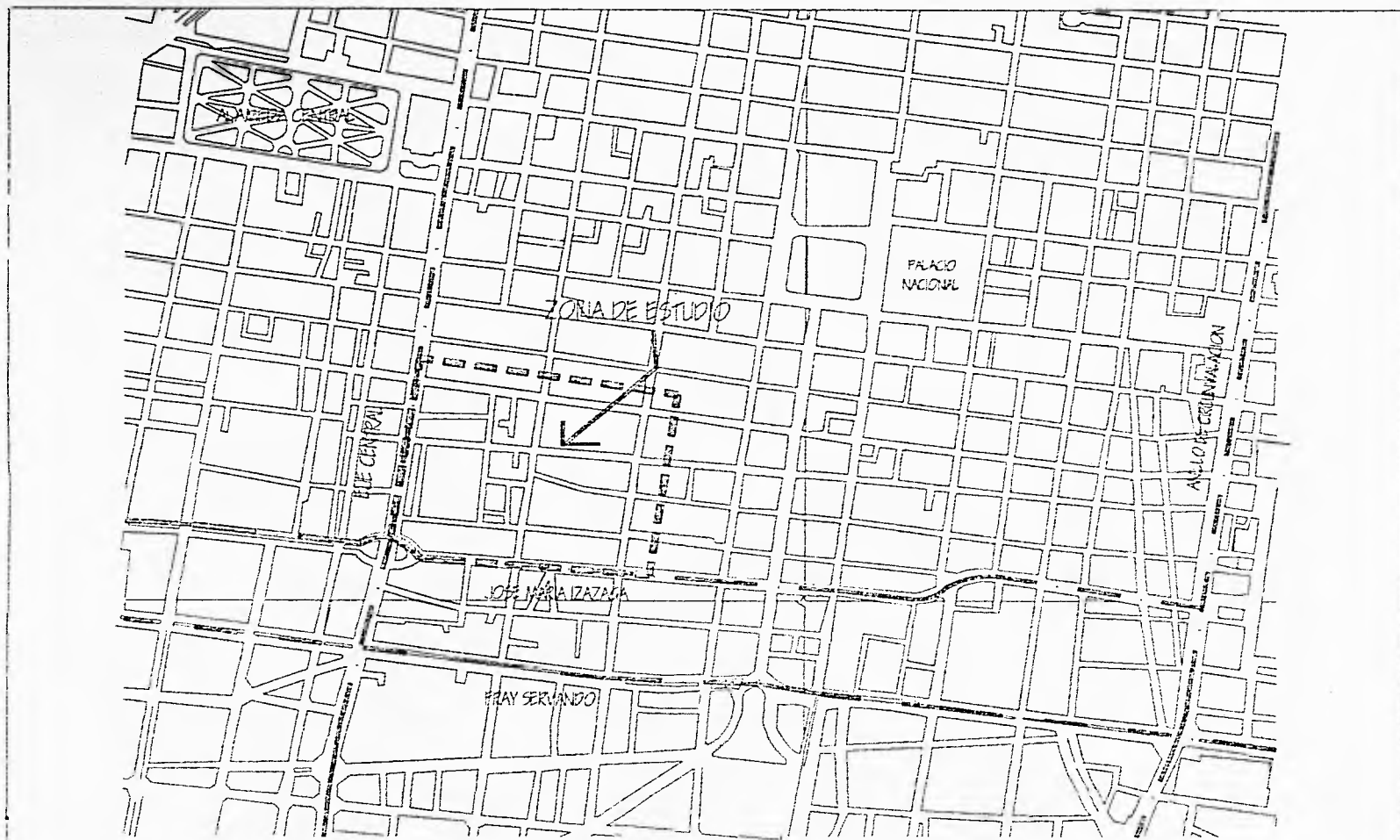
la saturación de su capacidad actual y por la concentración de población.

El área de estudio es una porción del perímetro "A" del CHCM relativa a la delimitación político administrativa de la Ciudad que ha hecho el Departamento del Distrito Federal en la delegación Cuauhtemoc, comprende una superficie de aproximadamente 30 ha. (aprox. 18 manzanas), la cual fue seleccionada por propósitos analíticos; delimitada al norte por República del Salvador, al sur José Ma. Izazaga, oriente Isabel la Católica y al poniente el Eje Lázaro Cárdenas y con una densidad promedio de aprox. 300 Hab./ha. (Ver plano de localización de zona de estudio)

Los principales patrones urbanos observados en la zona son:

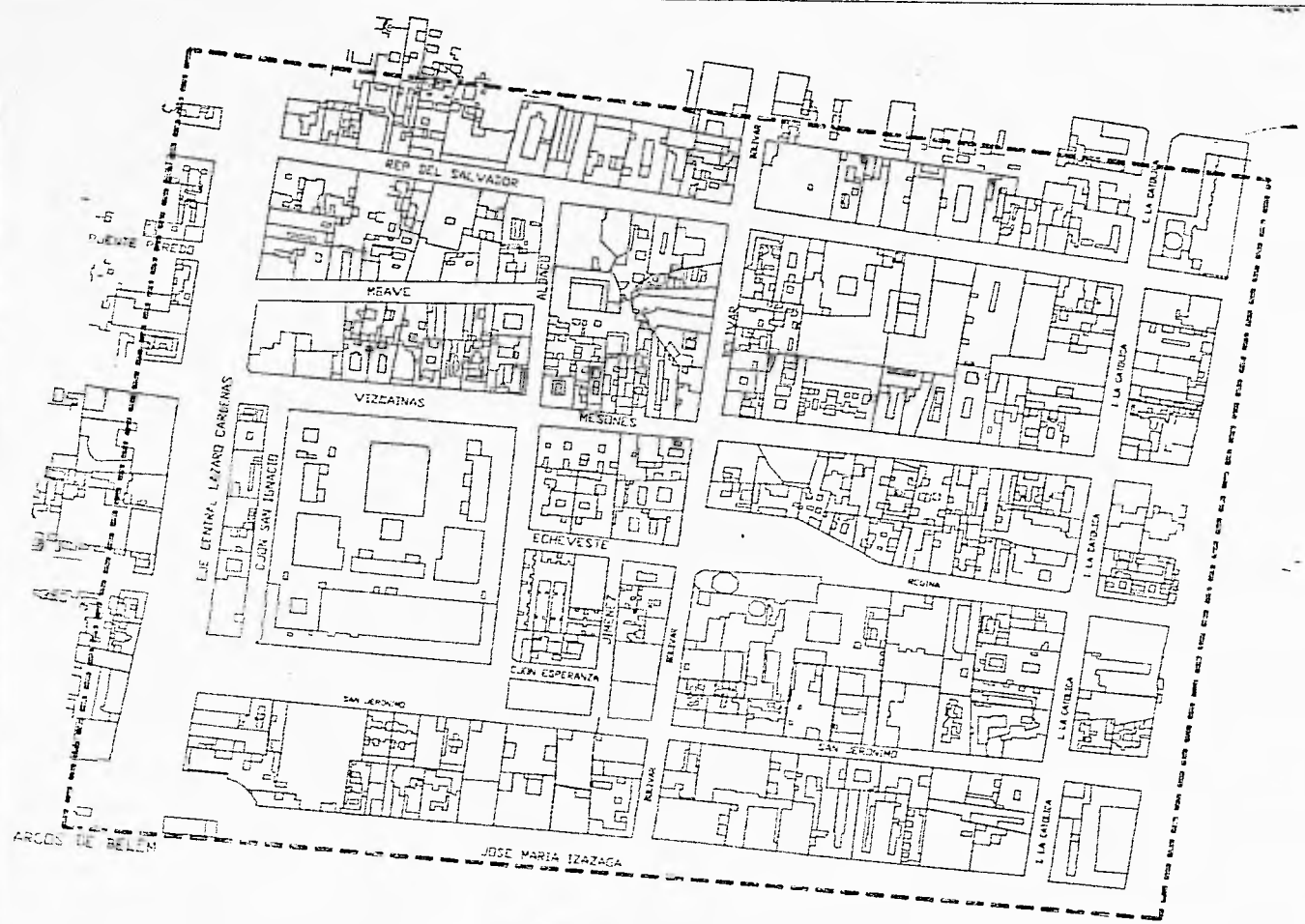
- Pauperización de la vivienda
- Subutilización y aparente abandono de predios en algunas zonas
- Alta concentración de comercio y servicios en la vialidades principales
- Congestionamiento de la red vial primaria en horas pico.

Estos son algunos de los principales problemas que serán analizados a mayor detalle en el sistema propuesto.



piano:
LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

clave:
D1



plano: ZONA DE ESTUDIO	clave: D2
---------------------------	--------------

5.1. CARGA DE INFORMACIÓN

Una vez delimitada la zona de estudio, se planeó una estrategia de levantamiento. El primer paso fue codificar cada manzana para llevar un control estricto y ordenado de la información recopilada (Ver plano de codificación de manzanas). Se dividió la zona en cuatro sectores con un equipo de trabajo asignado a cada uno, a los cuales se les había explicado previamente la forma de llenado de las cédulas.

Los equipos además de la cédula llevaban un plano manzanero con la división por lote, lo que permitió agilizar el levantamiento del uso de suelo por lote. De la misma manera para el sistema vial los equipos de campo registraron los datos en las formas de campo diseñadas específicamente para este estudio. Los

aforos se realizaron manualmente a diferentes horas del día para obtener el tránsito promedio.

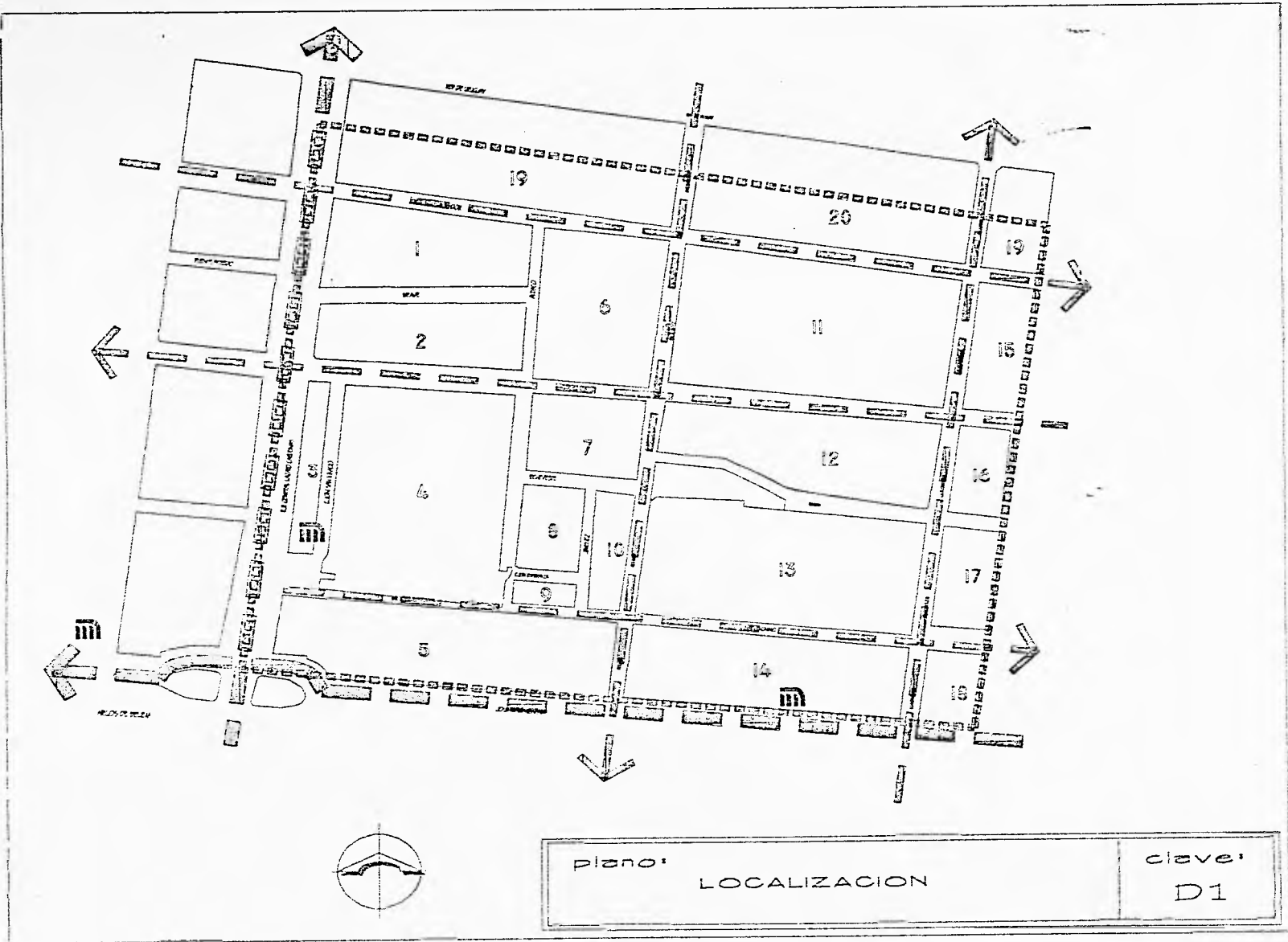
En el caso específico del sistema de alcantarillado se encontraron importantes obstáculos para la obtención de los datos. Tomando en cuenta que la principal intención de este estudio es su planteamiento conceptual, decidimos utilizar datos hipotéticos ya que la información proporcionada por los organismos competentes no fue suficiente ni completa.

La información recopilada y tabulada aparece en el anexo de esta tesis.

5.2. RESULTADOS

Los siguientes planos son producto del análisis espacial de la zona de estudio, a partir de la liga entre los elementos gráficos que representan las calles, tuberías y predios con sus respectivas características espaciales representadas por su diámetro, capacidad,

flujo etc. en el caso de las redes y tipo de uso por nivel en el caso del sistema de uso de suelo. Los niveles de servicio van de la A (mejor) al F (peor).



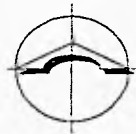
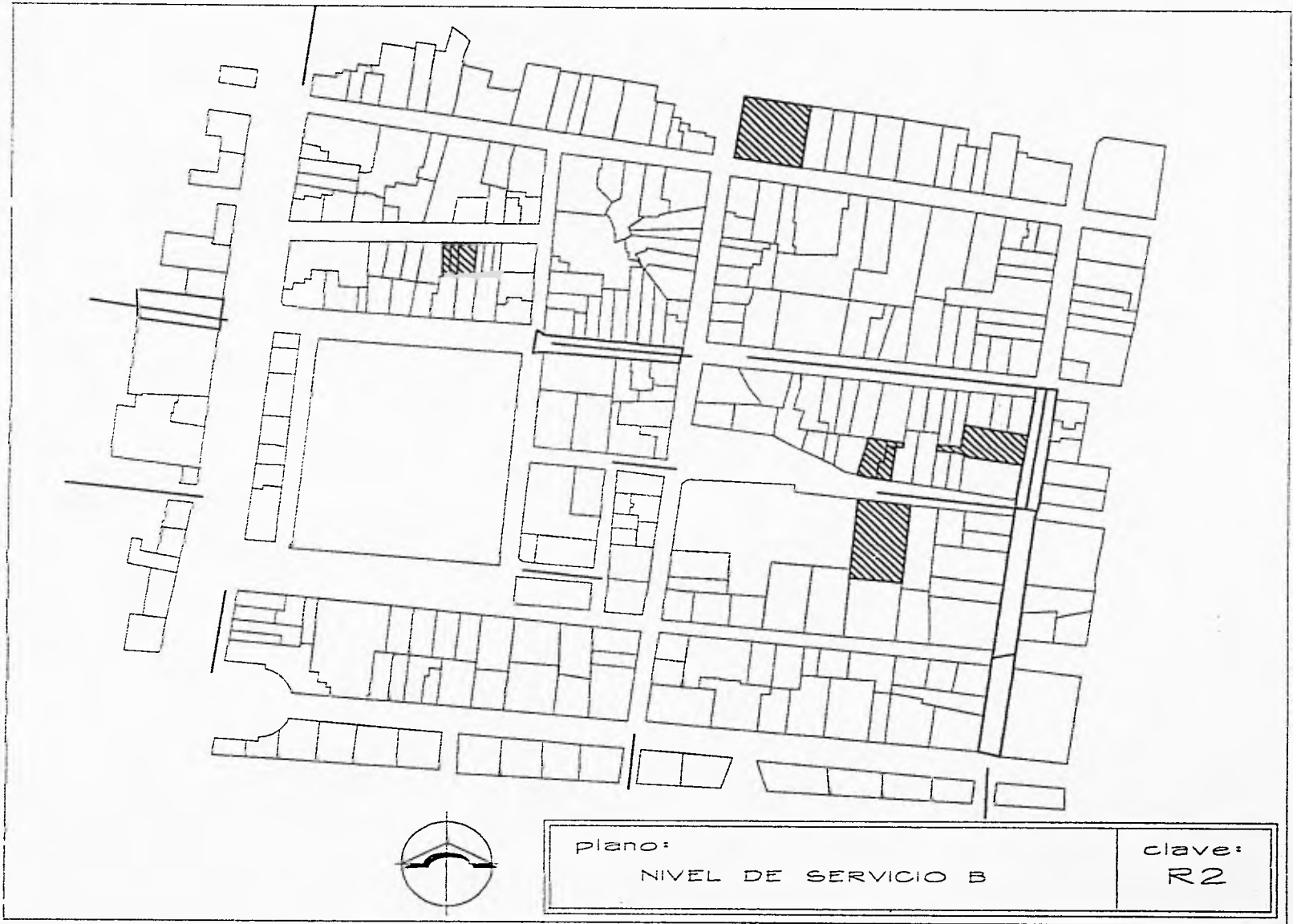
plano:	LOCALIZACION	clave:	D1
--------	--------------	--------	----

PLANO CLAVE	DESCRIPCIÓN
R1	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio A. Presentan en estado de funcionamiento libre (normal), índice de vulnerabilidad de 0.0 a 0.1.
R2	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio B. Presentan en estado de funcionamiento estable (normal), índice de vulnerabilidad de 0.1 a 0.3.
R3	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio C. Presentan en estado de funcionamiento estable (en el límite de lo normal), índice de vulnerabilidad de 0.3 a 0.7.
R4	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio D. Presentan en estado de funcionamiento poco estable (insuficiente), índice de vulnerabilidad de 0.7 a 0.8.
R5	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio C. Presentan en estado de funcionamiento inestable (en el límite de lo insuficiente), índice de vulnerabilidad de 0.8 a 1.
R6	Plano de los sistemas combinados con nivel de servicio C. Presentan en estado de funcionamiento forzado (desastre), índice de vulnerabilidad >1.



plano:
NIVEL DE SERVICIO A

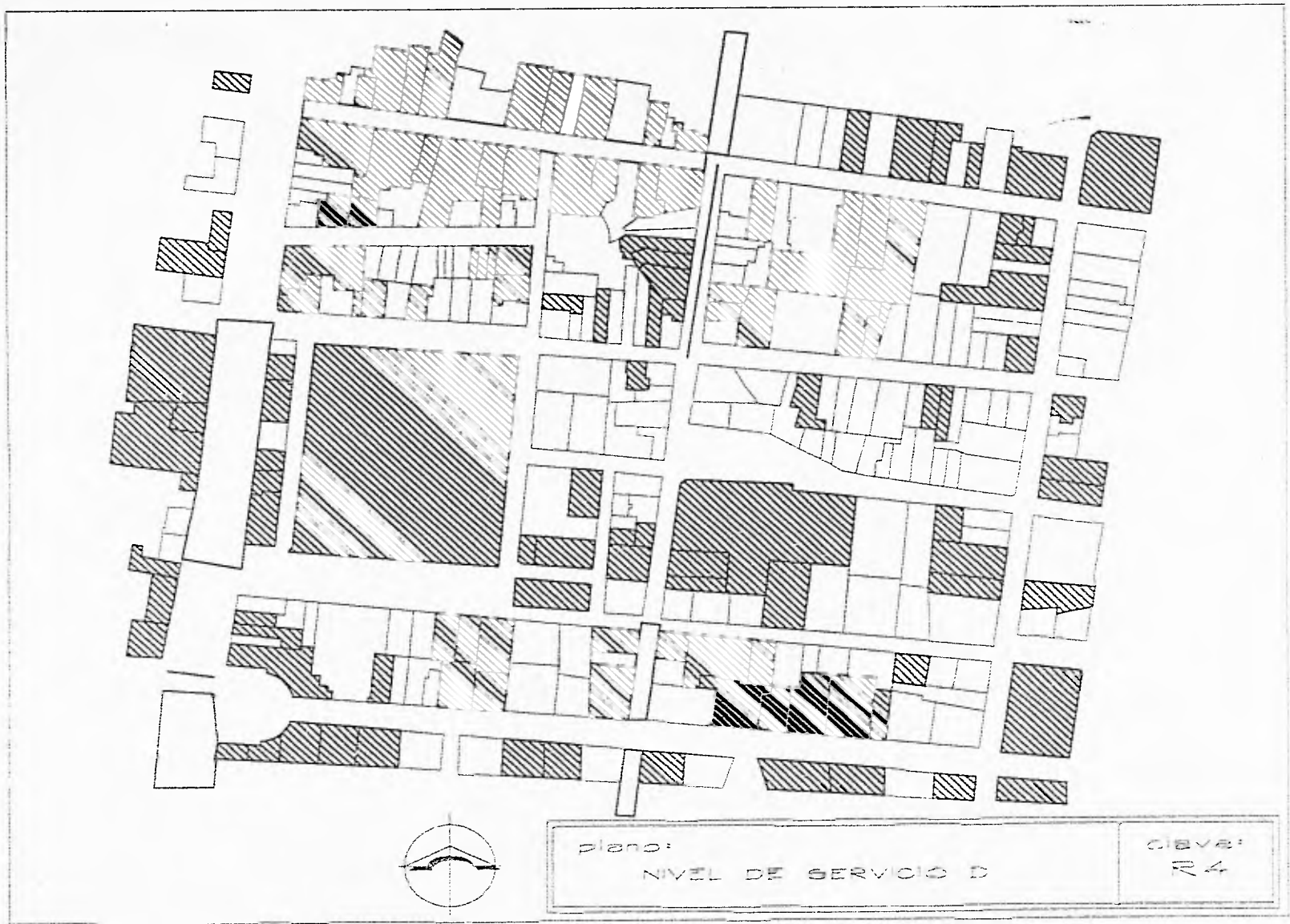
clave:
R1



plano: NIVEL DE SERVICIO B	clave: R2
-------------------------------	--------------



plano: NIVEL DE SERVICIO C	Clave: 706
-------------------------------	---------------



plano:
NIVEL DE SERVICIO D

clave:
7/4



plano: NIVEL DE SERVICIO E	clave: 70
-------------------------------	--------------

5.3. DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES

Décadas de deterioro inmobiliario y ambiental, los sismos de 1985, la parálisis de la inversión inmobiliaria justificada por la mala imagen, la baja rentabilidad, han llevado a la existencia de muchos inmuebles y terrenos abandonados o dedicados a depósitos de materiales o estacionamientos al aire libre (más del 15%), que aceleran el deterioro de los muebles vecinos y constituyen un desperdicio de condiciones infraestructurales y de servicios, de inversión social acumulada, al tiempo que se expande la periferia urbana no equipada, a un alto costo ecológico y social. El CHCM tiene una gran concentración de infraestructuras y servicios, lo cual aumenta las fuentes de deterioro: apropiadas esencialmente por actividades diurnas.

El centro hoy día se constituye en algunas de sus zonas como altamente vulnerables, no solo por sus antecedentes sísmicos, si no por su deterioro físico y social, la emigración de la población residente y el cambio de su uso del suelo. Se pueden destacar como algunas de sus principales características que el CHCM presenta tasas negativas de crecimiento poblacional desde 1960, en contraste con el incremento constante de población flotante formada principalmente por empleados de oficinas públicas y de los numerosos establecimientos comerciales y

comercio informal que se concentran en sus principales avenidas.

La interpretación de los mapas resultado del análisis espacial por medio del SIAMAV nos muestra los siguiente patrones urbanos:

- Subutilización y aparente abandono de predios en algunas zonas
- Alta concentración de comercio y servicios en la vialidades principales
- Congestionamiento de la red vial primaria en horas pico.

El siguiente paso, después de que fueron identificados los puntos críticos, es la definición de criterios de actuación, esto quiere decir que una vez que tenemos una radiografía de la zona estamos en posibilidad de actuar instrumentando políticas acordes a la situación que presenta cada calle-tramo, ya que podremos evaluar el impacto de cierta política en los otros sistemas urbanos.

De acuerdo a los colores de los mapas, podemos determinar espacialmente las zonas que carecen de actividad, o por el contrario la actividad que generan es tan intensa que producen congestionamientos vehiculares o su infraestructura es insuficiente para el manejo de aguas residuales lo que provoca que cualquier lluvia intensa desborde las alcantarillas.

La tabla de decisión pretende dotar de criterios preliminares para la posterior definición de proyectos particulares por ejemplo: las zonas identificadas con el color amarillo son las que presentan una vulnerabilidad menor, si este color se presenta en una calle-tramo en todos los sistemas o con una combinación de azul claro hasta verde, podemos adoptar un criterio de intensificación de uso ya que

existe disponibilidad de suelo y capacidad en la infraestructura.

El caso contrario es el que se refiere a las zonas de color azul marino, magenta y rojo; estas zonas presentan una vulnerabilidad alta ya que la actividad que generan es tal que están generando conflictos en los otros sistemas urbanos, por lo que la menor acción de un fenómeno afectable (FA) puede provocar desde una situación de insuficiencia, hasta un desastre. Las políticas a adoptar en este caso irán desde intensificar el uso de suelo en la zona condicionado a contar los programas de protección civil adecuados particulares del inmueble, hasta tomar medidas como congelar el uso, disolver los nodos del uso de suelo conflictivos a través de programas de reubicación y la imprescindible ampliación de la infraestructura.

6. CONCLUSIONES

La experiencia, producto de la aplicación práctica del SIAMAV en el CHCM nos dan la posibilidad de emitir las siguientes conclusiones y recomendaciones para el uso de este sistema:

- Hasta el momento los programas de prevención de desastres se han enfocado al estudio de calamidades, el rescate y auxilio después de que sucede un desastre y el restablecimiento de la zona afectada, pero la fase de mantenimiento no ha sido suficientemente considerada como un factor de reducción de desastres, sin embargo a través de esta investigación pudimos constatar que los desastres están determinados por el mayor o menor grado de **vulnerabilidad** de las zonas urbanas que a su vez, es determinada por las características físicas y de funcionamiento de los sistemas urbanos que la componen. De esta manera, podemos concluir que, si bien no podemos evitar la ocurrencia de las calamidades, si estamos en condiciones de poder disminuir la vulnerabilidad de los SA a través de su mantenimiento constante, interviniendo oportunamente en los sistemas para aminorar su vulnerabilidad, reduciendo así su propensión al desastre.
- El **SIAMAV** permitirá un monitoreo, vía la constante recolección y análisis de datos, identificando los puntos vulnerables y proporcionando las bases para reducirla a ciertos estándares. Lo anterior es posible gracias a los Sistemas de Información Geográfica que representan un instrumento de ayuda invaluable para el análisis y manejo de recursos urbanos, ya que nos permiten tener ordenada y fácilmente manipulables grandes cantidades de información; esto nos permite un monitoreo de la ciudad por sectores de mantenimiento urbano, además de poder obtener mapas de vulnerabilidad de zonas específicas, tanto por rangos como por cada uno de los sistemas. Para la instrumentación de este sistema o de cualquier otro análisis realizado a través de un GIS es importante destacar la importancia de la aplicación de un enfoque sistémico que nos lleva a la descomposición de la realidad en categorías de fácil manejo.

- El manejo de estos sistemas podría ser a nivel delegación (o municipio) o tal vez en una segmentación en sectores más pequeños y manejables de acuerdo a criterios de zonas homogéneas y superficie. Esto daría la posibilidad no solo de tener un sistema para mapear vulnerabilidad sino a futuro programas de desarrollo urbano interactivos. La comprensión y análisis de las pequeñas partes que componen una ciudad como son las incluidas en la calle-tramo, nos permitirá aplicar políticas urbanas más precisas contribuyendo al mejor aprovechamiento de los recursos (humanos, técnicos y económicos) existentes. El análisis de la calle-tramo como sistema básico puede ser un buen camino tanto para un análisis más detallado de la problemática de la estructura urbana, como para la instrumentación de propuestas a nivel local, ya que se puede llegar a determinar los problemas específicos que presenta una zona urbana. Este análisis detallado permitiría determinar por ejemplo, las densidades y compatibilidad de usos permitidos en una zona.
- Es importante la sectorización espacial, con esto nos referimos al tamaño de la zona de estudio, ya que debido al análisis tan minucioso que se puede llegar a realizar, es importante tener una superficie manejable (en este caso se analizaron aproximadamente 30 Ha) tanto en términos de información alfanumérica como en superficie gráfica, lo cual repercutirá en el tiempo de proceso y manejo en la computadora. Es importante también mencionar que el utilizar áreas pequeñas nos dará la posibilidad de establecer "zonas de mantenimiento" fácil y continuamente monitoreables. Para no perder de vista la tercera dimensión es recomendable tener un acervo fotográfico el cual también puede capturarse en formato digital y relacionarse con los planos.
- En la aplicación del sistema, uno de los procesos que presento mayores problemas fue la recopilación de información sobre todo la que se refiere al sistema de alcantarillado por lo que recomendamos que para la aplicación de un instrumento de esta índole se debe contactar con las dependencias encargadas del manejo y mantenimientos de cada uno de los sistemas urbanos para llegar a un acuerdo de aportación de información, a demás debemos mencionar que la calidad de la información a utilizar se considera de vital importancia, ya que de ella dependerá el resultado de los posteriores análisis. Esta se tiene que utilizar constantemente para evitar diagnósticos erróneos debido a la dinámica que presenta la ciudad.

- La utilización plena del SIAMAV sería cuando se complementara con conocimiento de expertos en otras disciplinas, aportando otras técnicas o modelos provenientes de distintos campos de estudio (Geología, Edafología, agua potable, etc.), lo que permitiría tener mapas interactivos de nuestras áreas urbanas proporcionándonos una visión más completa de los problemas a los que nos enfrentamos o que podríamos enfrentar de no actuar preventivamente o correctivamente. Por otro lado la utilización de este tipo de sistemas permite la unión de técnicas que se encuentran en distintas disciplinas lo que nos ayudará a conjuntar los conocimientos específicos relacionados con el Urbanismo que actualmente se aplican de manera aislada.
- El funcionamiento de un sistema urbano incluye tanto la cantidad como calidad del servicio que suministran; y el cómo, dónde y quienes deben suministrar estos. Este proceso implica una noción clara del problema a solucionar partiendo de un diagnóstico previo de la ciudad como sistema fuente, la eficiencia espacial, económica y social de las decisiones dependerá de la correcta interpretación de esta fase. A partir del conocimiento de la relación uso de suelo-saturación de la infraestructura se podrían establecer tablas de compatibilidad por micro zonas, producto de un conocimiento más objetivo de los patrones de actividad de las mismas.
- los gobiernos frecuentemente tienen que adoptar decisiones de inversión y de funcionamiento con respecto a los sistemas urbanos, así como también decisiones de regulación de los mismos, un sistema de esta índole permitirá la localización de prioridades espaciales de acuerdo a la problemática diagnosticada y la constante evaluación del resultado de las políticas aplicadas en una zona urbana nos permite cerrar el círculo de retroalimentación en un proceso de control llegando así al tan anhelado objetivo del proceso de planeación a través de este sistema.
- Los patrones de **uso de suelo**, mayor o menor cantidad de actividades, expresados en atracción de flujos a una cierta zona deben ser monitoreados para que la capacidad de los sistemas redes correspondan a esta, así pues encontramos que existen áreas urbanas que:
 - a) Carecen de suficiente infraestructura para dar servicio al concentrado de actividades que se llevan a cabo en el área, por lo que la infraestructura se encuentra trabajando al límite de su

capacidad, dichas zonas deben ser atendidas inmediatamente con **acciones de tipo correctivo** (ampliación de los sistemas, medidas especiales, reubicación de usos etc.)

b) Cuentan con suficiente infraestructura para albergar actividades que concentren mayor cantidad de población, esto es importante ya que dichas zonas pueden ser susceptibles de **reutilización o "reciclaje"**.

- Por ultimo podemos decir que el **costo** de un sistema de este tipo podría ser benéfico económicamente partiendo de que la instrumentación de un sistema como éste genera las siguientes posibilidades:

a) **Aprovechamiento de información** generada por el catastro y otras dependencias como INEGI.

b) Generación de **productos de venta** tanto para instituciones públicas como privadas.

c) **Canalización** eficiente de los **recursos** destinados a mantenimiento de las redes, equipamientos, etc.

d) Evitar que muchos costosos estudios urbanos sean utilizados solo para un proyecto específico y después queden archivados y olvidados, permitiendo la **reutilización de su información** para otros estudios o proyectos de diferentes sectores.

7. BIBLIOGRAFÍA

WIENER, Norbert.
Cibernetica y Sociedad
Conacyt, México, 1964.

BERTALANFY, Ludwing Von
Tendencias de la Teoría General de Sistemas
Edit. Alianza, Madrid, 1978.

La Estructura del Medio Ambiente

ARACIL S., Javier.
Introducción a la Dinámica de Sistemas
Ed. Alianza, Madrid, 1983.

CHRISTOPHER, Alexander.

Ed. Tusquets, Barcelona, 1971.

JACOBS, Jane.
Muerte y Vida de las Grandes Ciudades
Ed. Península, Madrid, 1973.

WERNER Z., Hirsch.
Análisis de Economía Urbana
Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid,
1977.

SALMAN G., Carlos
Apuntes del Curso Básico de Sistemas de Información
Geográfica
Instituto Mexicano de Cartografía y Ciencias
Geográficas, S.C, México, 1980.

FORRESTER W., Jay.
Urban Dynamics
The MIT Press, Massachusett, and London, England,
1969.

LYNCH, Kevin and RODWIN, Lloyd.
A Theory of Urban Form.
Journal of the American Institute of Planners, 1958.

GARCIA COLL, Julio.
"Estructura Urbana"
en Cuadernos de Urbanismo, UNAM, Facultad
de Arquitectura, México, 1991.

GUILLERMO A., Adrián y SANCHEZ, María de
Lurdes.
"Vulnerabilidad y Riesgo en la Ciudad de México"
en revista CIUDADES No. 17 Desastres y Protección
Civil
Red Nacional de Investigación Urbana, México, 1993.

REGUILLO, Rosana.
"Catástrofe y Orden Público: Fracturas y Fisuras"
En revista CIUDADES No. 17 Desastres y Protección
Civil
Red Nacional de Investigación Urbana, México, 1993.

VALENZUELA A., José Manuel.
"Problemas Urbanos y Catástrofe en Tijuana"
en revista CIUDADES No. 17 Desastres y Protección
Civil
Red Nacional de Investigación Urbana, México, 1993.

VÁZQUEZ G., Alba y VALDEZ, Enrique.
Impacto Ambiental
UNAM, Facultad de Ingeniería, México, 1993.
KRIER, Rob.
El Espacio Urbano
Ed. Gustavo Gilli, S.A, Barcelona, 1981.

BAZANT S., Jean.
Manual de Criterios de Diseño Urbano
Ed. Trillas, México, 1983.

MAUSBACH, Hans.

Introducción al Urbanismo.
Un Análisis de los Fundamentos de la Planificación
Actual
Ed. Gustavo Gilli, S.A, México, 1985.

Manual
Introducing ArcCAD - Release 11
Environmental System Research Institute, USA, 1995.

ARCVIEW Use's Guide.
Environmental System Research Institute, USA, 1994.

PLIEGO, C. Fernando.
Instituto de investigaciones Sociales
Ed. UNAM, México, 1994.

BOX, Paul.

Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito
Edit. Representaciones y Servicios de ingeniería,
México, 1985.

ACKOFF R., Lincoln y GARCIA F, Carlos A.
El Arte de resolver problemas.
Ed. Limusa, México, 1981.

GELMAN, Ovsei y Rangle.
Los desastres vistos bajo el enfoque sistémico.
Memorias simposio Los asentamientos y la falla de
San Andrés.

GELMAN, Ovsei.
Las consecuencias del sismo del 19 sep bajo el
enfoque sistémico.
Universidad Nacional Autónoma de México,

8. ANEXOS

ANEXO A

Factores de ajuste y Volumen de tránsito.

VUELTAS %	FACTOR DE AJUSTE ^a					
	SIN ESTACIONAMIENTO			CON ESTACIONAMIENTO		
	ANCHO DEL ACCESO ≤ 4.50m	ANCHO DEL ACCESO 5.00 a 10.50m	ANCHO DEL ACCESO ≥ 11.00m	ANCHO DEL ACCESO ≤ 6.00m	ANCHO DEL ACCESO 6.50 a 12.00m	ANCHO DEL ACCESO ≥ 12.50m
0	1.20	1.10	1.050	1.30	1.10	1.050
1	1.27	1.09	1.045	1.27	1.09	1.045
2	1.24	1.08	1.040	1.24	1.08	1.040
3	1.21	1.07	1.035	1.21	1.07	1.035
4	1.18	1.06	1.030	1.18	1.06	1.030
5	1.15	1.05	1.025	1.15	1.05	1.025
6	1.12	1.04	1.020	1.12	1.04	1.020
7	1.09	1.03	1.015	1.09	1.03	1.015
8	1.06	1.02	1.010	1.06	1.02	1.010
9	1.03	1.01	1.005	1.03	1.01	1.005
10	1.02	1.00	1.000	1.00	1.00	1.000
11	0.98	0.99	0.995	0.98	0.99	0.995
12	0.96	0.98	0.990	0.96	0.98	0.990
13	0.94	0.97	0.985	0.94	0.97	0.985
14	0.92	0.96	0.980	0.92	0.96	0.980
15	0.90	0.95	0.975	0.90	0.95	0.975
16	0.88	0.94	0.970	0.89	0.94	0.970
17	0.86	0.93	0.965	0.88	0.93	0.965
18	0.84	0.92	0.960	0.87	0.92	0.960
19	0.82	0.91	0.955	0.86	0.91	0.955
20	0.80	0.90	0.950	0.85	0.90	0.950
21	0.78	0.89	0.945	0.84	0.89	0.945
22	0.76	0.88	0.940	0.83	0.88	0.940
23	0.74	0.87	0.935	0.82	0.87	0.935
24	0.72	0.86	0.930	0.81	0.86	0.930
25	0.70	0.85	0.925	0.80	0.85	0.925
26	0.68	0.84	0.920	0.79	0.84	0.920
27	0.66	0.83	0.915	0.78	0.83	0.915
28	0.64	0.82	0.910	0.77	0.82	0.910
29	0.62	0.81	0.905	0.76	0.81	0.905
30 o más	0.60	0.80	0.900	0.75	0.80	0.900

c) Sin carriles especiales para vueltas o indicaciones especiales del semáforo

TABLA 6-W. FACTORES DE AJUSTE POR VUELTAS A LA IZQUIERDA EN CALLES DE DOS SENTIDOS

VUELTAS %	FACTOR DE AJUSTE ^a					
	SIN ESTACIONAMIENTO ^c			CON ESTACIONAMIENTO ^d		
	ANCHO DEL ACCESO ≤ 4.50m	ANCHO DEL ACCESO 5.00 a 7.50m	ANCHO DEL ACCESO 8.00 a 10.50m	ANCHO DEL ACCESO ≤ 6.00m	ANCHO DEL ACCESO 6.50 a 9.00m	ANCHO DEL ACCESO 9.50 a 12.00m
0	1.20	1.050	1.025	1.20	1.050	1.025
1	1.15	1.045	1.020	1.15	1.045	1.020
2	1.16	1.040	1.020	1.16	1.040	1.020
3	1.14	1.035	1.015	1.14	1.035	1.015
4	1.12	1.030	1.015	1.12	1.030	1.015
5	1.10	1.025	1.010	1.10	1.025	1.010
6	1.08	1.020	1.010	1.08	1.020	1.010
7	1.06	1.015	1.005	1.06	1.015	1.005
8	1.04	1.010	1.000	1.04	1.010	1.000
9	1.03	1.005	1.000	1.03	1.005	1.000
10	1.02	1.000	1.000	1.02	1.000	1.000
11	0.98	0.995	1.000	0.98	0.995	1.000
12	0.96	0.990	0.995	0.96	0.990	0.995
13	0.97	0.985	0.995	0.97	0.985	0.995
14	0.96	0.980	0.990	0.96	0.980	0.990
15	0.95	0.975	0.990	0.95	0.975	0.990
16	0.94	0.970	0.985	0.94	0.970	0.985
17	0.93	0.965	0.985	0.93	0.965	0.985
18	0.92	0.960	0.980	0.92	0.960	0.980
19	0.91	0.955	0.980	0.91	0.955	0.980
20	0.90	0.950	0.975	0.90	0.950	0.975
22	0.89	0.945	0.980	0.89	0.945	0.980
24	0.88	0.940	0.980	0.88	0.940	0.980
26	0.87	0.935	0.980	0.87	0.935	0.980
28	0.86	0.930	0.980	0.86	0.930	0.980
30 o más	0.85	0.925	0.980	0.85	0.925	0.980

a) Sin carriles especiales para vueltas o indicaciones especiales del semáforo

b) Considérense las vueltas a la derecha y a la izquierda separadamente por el número

c) No es necesario el ajuste para anchos del acceso mayores de 10.50m

d) No es necesario el ajuste para anchos del acceso mayores de 12.00m

TABLA 6-V. FACTORES DE AJUSTE POR VUELTAS A LA DERECHA EN CALLES DE DOS SENTIDOS, VUELTAS A LA DERECHA EN CALLES DE UN SENTIDO Y VUELTAS A LA IZQUIERDA EN CALLES DE UN SENTIDO

Las siguientes tablas relacionan ancho de calle con volumen de servicio.

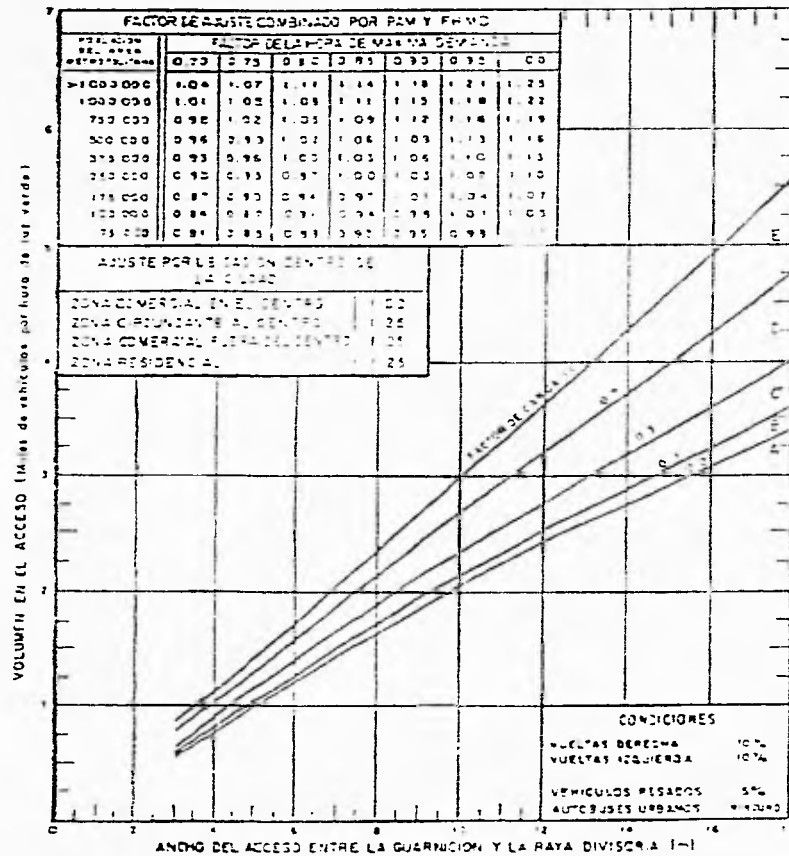


FIGURA 6.57. VOLUMEN DE SERVICIO PARA EL ACCESO A UNA INTERSECCION URBANA, EN VEHICULOS POR HORA DE LUZ VERDE, PARA CALLES DE DOS SENTIDOS DE CIRCULACION SIN ESTACIONAMIENTO

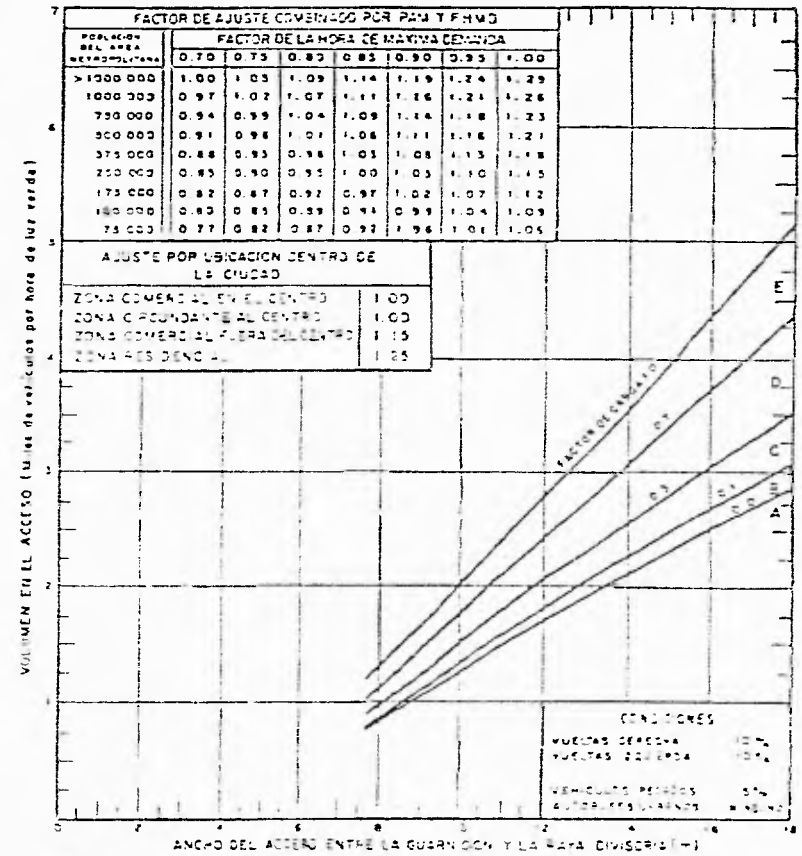
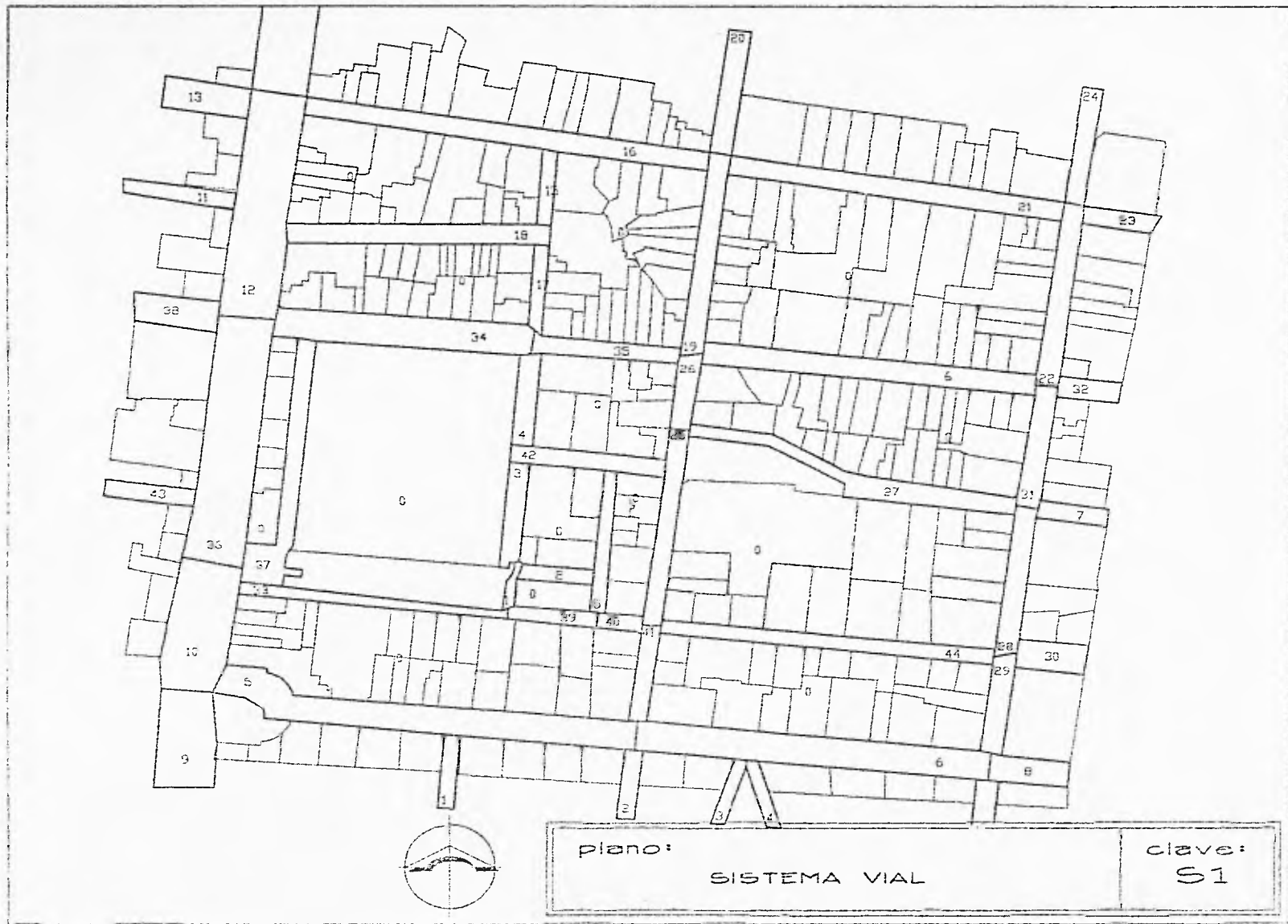


FIGURA 6.58. VOLUMEN DE SERVICIO PARA EL ACCESO A UNA INTERSECCION URBANA, EN VEHICULOS POR HORA DE LUZ VERDE, PARA CALLES DE UN SENTIDO DE CIRCULACION CON ESTACIONAMIENTO EN AMBOS LADOS

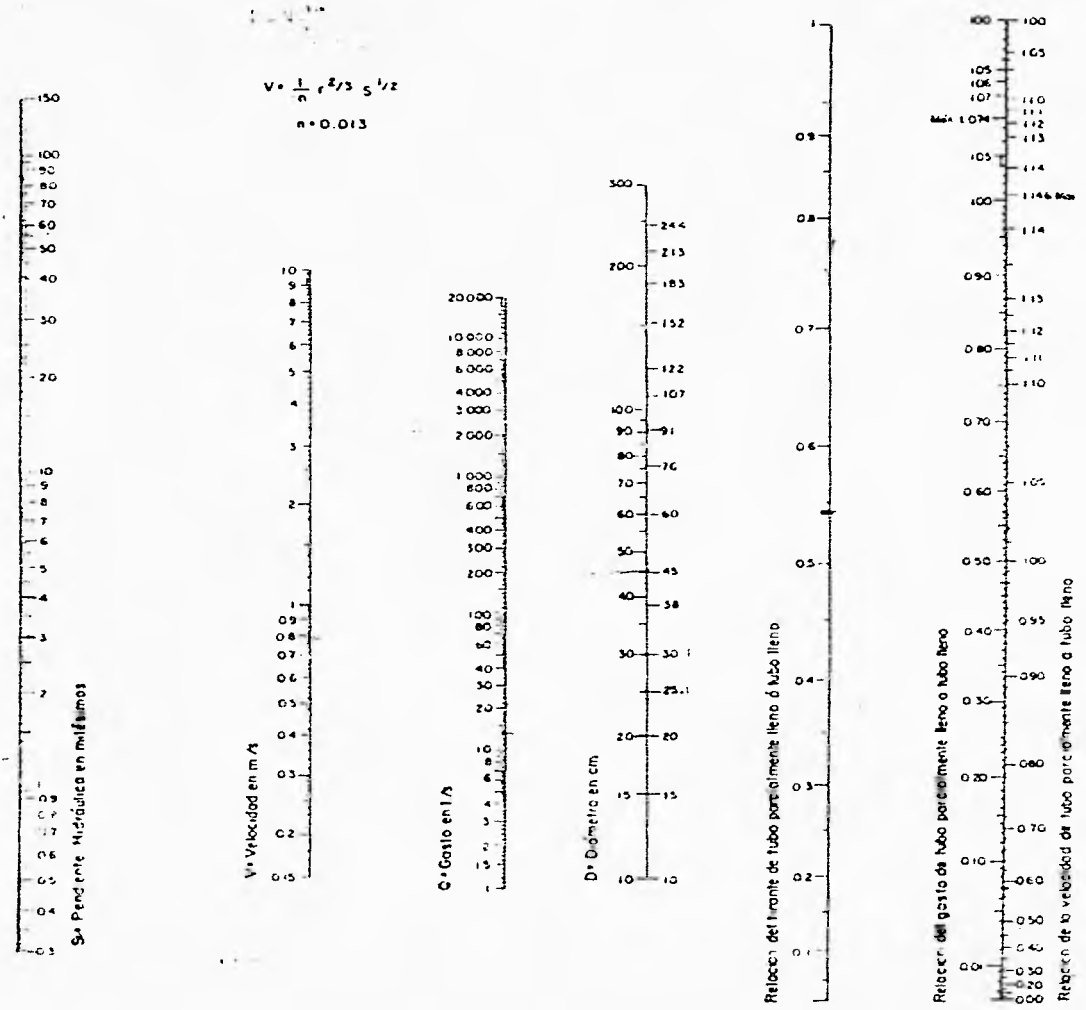
ANEXO B
Sistema vial
Base de datos.

PERIMETER	VIALCH	VIALCH_ID	NOMBRE	ANCHO	VS	VAVIC	#C	CAP	NIV SERV	IV	#C	G	C	C	GC	VO
3775 455000	1	0		0 00	0	0	0 000				0 00	5 30	60	30	60	0 5
233 035200	2	14	EJE CENTRAL	32 69	2346	5500	1 800		B		1 00	60 30	60 30	60 60	0 5	1
181 520500	3	20	BOLIVAR	13 35	1279	2000	0 760		B		0 75	45 30	40 30	45 45	0 5	1
145 546100	4	13	AYUNTAMIENTO	16 43	1705	2000	0 330		B		0 32	20 30	20 30	20 45	0 5	1
178 546100	5	24	LA CATOLIC	11 77	863	2000	0 300		B		0 62	30 30	30 30	30 45	0 5	1
269 339200	6	12	EJE CENTRAL	33 56	2346	6800	1 000		B		1 00	60 30	60 30	60 60	0 5	1
623 475500	7	15	REP SALVADOR	11 50	938	2200	0 930		B		0 63	50 30	40 30	40 45	0 5	1
423 612500	8	0		0 00												
173 205500	9	15	ALDAGO	9 06	554	1200	0 263		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
218 275400	10	0		0 00												
205 135500	11	15	BOLIVAR	17 46	1074	1450	0 332		B		0 35	20 30	20 30	20 45	0 5	1
437 473700	12	21	REP SALVADOR	12 89	1087	2500	0 717		B		0 40	25 30	20 30	20 45	0 5	1
627 274600	13	0		0 00												
157 573700	14	11	REPEDO	10 58	745	1700	0 083		A		0 05	5 30	60 30	60 60	0 5	1
259 046600	15	22	LA CATOLIC	27 02	1776	4100	0 417		B		0 27	20 30	20 30	20 45	0 5	1
116 893400	16	23	REP SALVADOR	12 25	1108	2600	0 500		A		0 00	30 30	20 30	20 45	0 5	1
248 075700	17	18	MEAVE	12 63	936	2000	0 262		C		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
400 055500	18	0		0 00												
135 528300	19	17	ALDAGO	8 73	533	1050	0 082		A		0 05	5 30	60 30	60 60	0 5	1
180 657000	20	38	VIZCAINAS	20 80	1535	3600	0 167		B		0 17	10 30	40 30	40 60	0 5	1
255 202450	21	34	VIZCAINAS	18 56	1446	3400	0 243		B		0 09	5 30	60 30	60 60	0 5	1
207 540300	22	36	EJE CENTRAL	35 70	2717	5700	0 750		B		0 78	45 30	40 30	40 45	0 5	1
207 091600	23	35	MESONES	10 68	767	1500	0 250		B		0 20	15 30	40 30	40 60	0 5	1
328 591000	24	0		0 00												
428 046700	25	37	DRAGONARIO	0 00	0	0	0 085		-		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
637 238200	26	0		0 00												
436 552100	27	4	MESONES	14 24	1126	2600	0 093		A		0 09	5 30	60 30	60 60	0 5	1
126 581600	28	26	BOLIVAR	13 07	1064	2450	0 300		C		0 30	20 30	20 30	20 45	0 5	1
146 250000	29	4	ALDAGO	12 66	936	2000	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
240 213700	30	0		0 00												
670 445900	31	0		0 00												
100 761500	32	32	MESONES	13 60	976	2100	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
189 926700	33	31	LA CATOLIC	11 15	1296	2800	0 797		B		0 17	10 30	40 30	40 60	0 5	1
466 597700	34	4	REGINA	9 43	544	1275	0 083		A		0 06	5 30	60 30	60 60	0 5	1
265 551000	35	25	BOLIVAR	11 93	894	2100	0 417		C		0 40	25 30	40 30	40 60	0 5	1
670 186500	36	0		0 00												
210 321600	37	42	ECHAVESTE	11 89	705	1700	0 090		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
140 163600	38	3	ALDAGO	11 80	736	1725	0 083		B		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
270 532800	39	0		0 00												
205 246100	40	5	VIMENZ	8 60	544	1075	0 053		A		0 05	5 30	60 30	60 60	0 5	1
236 206700	41	0		0 00												
131 018000	42	43	REGINA	11 42	796	1725	0 073		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
164 842000	43	7	REGINA	11 50	736	1725	0 083		B		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
224 505900	44	28	LA CATOLIC	13 70	1092	2350	0 260		B		0 28	15 30	40 30	40 60	0 5	1
241 214900	45	10	EJE CENTRAL	36 36	1750	1700	0 300		B		0 32	20 30	20 30	20 45	0 5	1
78 304100	46	1	ALDAGO	8 50	544	1000	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
110 438500	47	2	ESPERANZA	10 07	736	1725	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
107 601300	48	0		0 00												
366 102800	49	33	SN JERONIMO	9 45	562	825	0 073		A		0 05	5 30	60 30	60 60	0 5	1
672 509200	50	0		0 00												
126 664500	51	39	SN JERONIMO	9 68	544	1275	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
76 474400	52	40	SN JERONIMO	10 13	725	1700	0 083		A		0 05	5 30	60 30	60 60	0 5	1
177 083500	53	44	SN JERONIMO	9 30	544	1075	0 083		A		0 06	5 30	60 30	60 60	0 5	1
761 963000	54	41	BOLIVAR	11 46	638	1700	0 083		D		0 08	50 30	60 30	60 60	0 5	1
526 514100	55	0		0 00												
124 442500	56	30	SN JERONIMO	10 57	1448	3100	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
160 474100	57	29	LA CATOLIC	10 77	1002	2200	0 250		B		0 06	10 30	40 30	40 60	0 5	1
670 697600	58	5	VIMENZ	8 60	544	1075	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
159 660700	59	6	EJE CENTRAL	35 27	2176	4700	0 760		B		0 76	35 30	30 30	30 45	0 5	1
271 832700	60	9	EJE CENTRAL	14 00	1108	2600	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
147 243600	61	1	REGINA	10 07	736	1725	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
110 113200	62	2	BOLIVAR	11 01	969	2200	0 117		C		0 07	45 30	40 30	40 60	0 5	1
140 225600	63	8	TRAFAGA	17 39	1660	3600	0 400		D		0 37	20 30	40 30	40 60	0 5	1
105 953900	64	3	ALDAGO	11 50	725	1725	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
167 027400	65	4	ALDAGO	10 68	706	1700	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1
103 118400	66	7	REGINA	11 40	736	1725	0 083		A		0 08	5 30	60 30	60 60	0 5	1



ANEXO C

Nomograma de Manning



N O M O G R A M A D E M A N N I N G

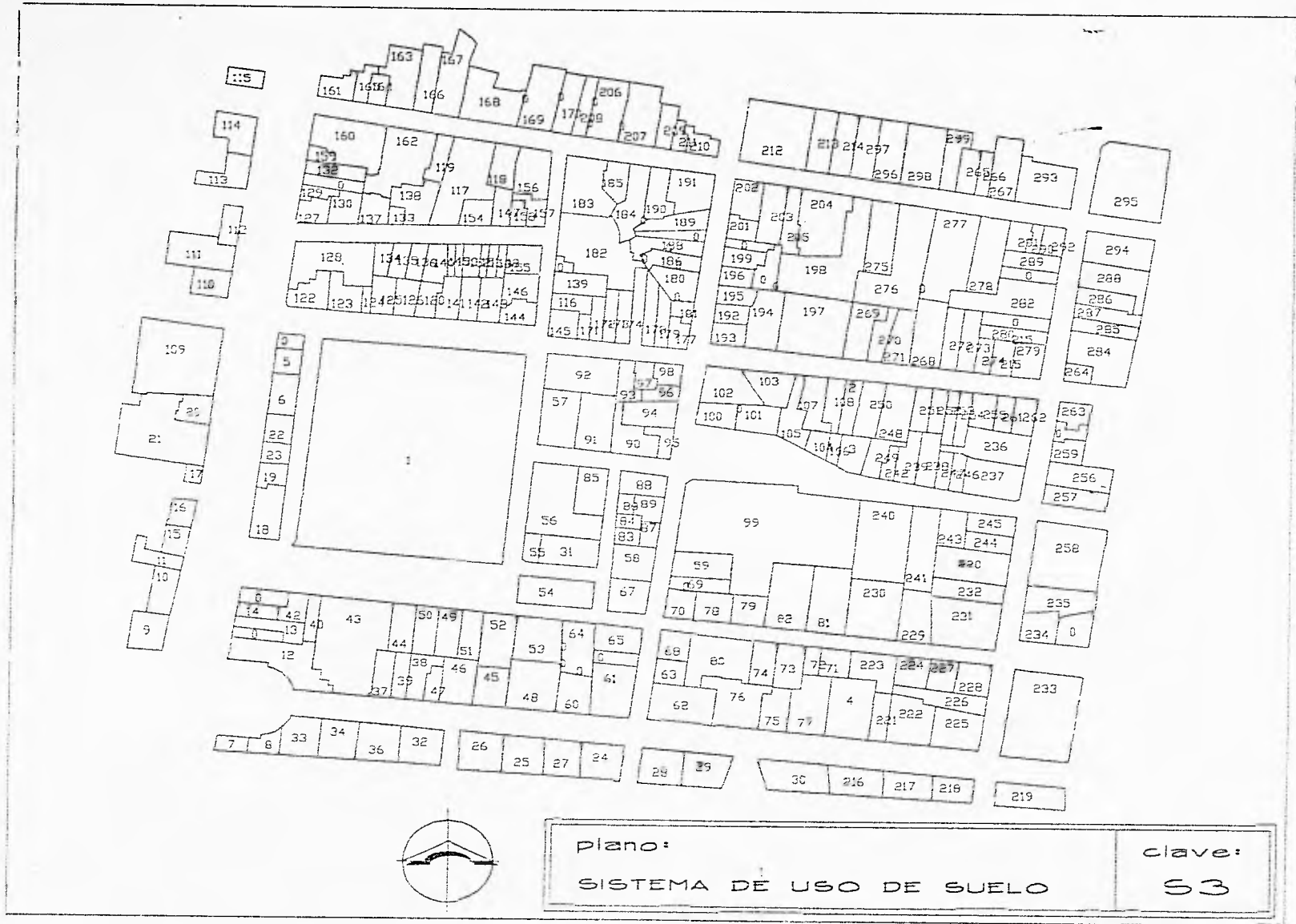
VULNERABILIDAD EN CIUDADES.
UNA APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

ANEXO D
Sistema alcantarillado
Base de datos.

TIPO	TRAMO			LONGITUD (M)	DENSIDAD	POBLACION	COEF.	GASTOS US			
SISTEMA	DRENBD_ID	FNODE_	TNODE_	PROPIA	TRIBUTARIA	ACUMULADA	HAB/M	HARMON	INFILTRACION	MINIMO	
TIPO	DRENBD_ID	FNODE_	TNODE_	LENGTH							
a	1	25	26	85 902570	0	85 90257	3	215	3 80	0	1 50
a	2	44	45	47 834770	0	47 83477	3	120	3 80	0	1 50
a	3	33	34	48 330460	0	48 33046	3	121	3 80	0	1 50
b	4	46	48	184 415900	0	184 4159	3	510	3 80	0	1 50
b	5	59	60	191 127000	415 25824	606 385240	3	2005	1565 28	0	2 32
a	6	11	13	103 589200	1936 72464	2040 313840	3	5101	1565 28	0	5 90
b	7	39	56	114 281100	84 50244	198 78354	3	657	3 80	0	1 50
a	8	43	23	132 966400	0	132 9664	3	332	3 80	0	1 50
b	9	56	57	28 682880	259 80033	288 483210	3	954	3 80	0	1 50
b	10	58	56	61 016790	0	61 01679	3	202	3 80	0	1 50
b	11	47	57	54 451870	0	54 45187	3	180	3 80	0	1 50
b	12	57	59	72 323160	342 93508	415 25824	3	1373	1565 28	0	1 59
b	13	37	39	84 502440	0	84 50244	3	279	3 80	0	1 50
a	14	21	20	85 135850	0	85 13585	3	213	3 80	0	1 50
a	15	15	14	83 940120	0	83 94012	3	210	3 80	0	1 50
a	16	6	8	85 624310	500	585 62431	3	1464	1565 28	0	1 69
a	17	22	24	145 553100	0	145 5531	3	364	3 80	0	1 50
a	18	19	19	134 064500	0	134 0645	3	335	3 80	0	1 50
a	19	19	11	61 157090	405 78894	466 946030	3	1167	1565 28	0	1 50
a	20	24	19	71 089510	200 63493	271 724440	3	679	3 80	0	1 50
a	21	31	24	55 081830	0	55 08183	3	138	3 80	0	1 50
a	22	23	9	146 991300	132 9664	279 957700	3	700	3 80	0	1 50
a	23	15	8	63 681390	358 62397	422 305360	3	1056	1565 28	0	1 50
a	24	21	15	82 954500	191 72935	274 683550	3	587	3 80	0	1 50
a	25	36	21	106 593500	0	106 5935	3	256	3 80	0	1 50
c	26	4	1	73 608450	0	73 60845	13	957	3 80	0	1 50
c	27	7	2	76 070050	0	76 07005	13	989	3 80	0	1 50
a	28	9	11	155 965800	1313 81281	1469 77861	3	3674	1565 28	0	4 25
a	29	8	9	25 925440	1007 92967	1033 85511	3	2585	1565 28	0	2 99
a	30	45	34	77 540970	47 83477	125 375740	3	313	3 80	0	1 50
a	31	48	05	93 130460	0	93 13046	3	293	3 80	0	1 50
a	32	50	40	80 394320	0	80 39432	3	201	3 80	0	1 50
c	33	41	42	41 886270	0	41 88627	13	545	3 80	0	1 50
b	34	52	54	107 291200	327 1442	434 435400	3	1437	1565 28	0	1 68
b	35	60	61	217 025900	780 63234	1007 65824	3	3332	1565 28	0	3 88
b	36	63	60	36 030260	85	121 03026	3	400	3 80	0	1 50
b	37	51	60	63 216840	0	63 21684	3	209	3 80	0	1 50
b	38	37	52	142 728300	184 4159	327 144200	3	1082	1565 28	0	1 50
c	39	37	55	39 464790	0	39 46479	13	513	3 80	0	1 50
b	40	64	61	33 255860	85	118 25586	3	391	3 80	0	1 50
b	41	54	61	72 962300	434 4354	507 3977	3	1678	1565 28	0	1 94
b	42	61	62	48 729050	1633 3118	1682 04086	3	5562	1565 28	0	6 44
a	43	38	40	92 060170	80 93468	172 994850	3	432	3 80	0	1 50
a	44	27	29	164 638800	0	164 6388	3	462	3 80	0	1 50
a	45	13	16	218 203500	2635 01433	2853 21783	3	7133	1565 28	0	8 26
a	46	34	35	38 903230	173 7052	212 60943	3	532	3 80	0	1 50
a	47	26	13	128 046300	466 65419	594 70049	3	1487	1565 28	0	1 72
a	48	35	26	75 011730	305 73989	380 75162	3	952	3 80	0	1 50
a	49	32	38	80 934680	0	80 93468	3	202	3 80	0	1 50
c	50	10	3	66 887540	0	66 88754	13	870	3 80	0	1 50
a	51	29	16	114 612100	519 20963	633 82173	3	1585	1565 28	0	1 83
a	52	40	29	81 181660	253 38917	334 57083	3	836	3 80	0	1 50
c	53	28	30	36 647400	0	36 6474	13	477	3 80	0	1 50
c	54	12	5	49 965690	0	49 96569	13	650	3 80	0	1 50
a	55	16	17	49 995570	3487 02956	3537 03513	3	8843	1565 28	0	10 23



plano: SISTEMA DE ALCANTARILLADO	clave: S2
-------------------------------------	--------------



plano: SISTEMA DE USO DE SUELO	clave: 53
-----------------------------------	--------------

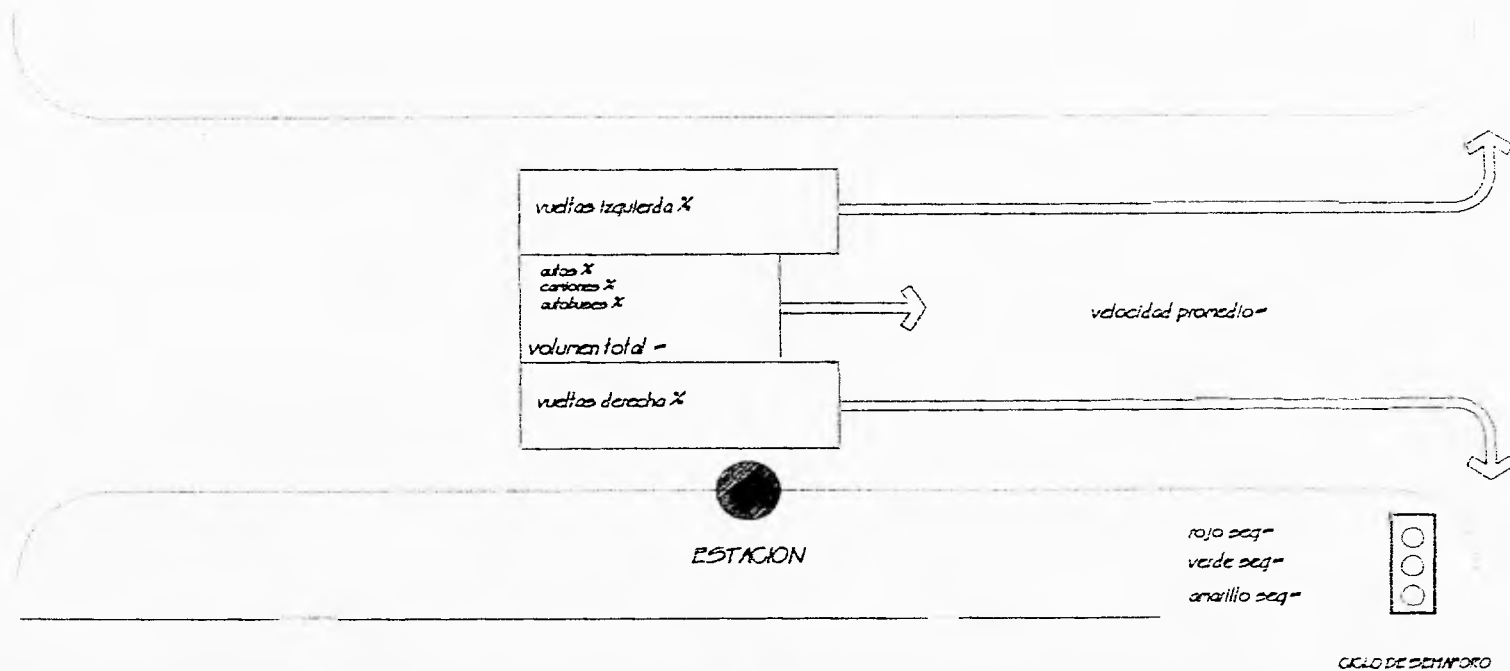
ANEXO F

Cédula de aforos

AFORO DE VEHICULOS
(SISTEMA VIALIDAD)

FECHA JULIO 1995

VIALIDAD AFORADA BOLIVAR ENTRE Y ID DE CALLE 20
HORA DE AFORO 3:00 AM VELOCIDAD APROXIMADA 10 KM/HR VA= 5500
ANCHO APROXIMADO DE SECCION 13.35 M NO DE CARRILES 2 NIVEL DE SERVICIO = D
NO. DE FASES CARGADAS EN 1HR. 45 G/C= 5
NOMBRE DEL AFORADOR JOSE MANUEL
OBSERVACIONES: SE OBSERVAN OBSTRUCCIONES POR ESTACIONAMIENTO.



ANEXO G

Cédula uso de suelo

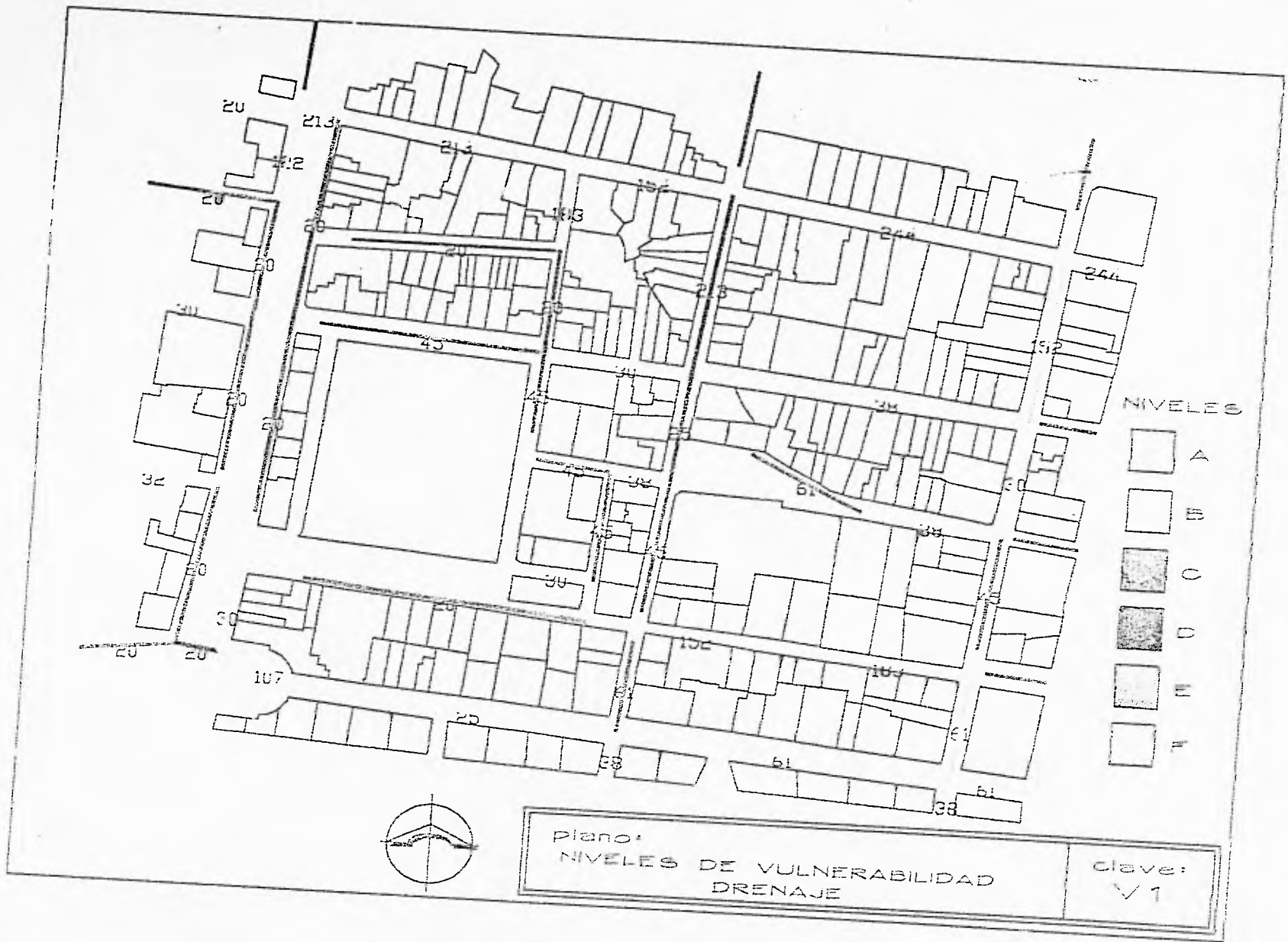
1.2 TABLA DE CLASIFICACIÓN DE USOS
 DEL SUELO

ID	SOTAN O	P.B	1 NIVEL	2 NIVEL	3 NIVEL	4 NIVEL	5 NIVEL	6 NIVEL	7 NIVEL	8 NIVEL	TOTA L	USO	GIRO *	NOMBRE*	CALLE
101		31	1												REP. SALVADOR
102		31	31	1	1	1									REP. SALVADOR
104		31	31	31	31						OFIC				REP. SALVADOR
105		31	1	37	37							OFIC			REP. SALVADOR
106		31	1									REST			REP. SALVADOR
107		31	ABAN	1											REP. SALVADOR
108		31	1												MEAVE

* Solo para el caso del comercio o equipamiento.

ANEXO H

Planos con los niveles de servicio por sistema.



NIVELES

- A
- B
- C
- D
- E
- F

plano:
NIVELES DE VULNERABILIDAD
DRENAJE

clave:
V1



NIVELES

- A
- B
- C
- D
- E
- F









plano:
NIVELES DE VULNERABILIDAD
VIALIDAD

clave:
V2



NIVELES

-  A
-  B
-  C
-  D
-  E
-  F



plano:
 NIVELES DE VULNERABILIDAD
 USO DE SUELO

clave:
 V3