



01149
5
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

UNAM a 10 de Junio de 2003

CORREO:

NOMBRE: Ing. Oscar Iván
Aristizábal Ocampo

FECHA: Julio 2 de 2003

FIRMA: [Firma]

"ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD A LAS CABECERAS
MUNICIPALES DEL ESTADO DE MÉXICO, MEDIANTE EL
PLANTEO DE UN ALGORITMO"

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA DE TRANSPORTES

P R E S E N T A
INGENIERO OSCAR IVÁN ARISTIZÁBAL OCAMPO

DIRECTOR DE TESIS: DR. LUIS CHÍAS BECERRIL

UNAM
POSGRADO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2003.

1-A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

El Conocimiento es el mejor regalo que se puede heredar en la vida.

Si se recibe como aquel tesoro que uno mismo puede lograrse por medio de sus propios esfuerzos, y manteniendo ese tesón de alimentarse de él durante toda la vida, entonces se podrá decir que se entiende lo maravilloso que es el significado de esto que se llama vida. Por ello doy gracias a DIOS por haberme dado ese don de crecer como persona y alcanzar una meta más, de las muchas que me esperan. Doy gracias a mi familia por haber estado siempre allí, incondicional y sincera; doy gracias a mis amigos por tener siempre esa palabra de aliento y regaño certero en el momento indicado; a mis profesores y maestros que desde niño y hasta ahora, compartieron conmigo su saber con su paciencia; y me doy gracias a mí mismo, por haber entendido que sólo se logra una meta cuando de verdad se desea alcanzar. Dedico este logro a mi Padre que aún tengo la fortuna de contar con su existencia, y a mi Madre Santa que Dios tenga en su Gloria, dos seres que me dieron la vida y a quienes les debo todo lo que soy y seré como persona.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
2	CAPÍTULO 1. LA ACCESIBILIDAD: COMPLEJIDAD DEL MARCO CONCEPTUAL	14
2.1	DEL CONCEPTO SIMPLE AL MULTIDIMENSIONAL	15
2.2	INDICADORES Y MEDIDAS DE CONECTIVIDAD Y ACCESIBILIDAD.....	31
2.3	APLICACIONES Y TIPOLOGÍAS DE LA ACCESIBILIDAD	42
2.4	REFLEXIONES FINALES SOBRE EL CONCEPTO ACCESIBILIDAD	49
3	CAPÍTULO 2. ASPECTOS GENERALES DEL ESTADO DE MÉXICO.....	61
3.1	RESEÑA HISTÓRICA	61
3.2	ASPECTOS FÍSICO GEOGRÁFICOS	64
3.3	ESTRUCTURA JURÍDICO ADMINISTRATIVA	77
3.4	ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS DEL ESTADO DE MÉXICO.....	89
4	CAPÍTULO 3. DISTINTAS FORMAS DE ANALIZAR LA ACCESIBILIDAD EN EL ESTADO DE MÉXICO.....	104
4.1	ACCESIBILIDAD DE LAS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MÉXICO A LA RED CARRETERA PAVIMENTADA: UN ENFOQUE METODOLÓGICO	104
4.2	MAPA CON LA LONGITUD EN KILÓMETROS DE CARRETERAS PAVIMENTADAS POR MUNICIPIO.....	124
4.3	MAPA DE DENSIDAD DE CARRETERAS POR MUNICIPIO.....	126
5	CAPÍTULO 4. MODELO A TRAVÉS DE LAS ESCALAS GEOGRÁFICAS	128
5.1	INTRODUCCIÓN AL MODELO.....	129
5.2	ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL MODELO.....	131
5.3	METODOLOGÍA DEL MODELO	133
5.4	DISEÑO DE INTERFASE PARA EL MODELO	140
5.5	GUÍA PASO A PASO A TRAVÉS DE LA INTERFASE	141
6	CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MODELO: INFORMACIÓN EMPLEADA Y RESULTADOS.....	148
6.1	INFORMACIÓN REQUERIDA	149
6.2	METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN	156
6.3	DESARROLLO DEL MODELO	159
6.4	RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	167
7	CONCLUSIONES	172

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**FALTA
PAGINA**

3

Lista de Figuras

Figura 1	Aspectos Espaciales Básicos de Accesibilidad	26
Figura 2	La utilidad del tiempo de viaje	53
Figura 3	Ubicación Geográfica del Estado de México	65
Figura 4	Relieve del Estado de México	68
Figura 5	Espacio Mapa del Estado de México	69
Figura 6	Topoformas del Estado de México	73
Figura 7	Provincias Fisiográficas del Estado de México	76
Figura 8	División Política Del Estado De México y Sus Cabeceras Municipales	79
Figura 9	Red Carretera del Estado de México	85
Figura 10	Localidades del Estado De México	90
Figura 11	Población Total según Principales Municipios, 1995	99
Figura 12	Densidad de Población por Entidad Municipal	102
Figura 13	Accesibilidad de las Localidades del Estado de México	115
Figura 14	Accesibilidad a la red de carreteras pavimentadas con fricción del relieve	121
Figura 15	Longitud total de carreteras pavimentadas por entidad municipal	125
Figura 16	Densidad de carreteras por entidad municipal	127
Figura 17	La función COSTODISTANCIA, como se declara en los documentos de ayuda de ArcInfo®, con adaptación a la tesis	134
Figura 18	Entradas y Salidas de la Función COSTODISTANCIA en ArcView® 3.0	139
Figura 19	Áreas de Influencia de las Cabeceras Municipales	168

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1 INTRODUCCIÓN

La accesibilidad es un tema que ha sido estudiado desde hace mucho tiempo y en los últimos años se ha incrementado y diversificado su análisis para obtener un entendimiento mucho más acorde a los temas con los que se vincula el concepto accesibilidad.

Estos enfoques se han dirigido al sector educativo, el de salud, acceso a los centros comerciales y de trabajo o residencia, etc., todos ellos con el fin específico de obtener mejores criterios en el manejo de la accesibilidad. Pero cada una de estas perspectivas sobre accesibilidad, manejan diferentes métodos y algoritmos para su análisis, siendo unos más complejos que otros y limitando o potencializando su uso según el fin que se busque.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios se enfocan al análisis de la accesibilidad urbana, encontrándose muy poco material que permita entender el comportamiento de la accesibilidad interurbana, tanto en el ámbito mundial, y como en el caso particular de la República Mexicana.

De ahí el interés por enfocarse al estudio de la accesibilidad rural en el Estado de México, en el entendido de que se involucrarán áreas urbanas cuando trazamos como objetivo principal, el análisis de la accesibilidad en el Estado de México,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

teniendo en cuenta su red carretera y los factores o atributos más significativos que se involucran en ella, planteando un algoritmo que interprete la situación actual de la accesibilidad de todas las localidades del Estado de México hacia sus correspondientes cabeceras municipales.

Como objetivos particulares se citan los siguientes:

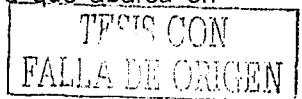
- Generar la posibilidad de obtener una serie de modelos cartográficos donde se aprecie el comportamiento de las zonas de accesibilidad mexiquenses con respecto a cada Cabecera Municipal, según el rango de tiempo de acceso elegido (30, 60, 90 minutos, etc.)
- Permitir calcular el "costo" de viaje en tiempo, dinero u otro valor seleccionado para acceder a la cabecera municipal elegida desde cualquier punto en el mapa.
- Manipular información que pueda ser actualizada cuando sea necesario, con el fin de hacer análisis del mismo tipo que se puedan aplicar a otros estados o bien al total de la República Mexicana.
- Tener la posibilidad de realizar un análisis de rutas de menor costo hacia los lugares que se quieran acceder.
- Tener la facilidad de explorar, mediante el planteamiento de este modelo, la accesibilidad a cualquier punto de interés que se quiera analizar, como hospitales, escuelas, mercados específicos, etc.

- Generar interés en el tema, para que, en estudios posteriores sobre la accesibilidad rural y urbana en el país, se ejecuten otras metodologías similares para incrementar la información de este tipo en el ámbito nacional, pues actualmente no existe ninguno enfocado de esta manera.

La accesibilidad fuera del ámbito urbano, es un tema poco tratado y menos aún solucionado. En el Estado de México se desconocen los tiempos y costos de los desplazamientos de las pequeñas y medianas localidades a las principales ciudades mexiquenses. Dato valioso para optimizar y mejorar los niveles de accesibilidad.

Este tipo de problema despierta interés, pues el simple tema de accesibilidad, en este caso entre localidades (urbanas y rurales), involucra una gran cantidad de factores, características y atributos que se deben tener en cuenta en la red carretera que une dos ciudades, los cuales inciden en las características y el desarrollo de un viaje, cualquiera que sea su tipo, para obtener un grado satisfactorio de accesibilidad al lugar que se quiere alcanzar.

El Estado de México, se relacionó como área de estudio por su ubicación estratégica en la República Mexicana al limitar con el Distrito Federal y hacer parte de la zona Metropolitana de la Ciudad de México con 30 de sus municipios. Es parte obligada para el paso de los habitantes de la Ciudad de México y de otras regiones aledañas y del sur del país al dirigirse hacia la zona norte, oriental y occidental. Además, dicho estado cuenta con una red carretera que abarca en forma generalizada toda su región.



El análisis de la accesibilidad se considera un problema importante, por incidencias positivas al transporte y a la misma comunidad e instituciones involucradas, sus resultados pueden promover cambios satisfactorios, siendo "rentable" al superar la dificultad a la posible "inversión" en su solución. Es un problema viable ya que se tiene la información necesaria para abordarlo con datos recopilados que ayudan en su análisis y se cuenta con los recursos intelectuales y técnicos para desarrollar la investigación.

Se puede decir que la selección del problema es inherente al conocimiento adquirido del transporte y de la geografía nacional, así como de los abundantes estudios que se encontraron sobre la accesibilidad y la existencia de datos disponibles para ser aplicados.

La accesibilidad en general abarca muchos tópicos cuyo análisis depende según su naturaleza. La accesibilidad vehicular y de personas en la red carretera del Estado de México, tiene una naturaleza propia que debe enfocarse de forma tal, que pueda generar resultados válidos que ayuden a comprender mejor su comportamiento. Para analizar la accesibilidad entre localidades (urbanas y rurales) del Estado de México, y que los resultados de ese análisis se puedan aplicar a otras entidades, se puede utilizar, una cantidad pequeña pero significativa, de variables que representan los atributos de cada tramo de la red, de tal forma que puedan ser aplicados al modelo o algoritmo que permita encontrar el tipo de accesibilidad o su medición, según la interpretación, con que se cuenta en cierta parte de la red estudiada, y que así se planteen soluciones a

mejorar los efectos de los atributos que se tengan en cuenta para lograr un cambio favorable en los niveles de accesibilidad existente.

Los atributos, características o variables que se pueden utilizar de una red vial para evaluar la accesibilidad, varían desde el simple estado de ánimo de quien conduzca el automotor que circule por la red, pasando por el tipo de vía, volumen de tráfico, tipos de automotores, hasta la capacidad de la vía, número y costo de casetas, frecuencia de accidentes de tránsito y su tiempo de solución, etc.

El algoritmo o modelo matemático requerido para medir la accesibilidad no debe ser tan sencillo que no aporte nada, ni tan complicado que sólo logre confundir y desviar la finalidad de su utilización. Para este caso, el modelo a plantear es el ideal para obtener el objetivo propuesto, al ser un modelo actual y fácil de aplicar, pero que requiere de conocimientos básicos en su manejo para un buen desarrollo.

Como el objetivo es la obtención de resultados mediante la aplicación de un modelo o algoritmo, los trabajos que se requieren son de investigación y desarrollo. Ello se limitará a deducir el tipo o la medida de accesibilidad en cada tramo de la red vial con el fin de poder crear soluciones o mejoramientos de la accesibilidad por los arcos, después de tener en cuenta importantes atributos que los afectan.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El software utilizado para el análisis fue el SIG ArcView versión 3.1 (ESRI) desarrollado en Estados Unidos por el *Environmental System Research Institute*.

El equipo de cómputo utilizado para la captura y el procesamiento de la información sobre el Estado de México mediante ArcView, con la hoja de cálculo Microsoft Excel, fue una computadora personal PC Pentium III, marca DELL, a 550 Megahertz con 262 megabites en RAM y dos discos duros con 12 gigabites cada uno, trabajando bajo ambiente Windows NT.

Las diferentes capas de información con que se contó para realizar la aplicación del modelo fueron las siguientes:

1. Mapa vectorial con información correspondiente a la red federal de carreteras del estado de México, realizado mediante el levantamiento de los registros con un receptor GPS (Global Positioning System) a lo largo de la red federal de carreteras de todo el país por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT, 1997).
2. Mapa digital georeferenciado con todas las localidades del estado de México del conteo para el año 1995, realizado por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática)
3. Tabla de la Clasificación y Características de las Carreteras del libro *Normas de Servicios Técnicos; Proyectos Geométricos de Carreteras* de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT,1984). Utilizada para la obtención de las velocidades promedio en la red vial según pendiente y tipo de carretera, con el fin de plantear el algoritmo con información justificada para el análisis.

4. Información del tipo de carretera y características operativas existente en el estado de México por parte de la SCT.

En cuanto a la estructura del trabajo, los capítulos están conformados de la siguiente manera:

- El **primer capítulo** de la tesis desarrolla la idea general de lo que representa la accesibilidad en cuanto a su concepto y complejidad. Ubica al lector de tal manera que la idea de accesibilidad pueda ser generalizada o bien aplicarse en función de sus diferentes connotaciones y se define el enfoque con el que se maneja en este documento.
- El **segundo capítulo** caracteriza al Estado de México, en función de su historia, aspectos geográficos generales y su estructura jurídico administrativa y aspectos sociodemográficos. De esta manera se obtiene una idea de la entidad a estudiar.
- El **tercer capítulo** presenta una serie de mapas que muestran las distintas formas como se ha analizado la accesibilidad en el Estado de México, como marco comparativo del algoritmo desarrollado.
- El **cuarto capítulo** presenta el diseño del modelo, dando información metodológica básica para detallar su aplicación y manejo así como, los requerimientos para su desarrollo y aplicación.

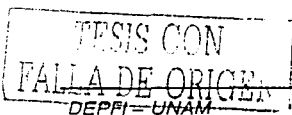
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- En el **quinto capítulo** se aplica el modelo, se presentan los resultados y analiza el mapa donde se expresan los distintos niveles de accesibilidad obtenidos para las localidades urbanas y rurales del Estado de México.

No existe entonces un trabajo en la actualidad, que permita conocer el costo de viaje desde cualquier lugar del Estado de México a la Cabecera Municipal más cercana, que permita analizar el comportamiento de la accesibilidad en tiempo, costo monetario, etc., para un campesino, por ejemplo, que se encuentre en su zona rural o urbana y desee alcanzar la cabecera municipal más cercana a él, con el fin de realizar sus actividades diarias o suplir ciertas necesidades que sólo logra en una cabecera municipal, independientemente que sea la que le corresponde desde el punto de vista jurídico-administrativo.

Este estudio da la posibilidad de conocer las rutas más cortas a seguir para alcanzar esa cabecera deseada, permite conocer cuánto tiempo de viaje se gasta el individuo considerando la red carretera, para suplir sus necesidades en el lugar indicado. De tal manera que se plantean una serie de sugerencias según los resultados y se concluye con base en la información trabajada y las deducciones obtenidas.

Este proyecto se realizó gracias al apoyo económico del *Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT)* de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), mediante el proyecto SISTEMA AUTOMATIZADO DE CARTOGRAFÍA SOCIOECONÓMICA DE MÉXICO



(SACSEM), realizado por el Instituto de Geografía de la UNAM correspondiente al área de Geografía Económica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2 CAPÍTULO 1. LA ACCESIBILIDAD: COMPLEJIDAD DEL MARCO CONCEPTUAL

Al considerar al Estado de México como un espacio de interacciones representadas por la construcción de diversas redes con diferentes niveles de accesibilidad y capacidad, para recibir flujos de todo orden (financieros, energéticos, pasajeros, mercancías, datos, voz e imágenes) y no como una simple yuxtaposición de áreas más o menos extensas, se comprende y evalúa: la presencia y participación de los núcleos de impulso, representados por las localidades, escuelas u hospitales, etc., que modelan la estructura territorial a escala rural, urbana, regional o estatal, donde el mercado (producción y satisfacción de diversas necesidades), la *accesibilidad* (posibilidad de llegar y acceder a esos productos y / o servicios) y la interdependencia generada por situaciones socioeconómicas de complementariedad, competencia o dependencia, constituyen la clave de esa estructura o modelo de interacciones.

En el marco de esta reflexión, el concepto accesibilidad representa la encrucijada del conocimiento y la praxis asociada a los estudios de transporte, que permite relacionar territorios y grupos de habitantes con diferentes capacidades y necesidades de producción y consumo. Sin embargo, el análisis de la accesibilidad, concepto fundamental para la ingeniería del transporte, que al inicio de la tesis parecía tan simple como técnico, resultó ser de gran complejidad e

implicó significativos retos por la diversidad de connotaciones, enfoques y aplicaciones que existen al respecto. La accesibilidad como dice Gould (citado por Garrocho, 1995, p. 160) es un concepto que parece de fácil comprensión hasta que se enfrenta el problema de definirlo, aplicarlo y medirlo, acciones que constituyen el objetivo de este capítulo.

2.1 DEL CONCEPTO SIMPLE AL MULTIDIMENSIONAL

La accesibilidad es un concepto fundamental pero a menudo descuidado en el análisis y la planeación del transporte. El desenfado con el que se maneja, tanto en las ciencias exactas y sociales, como en la vida cotidiana, tiene su precio: se ha generado un término polisémico cuya aplicación se presta a confusiones, por la imprecisión a que se recurre cuando se utiliza para definir diferentes situaciones.

La lectura de numerosos documentos que se consultaron en bibliotecas especializadas (por ejemplo, las del Instituto Mexicano del Transporte, Facultad de Ingeniería e Instituto de Geografía), así como, la búsqueda que se realizó a través de la red de centros de documentación universitarios (Tesis UNAM y Libros UNAM) y de Internet, incluyendo el intercambio de opiniones con investigadores especializados en el tema, permitió conocer las diversas formas como se aborda e interpreta el concepto accesibilidad, lo que significa que se trata de una palabra dotada de diversos significados y no de forma unívoca, cuya gama de acepciones tiene que ver con la orientación del estudio y el perfil profesional de los especialistas que lo utilizan.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para Gastéiz (1998) la accesibilidad de un lugar se define como la calidad de las comunicaciones de que dispone ese punto. En consecuencia, un lugar es más o menos accesible, según lo fácil o difícil que resulte llegar a él. Para este mismo autor, la accesibilidad sólo tiene sentido si se relaciona con el marco de la planificación de carreteras, por lo que, la relación accesibilidad-planeación contempla, entre otros, los siguientes objetivos:

- *Gestión de carreteras*, que establece su organización física y asignación de recursos optimizando su rendimiento.
- La carretera como *medio físico*, es decir, como canal de las comunicaciones. El objetivo se concretaría en una adecuación del nivel del servicio a la demanda existente incluyendo aspectos como seguridad vial, travesías de población, etc. Este objetivo se articularía individualmente en cada uno de los *tramos* de la red.
- La carretera como *función*, que alude a la función básica de la carretera como canalización de unas necesidades reales y potenciales del transporte motivadas por unas interacciones en el territorio.

Los objetivos por tanto, aluden a optimizar la estructura de la red, reduciendo los desequilibrios que se traducen en déficit territoriales, mejorar el acceso a determinados lugares o zonas y mejorar la comunicación entre nodos o regiones.

TESTIS CON
FALLA DE ORIGEN

También suele tratarse la accesibilidad como característica propia de la red y con este enfoque se busca conocer, según el mismo Gastéiz:

- *La accesibilidad de un punto a otro núcleo o línea de la red*, por lo que el análisis depende sólo de tener o no tener un ramal o enlace y como se mide en términos absolutos (si-no), es fácil constatar su cumplimiento.
- *La accesibilidad de un núcleo o nodo al resto del territorio*, en este caso, el análisis depende de la estructura completa de la red (tipo de vertebración, desequilibrio territorial, etc.) y no sólo de las características del segmento o tramos que pasen por el punto. Por lo tanto, su estudio implica la delimitación de los ámbitos territoriales a los que se refiere la accesibilidad (cabeceras municipales, comarca, región, naciones, etc.) y la cuantificación y definición de indicadores para efectuar su medición.

Otra forma de definir y estudiar la accesibilidad es como *medida de la libertad que tienen los individuos* para participar en diversas actividades (Weibull 1980), es decir, a través de las cualidades que caracterizan a un individuo o grupo de personas para alcanzar un sitio o un servicio determinado, mediante un modo de transporte cuyas condiciones hacen factible su utilización, con independencia de las limitaciones físicas o sociales que tengan los usuarios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Desde esta perspectiva pueden confundirse los conceptos accesibilidad y movilidad. Sin embargo, esta claro y no será necesario insistir, en que la movilidad constituye un atributo (o conjunto de atributos) de las personas

que se desplazan de un lugar a otro; mientras que, la accesibilidad se refiere única y exclusivamente a los atributos o características de los sitios a los cuales se pretende llegar. De esta manera, redes, modos de transporte, distancia, velocidad, movilidad, costos y accesibilidad, aunque pueden formar parcelas autónomas del conocimiento de los sistemas de transporte, forman parte de una totalidad interdependiente y significativa a la que se recurre en función de los objetivos de cada trabajo.

La movilidad como atributo de las personas varía significativamente en función de los ingresos. El concepto relaciona tiempo y espacio, por tanto, se puede tener gran movilidad en una zona dependiendo del alto nivel de ingresos, así como, de la existencia de vehículos y carreteras, pero, a costa del consumo de combustibles fósiles, de destinar terrenos para carreteras y estacionamientos y de producir grandes cantidades de gasolina y contaminantes con el consiguiente efecto invernadero, que afectan al sistema respiratorio. Aunque es posible tener una movilidad relativamente más baja y al mismo tiempo alta accesibilidad utilizando el autobús, (en lugar del automóvil) la bicicleta o caminar hasta lugares como los centros comerciales, el colegio o el trabajo, demandando menos energía y generando menos contaminantes; la pregunta es, ¿hasta dónde es factible aplicar este grado de movilidad por ejemplo, la ciudad de México, que involucra grandes espacios y requiere minimizar tiempo mediante el uso del automóvil particular al carecerse un transporte público eficiente?. Quizá, en las zonas urbanas de mediana y pequeña magnitud, pueda evitarse el uso indiscriminado del automóvil, movilizándose en bicicleta, tomando una ruta sencilla de autobús o simplemente

caminando. Lo cierto es que se trata de una situación o estrategia que no se puede generalizar.

Generalmente, en los últimos 20 años la tendencia en las ciudades europeas ha sido favorable a reducir las instalaciones urbanas de pequeña escala, sustituyéndolas por actividades a gran escala a menudo en las afueras de las ciudades o en lugares de difícil acceso en transporte público (Whitelegg, 1996) Este proceso acentuado en Gran Bretaña y un poco menos en el sur de Europa, es un proceso fundamentalmente no sostenible que favorece la demanda de distancia, de energía y la destrucción de espacios verdes. Por esta razón, en la política de transporte europea existe una paradoja central en cuanto a los compromisos relativos a movilidad: cuantas más mercancías se transporten por carretera y más pasajeros viajen en automóvil, menor será la calidad del viaje para el usuario, según la Reunión de especialistas, Centro de Conferencias Asilomar, Pacific Grove, California, 19-22 noviembre de 1998. Paradoja que aplica a otros continentes y en particular al sistema de ciudades existente en la República Mexicana, que ha copiado el modelo norteamericano, mismo que rinde tributo al automóvil y al transporte privado sobre el público.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El transporte justo a tiempo, que es el pilar de la logística europea y de los sistemas de transporte de mercancías, no mantiene su nivel de calidad en cuanto a puntualidad, si tiene que enfrentarse a la congestión del sistema europeo de carreteras, sobre todo alrededor de las grandes ciudades. Los viajes de negocios realizados en automóvil tienen cada vez mayor incertidumbre, por lo que el

ejecutivo motorizado tiene que dedicar cada vez más tiempo a los traslados, sufre más estrés y el rendimiento en el trabajo es menor. Esta tendencia afecta la competitividad internacional de los negocios en Europa, mientras que, los viajes de los ejecutivos japoneses y los traslados de mercancías en ese país, están sujetos a menos incertidumbre y el tiempo perdido en trastornos vehiculares es menor. Esto hace pensar que se movilizan más cómodamente y con menos estrés, lo que redundaría en beneficio de la empresa japonesa y las relaciones interpersonales en general, según la misma Reunión de Especialistas citada en el anterior párrafo.

Las políticas que amplían las opciones, sobre todo aquéllas que favorecen los sistemas no motorizados, al ofrecer más actividades en zonas geográficas pequeñas, devuelven el tiempo a los que más lo han perdido y cumplen con los objetivos económicos y medioambientales. La ejecución detallada de estas políticas requiere por supuesto, un enfoque completamente diferente al aplicado hasta ahora, que se caracteriza, entre otras cosas, por el análisis en detalle de las diferencias entre el transporte público y privado, con la participación total de los centros de trabajo para modificar el modelo de demanda de transporte para sus trabajadores, mediante la organización del territorio (transporte masivo y colectivo sobre el transporte privado) con base en la aplicación de estrategias múltiples destinadas a reducir la dependencia del automóvil (Centro de Conferencias Asilomar, Pacific Grove, California, 19-22 noviembre de 1998)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La accesibilidad, también suele interpretarse como *factor fundamental para poder acceder a múltiples servicios* (educativos, de salud, abasto alimentario, recreativos, etc.), desde esta perspectiva el transporte y por transitividad, los niveles de accesibilidad, constituyen un determinante de la calidad de vida que alcanzan los habitantes de una localidad, región o país.

- Bajo este enfoque, la accesibilidad se percibe como un continuo, donde el recurso o servicio puede estar en un extremo del territorio analizado (por ejemplo en las localidades más importantes, que en el medio rural frecuentemente están representadas por las cabeceras municipales) y la demanda o usuarios en el otro. Lo que significa que la utilización y la disponibilidad se encuentran interpuestas por obstáculos o factores disuasivos.
- Además, la accesibilidad se interpreta como la necesidad de alcanzar un sitio que se encuentra lejos, o bien como el resultado de una serie de eventos que se deben ejecutar para llegar al sitio deseado. En este último caso el acceso no depende de la distancia física, sino del tiempo empleado para llegar a la meta programada. Sin embargo, esta claro que al movernos con un fin determinado, no siempre alcanzamos el objetivo, lo que da lugar al concepto que se llamaría de *accesibilidad nula*, que aplica incluso cuando se llegó a muchos sitios, pero no al que se tenía programado. En cambio, la *accesibilidad exitosa* sería registrada cuando se llega o accede a los sitios o servicios buscados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esto significa que la accesibilidad no constituye una característica aislada ni de los individuos, ni de los servicios, sino que establece una relación funcional entre el conjunto de obstáculos a la exploración y alcance de la atención y capacidades correspondientes de la población para superar tales obstáculos. Al conjunto de obstáculos que se presentan para la movilización de los usuarios y el acceso al sitio y / o servicios se les llama *resistencias*. En cambio, al conjunto de características inherentes a la población que facilitan la búsqueda y obtención de productos y servicios deseados, se les denomina poder de *utilización*. En esta forma, poder de utilización y resistencias son conceptos complementarios. Por ejemplo, el precio de un servicio es un obstáculo; el tiempo de espera para obtener ese servicio es una barrera que se contrarresta con los servicios de transporte y el tiempo libre del individuo.¹

Por lo tanto, el análisis de la accesibilidad requiere dos aspectos: primero, una *tipología de obstáculos* y, segundo, su *ponderación*. En relación con el primer aspecto, Nájera (1996) propone una tipología de categorías estructurales de manera secuencial y basada en las fuentes de los obstáculos, los cuales pueden clasificarse en tres:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹ Nájera Aguilar Patricia, 1996 *Cobertura Regional, patrones de utilización y accesibilidad geográfica a los servicios de atención a la salud de primer nivel en el Estado de México*, Tesis de Licenciatura, Colegio de Geografía, FF y L - UNAM, México DF.

- Los obstáculos Ecológicos y Geográficos, los cuales se relacionan con la trayectoria hacia los lugares de destino, con repercusiones de distancia y tiempo de transporte, generados por el relieve, ríos, selvas, etc.
- Los obstáculos Financieros, que se refieren a los costos de viaje o precios que se cobran por los servicios de transporte.
- Los obstáculos Organizacionales, que son los que se originan en los modos de organización de los recursos de movillización y transporte. Este tipo se subdivide en obstáculos al inicio, durante y en la finalización de cada viaje.

Los obstáculos geográficos se relacionan con la ubicación de los puntos de interés y características del terreno que repercutan directamente en el traslado hasta el destino propuesto. En esta categoría hay obstáculos tales como la distancia y el tiempo de viaje, los límites de la cobertura administrativamente declarada por los servicios de transporte y la percepción de calidad de la prestación de los servicios, respecto a las necesidades de la población para su movilidad.

La distancia es el elemento más estudiado para caracterizar la accesibilidad geográfica y se contrasta con otros indicadores como son: el tiempo cronometrado, el tiempo percibido o el costo de viaje. Al analizar las ventajas y desventajas de emplear medidas tales como la distancia lineal, o la distancia real es importante señalar que:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Aunque la distancia no es la medida ideal de la accesibilidad geográfica, brinda elementos valiosos de análisis para identificar ligas o formas de cohesión regional, y así destacar las disparidades en el acceso a los servicios de transporte. Sin embargo, analizar la distancia como indicador único de los obstáculos geográficos no evidencia el esfuerzo invertido por los usuarios para trasladarse. El tiempo de viaje se incorpora como indicador complementario a la distancia, sin esta variable, no se sabe si los factores que actúan como resistencias al traslado dependen exclusivamente de la distancia, o si intervienen y hasta qué grado, las condiciones de las vías de comunicación, los medios de transporte, el tráfico o los costos del transporte.

El análisis de las resistencias geográficas, se efectúa no sólo en términos de las distancias físicas o tiempos de viaje, sino también a partir del análisis de la interconexión espacio-tiempo de los comportamientos del usuario durante el trayecto por la vía, lo cual, en el contexto de la accesibilidad geográfica, se traduce como *poder de utilización*, identificando la relación de los comportamientos del usuario en el trayecto con el hecho que implica el deseo de llegar a su destino sin el menor desvío, en el menor tiempo y al costo más bajo posible.

Desde esta perspectiva y para el estudio de la accesibilidad, el concepto de red resulta fundamental, de hecho, la red establece una relación cinética en

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

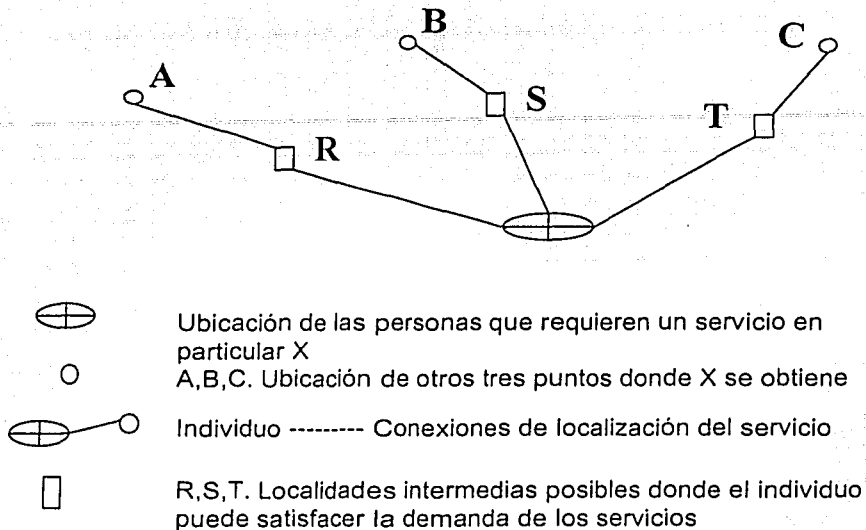
concordancia con su significación territorial. La red define al unísono el *espacio* y *el tiempo*, establece entre estos elementos una relación basada en la circulación, el flujo, la velocidad (dependiente de las características geométricas y la calidad de la superficie de rodamiento), que tiende a la instantaneidad, al *tiempo real*, según la expresión de los informáticos de hoy (Dupuy, 1992)

Además, vale la pena insistir en que, los niveles de movilidad y accesibilidad, así como, las restricciones sobre la extensión a la cual se hacen los viajes particulares, dependen de diversos factores, incluyendo los sociales como, los recursos financieros y el rango de disponibilidad de servicios de transporte, la salud, etc. En la Figura 1 se esquematizan los diferentes aspectos espaciales básicos de la accesibilidad, donde se involucran los individuos, los servicios, sus ubicaciones, las conexiones y las posibles localidades intermedias donde se localizan los servicios requeridos por los individuos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

² Dupuy Gabriel, *EL URBANISMO DE LAS REDES, Teoría y Métodos*

Figura 1 Aspectos Espaciales Básicos de Accesibilidad



Fuente: Tolley Rodney S. y Turton Brian J., part 2, Transport Systems, Policy and Planning. A Geographical Approach.n, 1995

La red es siempre el lugar para la relación espacio-tiempo y los progresos técnicos de la locomoción no son los únicos que se replantean al analizar dicha relación. No es tanto la velocidad pura del vehículo o de la señal, del cohete, del impulso o del rayo luminoso la que pudiese importar a alguien, sino la posibilidad de disponer de esta velocidad en múltiples puntos del espacio, sin que su materialización tope con los obstáculos de bifurcaciones, enlaces, etc. La dimensión cinética de la red está fuertemente ligada a la dimensión topológica, tanto como la dimensión *adaptativa* (una red que sea capaz de adaptarse en el tiempo, de evolucionar para facilitar las relaciones que se han hecho necesarias por la voluntad de los agentes y las modificaciones del entorno del sistema

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

urbano), por lo tanto, es necesario tener en cuenta los siguientes costos de interacción como conformadores de las redes y determinantes de la accesibilidad:

- *Costos de Interacción:* Resumen los costos asociados con la interacción en y entre las redes. Trabajaría con todos los tipos de redes. Los costos internos y externos de interacción consisten en un número de costos de componentes diferentes generados por un número de factores diferentes.
- *Costos de Transacción:* No están directamente asociados con la Producción. En muchas situaciones, sin embargo, el concepto de Costos de Transacción es distinto de los Costos de Transporte y se reserva primeramente para los Costos de Negociación y los Costos de Contrato.
- *Costos de Transferencia:* Son la suma de los Costos de Transacción y los Costos de Transporte y son así distintos de los Costos de Producción y de los Costos de Desarrollo.
- *Costos de Suministro:* Son la suma de los Costos de Transferencia, Costos de Producción y los Costos de Desarrollo.

Con esto se tiene idea de la forma como pueden agruparse los costos que intervienen en una red carretera. Pero, lo más importante del análisis de las redes es que: el valor comprometido está supeditado a diversos factores, incluso sociales, que generan al final los costos de interacción en y entre redes, como se

TECIC CON
FALLA DE ORIGEN

ve en la Tabla 1, misma que muestra la complejidad del tema tratado, al involucrar incluso la rapidez del evento.

Tabla 1 Factores los cuales generan costos de interacción en y entre las redes, agrupados por un potencial para el cambio desde lo rápido hasta lo muy lento.

<i>Rápido.....</i>				<i>.....Muy lento</i>
<i>Técnico-Logístico</i>	<i>Político-Administrativo</i>	<i>Económico-Estructural</i>	<i>Cultural-Histórico</i>	<i>Geográfico y Biológico</i>
Costos de producción y transporte de artículos	Nacional / regional y regulaciones para artículos y servicios	Nivel de desarrollo económico / patrones de demanda	Lenguaje	Distancia Física
Costos de transporte de personas	Costumbres, Deberes, etc.	Estructura económica	Religión	Obstáculos Geográficos (ríos)
Costos de capital y transferencia de capital	Zonas de tarifas	Nivel educacional	Mentalidad	Zonas de tiempo
Costos de información y transferencia de información		Compatibilidad y norma de infraestructura	Etnicidad	Biología humana
			Densidad de la población	
			Estructura de poder y derechos de propiedad	

Fuente: Westlund Hans, 1999, "Una perspectiva de costo-interacción en las Redes y el Territorio", The Annals of Regional Science, 1999

A pesar de las distintas formas de abordar y definir la accesibilidad se pueden reconocer básicamente dos grandes líneas directrices: la que se fundamenta en aspectos **físicos geográficos** al circunscribirse básicamente a la realidad material

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

que dificulta o facilita el acceso y la que tiene en cuenta, la diversidad y complejidad del **tejido económico y social**.

La primera nos permite una definición formal ya que el componente físico expresa la proximidad espacial entre usuarios y servicios y representa la accesibilidad locacional de las unidades de servicio (Ambrose, 1997 citado por Garrocho, 1995, p. 161) En palabras de Curien (citado por Santos, 1997, p. 185) toda infraestructura que permite el transporte de materia, energía o de información y que se inscribe sobre un territorio, se caracteriza por la topología de sus líneas y puntos de comunicación y acceso.

Pero, la **accesibilidad también es social y política** por los actores, los mensajes y los valores que circulan por las redes de comunicación. Sin esta perspectiva y a pesar de la presencia material y físico geográfica que toca nuestros sentidos, las redes y su accesibilidad serían simplemente una abstracción. La distancia social que involucra tanto las características de los usuarios (por ejemplo, edad, escolaridad, religión, tiempo libre y por supuesto nivel de ingresos) como las del servicio (costos, horarios, calidad, etc.) determinan que la gente pueda o no disponer de los productos y servicios ofertados y requeridos.

Como en la realidad los componentes físicos y sociales están íntimamente ligados y no operan de manera individual, ni uno antes que el otro, la accesibilidad deja de ser un concepto simple y reduccionista, la accesibilidad constituye un **concepto multidimensional**, que opera bajo el siguiente axioma: mientras más alto sea el ingreso, la clase social o el nivel de educación de los individuos, menores serán

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sus problemas de accesibilidad física a los bienes y servicios deseados; por el contrario, a menores ingresos, menor escolaridad y niveles sociales más bajos mayores serán los problemas físicos de la accesibilidad (Phillips y Williams, 1984, citado por Garrocho, 1995, p. 161)

De acuerdo con Kwan (1998), tres visiones complementarias de accesibilidad están involucradas en la literatura sobre la temática analizada.

- La primera es la *aproximación con restricciones orientadas*, mejor implementada por los prismas de espacio tiempo de Hägerstrand que mide las limitaciones de la libertad de acción del individuo en el ambiente.
- La segunda perspectiva sigue una estructura de interacción espacial y deduce *medidas de atracción-accesibilidad* que compara la atracción hacia los destinos con los costos requeridos de viaje.
- Una tercera aproximación mide el *beneficio provisto a los individuos por el sistema de transporte y uso de suelo*. Con una base de datos razonable de ellos, se pueden aplicar a una escala urbana usando un GIS (Geographical Information System) La idea aquí entonces radica en analizar si se pueden manejar los mismos conceptos ya no para una red urbana, sino para una red de carreteras al nivel estatal.

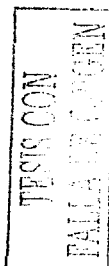
Mientras cada perspectiva tiene su propia definición, una descuida a la otra, según Kwan, con méritos en las dimensiones de accesibilidad. La *aproximación con*

restricciones orientadas, trata a cada oportunidad como iguales sin distinguir diferencias entre lo que es atractivo y los costos de viaje. En cambio, la *atracción-accesibilidad*, y las *medidas de beneficio*, generalmente no consideran las restricciones temporales o el tiempo disponible para una participación activa en las localidades. Estos efectos contextuales de espacio-tiempo son críticos para capturar las variaciones del individuo en la accesibilidad (Kwan 1998)

Nuestro estudio de accesibilidad que nos interesa, al plantear el análisis de la accesibilidad a las cabeceras municipales por parte de los individuos, involucra una red carretera, un sistema de transporte y uso de suelo para lograr ese objetivo, entre otros factores, sin considerar restricciones de tiempo para alcanzar estas localidades.

2.2 INDICADORES Y MEDIDAS DE CONECTIVIDAD Y ACCESIBILIDAD

En cuanto a los indicadores para medir o calificar la accesibilidad, se tiene una gran variedad para evaluar la oferta vial y su distribución sobre el territorio, que se agrupan en dos grandes bloques. El primero sería *indicadores del desarrollo global de la red*, que básicamente cuantifican el volumen de la oferta vial (densidad de vías, por ejemplo) y la calidad de la misma, con independencia de su geometría (camino pavimentados o no, autopistas o caminos libres, etc.) En el segundo bloque están los *indicadores de accesibilidad*, en los cuales intervienen, de forma explícita, la geometría de la red y, en algunos de ellos incluso, la demanda a que se somete, (Victoria Gastéiz, 1998) Entre los indicadores de accesibilidad, están los indicadores *morfológicos* que cuantifican esencialmente la



conectividad de una red (número de conexiones alternativas, número de circuitos posibles), y el *diámetro* (camino mínimo necesario para llegar a los dos nodos más alejados) Los indicadores debido a los nodos caracterizan *las posibilidades de acceso, accesibilidad* (por el número mínimo de arcos) de un nodo a todos los demás.

Estos indicadores y medidas que se presentan no serán aplicados a la red carretera en estudio por lo que no hacen parte del objetivo planteado, más sin embargo son una parte importante en el concepto de accesibilidad que ayudan a comprender algunas características que presentan las redes y que influyen de una manera u otra con el estudio de accesibilidad según sea el objetivo planteado.

2.2.1 Indicadores del Desarrollo Global de la Red

2.2.1.1 Densidad Media de la Red según Superficie:

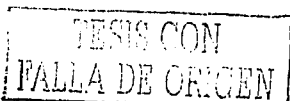
El análisis dimensional de la red relaciona la longitud total de la red carretera con la superficie total en donde se encuentra. Está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad Media de la Red (DMR1)} = \text{Longitud Total} / \text{Superficie}$$

2.2.1.2 Densidad Media de la Red según Población:

Relaciona a la longitud de las vialidades con la población y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Media de la Red (DMR2)} = \text{Longitud Total} / \text{Población}$$



2.2.1.3 Índice de Engels:

Para evitar el sesgo que siempre se presenta en función del tamaño de la población o bien del territorio, se ha desarrollado el Índice de Engels, que permite apreciar el equilibrio que se presenta entre la población, el territorio y la longitud de las vialidades y se expresa de la siguiente manera:

$$Ie = \left(\frac{L}{\sqrt{(S * P)}} \right) ; Ie < 1$$

Donde,

Ie = Índice de Engels

L = Longitud de la red carretera en kilómetros

S = Superficie en kilómetros cuadrados

P = Población

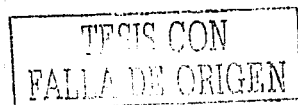
2.2.2 Indicadores Morfológicos

2.2.2.1 Índice de Rodeo entre Ciudades o Localidades:

El índice de rodeo relaciona la distancia real entre dos puntos y la distancia ideal o en línea recta entre esos mismos dos puntos, de la siguiente manera:

$$Rt = Lij / Dij$$

Donde,



$Rt \Rightarrow$ Índice de rodeo

$Lij \Rightarrow$ Longitud *real* de la localidad *i* a la localidad *j*.

$Dij \Rightarrow$ Longitud *ideal* de la localidad *i* a la localidad *j*.

Este índice mide el grado de eficiencia de una red carretera, teniendo en cuenta las distancias entre localidades. Se forma una matriz simétrica con ceros en el diagonal, en donde aparecerán las relaciones de la distancia real y la distancia ideal o en línea recta entre localidades.

2.2.2.2 Índices de Accesibilidad Real e Ideal:

El índice de accesibilidad real es la sumatoria de las distancias reales entre una ciudad *i* y las demás *n* ciudades *j*.

El índice de accesibilidad ideal es la sumatoria de las distancias ideales entre una ciudad *i* y las demás *n* ciudades *j*.

Las formulaciones vienen dadas por:

$$A'o = \left(\sum_{j=1}^n Lij \right); A't = \left(\sum_{j=1}^n Dij \right)$$

Donde,

$A'o \Rightarrow$ Índice de accesibilidad *real*

$A't \Rightarrow$ Índice de accesibilidad *ideal*

Con ellos se puede conocer cuál es la localidad más accesible y cuál es la menos accesible, dependiendo de si presenta el menor kilometraje o bien el mayor valor de él, respectivamente para ambos índices.

2.2.2.3 Índice de Rodeo Correspondiente a cada Localidad:

Este índice relaciona a los índices de accesibilidad real e ideal para cada localidad, de la siguiente forma:

$$R_c = (A_o) / (A^*t)$$

Donde,

R_c => Índice de rodeo para cada localidad.

Con este índice se puede saber cuál localidad es más eficiente y cuál será la menor en eficiencia, dependiendo de si su valor es menor o es mayor, respectivamente.

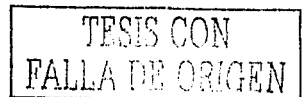
2.2.2.4 Índice de Rodeo de la Red:

Muestra hasta qué punto la longitud total de la red real supera a la longitud total de la red ideal.

$$R_r = (\sum A_o) / (\sum A^*t)$$

Donde,

R_r => índice de rodeo de la red



2.2.3 Medidas Topológicas de Conectividad

Estas relacionan el número de nodos n de una red carretera con el número de arcos a que componen esa red.

2.2.3.1 Índice Beta (β):

Es el grado de conectividad que relaciona el número de arcos con el número de nodos del grafo analizado.

$$\beta = a / n$$

Este grado de conectividad β debe estar entre:

$$0 < \beta < (n - 1) / 2$$

donde,

$\beta = 0 \Rightarrow$ Grado de conectividad nulo.

$\beta = (n - 1) / 2 \Rightarrow$ Máximo grado de conectividad.

2.2.3.2 Índice Gamma (γ):

Relaciona el número de arcos existentes en la red y el máximo posible en ella.

$$\gamma = (2 * a) / [n (n - 1)]$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.3.3 Número Ciclomático (μ):

Representa el número de circuitos en la red analizada el cual debe ser coherente, es decir, que no existan subgrafos o que la red misma esté dividida en varias redes o grafos no conectados entre sí.

$$\mu = a - (n - 1)$$

y debe estar entre:

$$0 < \mu < (2n - 5)$$

donde,

$(2n - 5) \Rightarrow$ Es el número máximo de circuitos que puede tener la red.

2.2.3.4 Índice Alfa (α):

Relaciona el valor del número ciclomático de la red o grafo estudiado y el valor máximo de circuitos que ella pueda tener.

$$\alpha = \mu / (2n - 5)$$

2.2.4 Medidas Topológicas de Accesibilidad

2.2.4.1 Matriz de accesibilidad:

Refleja la distancia topológica por el camino o tramo más corto entre los distintos nodos del grafo. De esta matriz se pueden deducir varias medidas de accesibilidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.4.2 Número de Konig o Número Asociado:

Esta dado por la distancia que separa a cada nodo con el más distante topológicamente a él.

2.2.4.3 Índice de Shimbel (A_i):

Se obtiene sumando el número de arcos que separa a cada nodo de todos los demás por el tramo más corto.

2.2.4.4 Índice de Dispersión del Grafo ($D(G)$):

Se obtiene sumando los índices de Shimbel (A_i) de los nodos de una red. $D(G)$ obtiene su valor más alto en un tipo de árbol que se llama línea (en el que los arcos se suceden sin formar ramificaciones) y el más bajo se da en grafos completos.

2.2.4.5 Índice de Accesibilidad Media ($A.M.$):

Se llega a este valor dividiendo el índice de dispersión entre el número de nodos de la red.

$$A.M. = D(G) / n$$

Con ello se cuenta con un valor promedio que ayuda a valorar los índices de Shimbel de los distintos nodos.

TRIPS CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.5 Medidas Integrales de la Accesibilidad⁴

Para la siguiente clasificación, se entenderán las expresiones que a continuación se señalan como:

W_j el valor del área en la localidad j ,

d_{ij} el tiempo de viaje en minutos entre las localidades i y j ,

Y las *sumatorias* (Σ) son para todos los j desde un único origen i .

2.2.5.1 La Accesibilidad de Tipo Gravedad:

Consiste en 12 medidas de tipo gravedad. Sus parámetros deberían generarse en el estado de calibración de modelos de generación de viajes basados en el comportamiento del desplazamiento observado en el área de estudio. A estas medidas se les conoce como:

2.2.5.1.1 Tipo Gravedad: Potencia Inversa

Formulación	Nombre de la Medida	Parámetro
$\Sigma W_j d_{ij}^{-\alpha}$	POW0.8	$\alpha = 0.8$
	POW1.0	$\alpha = 1.0$
	POW1.5	$\alpha = 1.5$
	POW2.0	$\alpha = 2.0$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁴ Kwan Mei-Po, 1998, *Medidas Integrales y de Espacio Tiempo de la Accesibilidad del Individuo: un Análisis Comparativo usando Una estructura de Punto Base*, Geographical Analysis, USA, 1998

2.2.5.1.2 Tipo Gravedad: Exponencial

Formulación	Nombre de la Medida	Parámetro
$\sum W_j e^{-\beta(d_{ij})}$	EXP0.12	$\beta = 0.12$
	EXP0.15	$\beta = 0.15$
	EXP0.22	$\beta = 0.22$
	EXP0.45	$\beta = 0.45$

2.2.5.1.3 Tipo Gravedad: Gaussiano

Formulación	Nombre de la Medida	Parámetro
$\sum W_j e^{-(d_{ij})^2/\gamma}$	GAUSS10	$\gamma = 10$
	GAUSS40	$\gamma = 40$
	GAUSS100	$\gamma = 100$
	GAUSS180	$\gamma = 180$

2.2.5.2 La Accesibilidad de Oportunidad Acumulativa

Radica en 6 medidas de oportunidad acumulativa. Se usan, la *función rectangular* que da el mismo peso a las oportunidades independiente de la distancia desde el origen, y la *función lineal negativa* donde las oportunidades tienen un peso lineal dado por la distancia desde la localidad de referencia.

TESE CON
FALLA DE ORIGEN

2.2.5.2.1 Rectangular

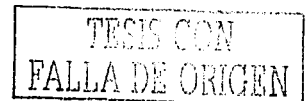
Formulación	Nombre de la Medida	Parámetro
$\sum W_j f(d_{ij}) :$		
$f(d_{ij}) = 1$ para $d_{ij} \leq T$	CUMR20	$T = 20$
$f(d_{ij}) = 0$ en otro caso	CUMR30	$T = 30$
	CUMR40	$T = 40$

2.2.5.2.2 Lineal Negativa

Formulación	Nombre de la Medida	Parámetro
$\sum W_j f(d_{ij}) :$		
$f(d_{ij}) = (1-t/T)$ para $d_{ij} \leq T$	CUML20	$T = 20$
$f(d_{ij}) = 0$ en otro caso	CUML30	$T = 30$
	CUML40	$T = 40$

2.2.5.3 Las medidas de Espacio Tiempo⁵

Involucra 12 medidas de espacio tiempo, las cuales incluyen 3 tipos de indicadores derivados del área de camino potencial diario individual. Se clasifican y denotan de la siguiente manera:



⁵ Idem

		N° de	Área
	(a) Longitud de arcos de la red	(b) oportunidades	(c) pesada
Hombres-Alto	MHLEN	MHNO	MHWA
Hombres-bajo	MLLEN	MLNO	MLWA
Mujeres-Alto	FHLEN	FHNO	FHWA
Mujeres-bajo	FLLEN	FLNO	FLWA

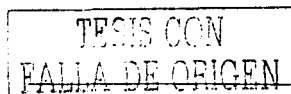
2.3 APLICACIONES Y TIPOLOGÍAS DE LA ACCESIBILIDAD

A manera de síntesis se pueden esquematizar las siguientes aplicaciones y agrupaciones tipológicas del concepto accesibilidad.

2.3.1 Aplicaciones del Concepto Accesibilidad

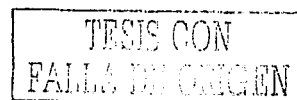
Como puede advertirse de los indicadores y medidas concernientes a la accesibilidad se pueden desprender los siguientes tipos de aplicaciones:

- *Acceso de flujos futuros en una estructura via⁶*: Cada periodo de tiempo se caracteriza por los costos de transporte monótonicamente no crecientes entre flujos; se analiza la secuencia recursiva de periodos conectados. Estas propiedades se consideran cuando esta clase de modelos de redes de flujo se usa en el pronóstico de flujos de transporte futuro en los procesos de la planeación de la infraestructura.



⁶ Hakan Person – Lars Westin, 1996: *Recursive transport flow dynamics with time dependent a priori information*, "The Annals of Regional Science", Springer-Verlag, USA, p. 25

- *Beneficios de accesibilidad que tiene un individuo a un lugar*⁷: Acceso orientado-restringido el cual mide las limitaciones sobre la libertad de acción del individuo en el ambiente; medidas de atracción-accesibilidad, que compara lo atractivo de los destinos con los costos de viajes requeridos; el acceso mide los beneficios dados a los individuos mediante el sistema de uso de suelo / transportación.
- *Dos direcciones distintas para examinar los puntos metodológicos pertenecientes a la medida de la accesibilidad del individuo*⁸: Su fin es adaptar estas medidas para evaluar la accesibilidad a un lugar por parte del individuo usando un acceso desagregado, no zonal. Este estudio especifica y examina 18 medidas de accesibilidad tipo gravitatorio y oportunidad acumulativa usando una estructura espacial de base-punto; desarrolla diferentes tipos de medidas basadas en una estructura conceptual alternativa. Se desarrollan 12 medidas de accesibilidad espacio-tiempo basados en la construcción de un grupo de oportunidad factible de prisma-restringido. Este artículo compara las relaciones y los patrones espaciales de estas treinta medidas (18 gravitatorias y 12 de espacio-tiempo antes mencionadas) usando procedimientos de GIS basados en redes.



⁷ Harvey J. Miller, 1995: *Beneficios de la medida espacio-tiempo de accesibilidad dentro de las redes de transporte: teoría básica y procedimientos computacionales*, "Geographical Analysis", p. 93

⁸ Mei-po Kwan, 1998: *Medidas integrales y de espacio-tiempo de accesibilidad del individuo: un análisis comparativo usando una estructura de punto-base*, "Geographical Analysis", Vol. 30 No. 3, julio de 1998.

- *Análisis de un nuevo grupo de observaciones de viajeros diarios obtenido por una inspección similar diaria de multisemana en una región, y el desarrollo de un análisis comparativo del comportamiento del viajero diario entre dos regiones*⁹: Se desarrollan modelos de decisión del usuario que relacionan los patrones de cambio de tiempo de salida y ruta con las características socio económicas, condiciones del lugar de trabajo y las características del sistema de tránsito.
- *Agrupación de las carreteras de acuerdo con sus características físicas y en atención a sus funciones, para integrarlas en redes o esquemas propios que satisfagan necesidades o propósitos, ya sea de comunicación o de transporte facilitando las acciones de planear, construir, modernizar, conservar, acceder y operar todo un sistema carretero*¹⁰: se propone un sistema único de clasificación de carreteras lógico, sencillo y uniforme para todos los usuarios, que permita precisar análogamente los puntos de referencia para la elaboración de estadísticas y que sirva de sustento a la administración de carreteras.
- *Algoritmo que identifica rutas múltiples y razonables en las redes de transporte de tal manera que las técnicas de tomar decisiones de criterio*

TRIS CON
FALLA DE ORIGEN

⁹ Rong-ChanJou y Hani Mahmassani, 1996: *Comparación y transferencia de las características del comportamiento del viajero diario entre ciudades: tiempo de salida y decisiones de cambio de ruta*, Transportation Research Record, N° 156, 1996.

¹⁰ Chavelas C. Pedro, 1992: *Clasificación de las carreteras en la integración de redes: ventajas de su integración*, "X Reunión Nacional de Vías Terrestres", SCT Dirección General, junio 1992.

múltiple se usen en la selección de la ruta a acceder¹¹: Ilustra dos algoritmos de una determinada ruta razonable, que se pueden usar para identificar rutas múltiples y razonables en las redes de transporte.

- *Algoritmo para la medida gráfico-teórica de la accesibilidad, la cual intenta superar las limitaciones en las medidas existentes¹²*: Este análisis propone un nuevo algoritmo para deducir la medida de la accesibilidad nodal, como una intención de mejorar las medidas convencionales de la accesibilidad gráfica-teórica. Se hacen correcciones de tal forma que las vueltas irrelevantes se excluyen y las rutas de conexión indirecta relevantes se incluyen selectivamente. En particular, el nuevo algoritmo se desarrolló para redes del subterráneo intra urbano, e incluye las características del comportamiento del tráfico del metro intra urbano. Se introduce el concepto de inconveniencia de trasbordo, el cual es uno de los factores con más influencia en el tráfico subterráneo intra urbano.
- *Modelos a través de las escalas geográficas¹³*: Compone un mapa de transporte comprensible mostrando todas las comunicaciones por lugares de muestra, incluyendo el tiempo necesario para realizar los desplazamientos cotidianos o requeridos de cada individuo para alcanzar ciertos lugares. Este modelo se ajusta al objetivo de la tesis que como se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹¹ Dongjoo Park y Laurence R. Rilett, 1997: *Identificación de rutas múltiples y razonables en las redes de transporte*, "Transportation Research Records", N° 1607, 1997.

¹² Keumsook Lee y Hee-Yeon Lee, 1998: *Un nuevo Algoritmo para la medida de la accesibilidad nodal gráfica-teórica*, "Geographycal Analysis", Vol. 30, N° 1, enero 1998.

dijo en la Introducción, *es la obtención de un mapa del Estado de México en donde se aprecien las áreas de influencia de accesibilidad a las Cabeceras Municipales para las demás localidades mediante el planteamiento de un algoritmo*, con lo que se toma el modelo especificado para lograr este objetivo. Como veremos más adelante en el capítulo cuarto, el modelo permite trabajar con información de la red carretera del Estado de México y algunos atributos en particular, así como con la información de las localidades en general de dicho estado. En el quinto capítulo, se expresa el algoritmo en una forma más amplia y se ve su planteamiento y desarrollo para el Estado de México.

2.3.2 Tipología de la Accesibilidad desde la Perspectiva Territorial

La búsqueda y análisis de la bibliografía consultada sobre el concepto accesibilidad, así como la orientación que se advierte en la praxis de dichos trabajos, permite identificar cuatro grandes líneas de acción sobre accesibilidad desde la perspectiva territorial.

2.3.2.1 Accesibilidad Topológica

Se refiere al método que admite la determinación de la accesibilidad vértice o cumbre en una forma numérica. Permite, representar la accesibilidad en forma tridimensional, teniendo en cuenta ciertos parámetros, en donde los vértices, cumbres o picos más elevados representan la zona con mayor accesibilidad. En

¹³ CGIAR; Consultative Group on International Agricultural Research: *Modelos a través de las escalas Geográficas*; CIAT, Software ArcView®.

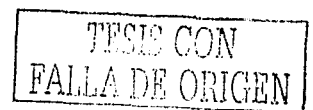
caso contrario, donde haya hundimientos o depresiones, se presentará la zona con menor accesibilidad. Este es quizás uno de los métodos encontrados en la exploración bibliográfica que mejor interpretan la accesibilidad en forma gráfica, pero desafortunadamente, no existe material suficiente como para un buen conocimiento de su aplicación en los puntos claves donde se extrajo la documentación ¹⁴.

2.3.2.2 Accesibilidad Local

Depende de la cercana proximidad a los centros de actividad orientados localmente. Las actividades localizadas dentro de una cierta distancia de la concentración comercial contribuyen a la accesibilidad local. Por ejemplo, estudios sobre la atracción y accesibilidad a centros comerciales, hospitales, escuelas o centros de trabajo dentro de una ciudad.

2.3.2.3 Accesibilidad Regional

Obedece a las buenas conexiones de transporte a las grandes y regionalmente orientadas concentraciones de actividad. Las actividades más allá de una cierta distancia que involucre una concentración comercial contribuyen a la accesibilidad regional, derivada de la atracción y / o servicio que puede brindar una ciudad a su área de influencia más próxima o región.



¹⁴ Mackiewicz y Ratajczac, 1996; *Towards a New Definition of Topological Accessibility*; Transportation Research, an International Journal; Parte B: Methodological; Vol. 30B, #1, Feb 1996

2.3.2.4 Accesibilidad Geográfica

En términos generales, el acceso se maneja en función de recursos financieros, deseos, necesidades, cantidad y calidad del servicio, o bien el carácter geográfico en función de tiempos y distancias.

Se puede manejar un marco de referencia para el estudio del acceso, con base en la concepción de los objetivos para los cuales se generan las vías que unen las ciudades principales del Estado de México, a través de las características del sistema existente y de los usuarios involucrados en ellas, es decir, la utilización real de la red y su clasificación. No sólo se deben considerar las barreras económicas sino también aquellas no económicas tales como las culturales, las psicológicas, de información, espaciales, etc. La accesibilidad es un concepto multidimensional, es decir, que en un sistema de red vial pueden intervenir una multitud de factores tales como barreras de componentes físicos, indisponibilidad temporal, largos periodos de espera, disponibilidad de servicios, capacidad económica de los usuarios, equipamiento disponible, etc.

A manera de ejemplo se puede decir, que muchos problemas interesantes en el manejo de recursos naturales involucran el pago de cargos sobre el impacto del movimiento del tráfico vehicular dentro, a través, y fuera de un área designada por medio de una red de carreteras. Con el fin de determinar exactamente la extensión de la influencia de la red de carreteras, es necesario determinar cuáles segmentos de la red son accesibles al tráfico vehicular, cuándo son accesibles, y a qué clases de vehículos son accesibles. Estas determinaciones se hacen mediante el uso de

un derivativo de un algoritmo gráfico clásico de "componentes conectadas", tomando como entradas la red carretera representada como un gráfico y un grupo asociado de "barreras" que restringen el viaje a través de la red.

En la práctica las barreras son restricciones reales como bardas, ríos, vegetación y otros, matemáticamente, las barreras se podrían presentar como nodos en el gráfico, atribuidos con valores que definan la naturaleza de la restricción. Siguiendo con el ejemplo, el algoritmo agrupa en conjunto arcos conectados, aquellos que son accesibles entre sí sin pasar a través de alguna barrera. El próximo algoritmo determina los efectos de las restricciones impuestas por las barreras en cada grupo de arcos conectados. El algoritmo de salida es la red de carreteras que se representa como un gráfico con arcos atribuidos de acuerdo a la naturaleza de la restricción de viaje impuesta por el grupo de barreras. El estudio del algoritmo se complementa mediante el análisis disponible usando solamente las características inherentes en un GIS típico comercial como el ArcInfo de ESRI.15.8.

2.4 REFLEXIONES FINALES SOBRE EL CONCEPTO ACCESIBILIDAD

En este inciso la crítica al concepto accesibilidad tiene como objetivo focalizar el interés académico del presente trabajo. Primero abordaremos el deseo utópico de la libre y total accesibilidad, después se tratará la creencia de que la demanda de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¹⁵ *Reunión de Especialistas, 1998, Centro de Conferencias Asilomar, Pacific Grove, California, 19-22 noviembre de 1998.*

viajes disminuirá con las nuevas tecnologías de comunicación, o construyendo cada vez más vialidades y por último se abordara el caso de la accesibilidad en las zonas rurales versus la urbana.

2.4.1 ¿El acceso equitativo constituye una batalla perdida?

Teóricamente se dice que cualquier persona experimentará un ciclo de vida con suficientes oportunidades y distintos requerimientos para viajar a diversos puntos. El término movilidad presente actual se ha propuesto para describir una situación existente en la cual la habilidad para viajar se determina por los recursos de las personas y la percepción de la disponibilidad del transporte dentro de una estructura de localidades donde las demandas se encuentran. Pero, si el elemento del comportamiento se quita y el viajero potencial se comporta como un hombre económico entonces los viajes se hacen en una situación de movilidad presente óptima. Si todas las restricciones sobre el viaje se asumen como removidas, entonces la movilidad será completamente no restringida y los viajes se hacen en cualquier momento, en cualquier dirección, por cualquier forma que sea la más conveniente y por todos los miembros de la comunidad. Por supuesto, esta última situación, tan deseada como utópica, que pretende llegar a la libertad completa de movimiento para todos los integrantes de una sociedad, no existe y muy probablemente nunca se alcanzará.

Las ventajas derivadas de unos mejores vehículos y de unas carreteras más rápidas se ven mermadas rápidamente por la enorme, pero también diferenciada demanda de transporte motorizado y todas las externalidades implícitas a los

diversos modos de desplazamiento. Conforme los efectos indirectos del transporte (contaminación, accidentes, congestión, degradación del patrimonio urbano, segregación urbana, etc.) adquieren relevancia, diversos autores llaman la atención sobre la relación entre el transporte y la equidad en la distribución de las infraestructuras y sus servicios, así como, en la necesidad de estudiar con mayor interés el caso de las zonas y poblaciones menos atendidas.

Se afirma, que si los ciudadanos aún vivieran, trabajaran y compraran más o menos en los mismos lugares que en 1960, el sistema viario de los años 80 y 90 se reconocería como enormemente capaz en términos de circulación y velocidad. La investigación llevada a cabo en el Reino Unido publicada por el Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment (SACTRA) en 1994, demostró muy claramente que la construcción de nuevas carreteras origina más tráfico. La antigua creencia de que nuevas carreteras sencillamente reconducían el tráfico existente hacia nuevos espacios viarios se ha desterrado al demostrarse la existencia de un círculo vicioso y el efecto contraproducente que 40 años de inversiones públicas a gran escala ha tenido en la capacidad de las nuevas carreteras. Entonces se deberán buscar nuevas y creativas alternativas, más en la demanda que en la oferta creciente y siempre insatisfecha de construcción de carreteras, es decir en la organización del territorio y de las actividades.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Otro mito que debe desterrarse es que el desarrollo tecnológico, sobre todo de las telecomunicaciones, va a disminuir drásticamente las necesidades de desplazamiento al incidir sobre la demanda de viajes innecesarios, la verdad es

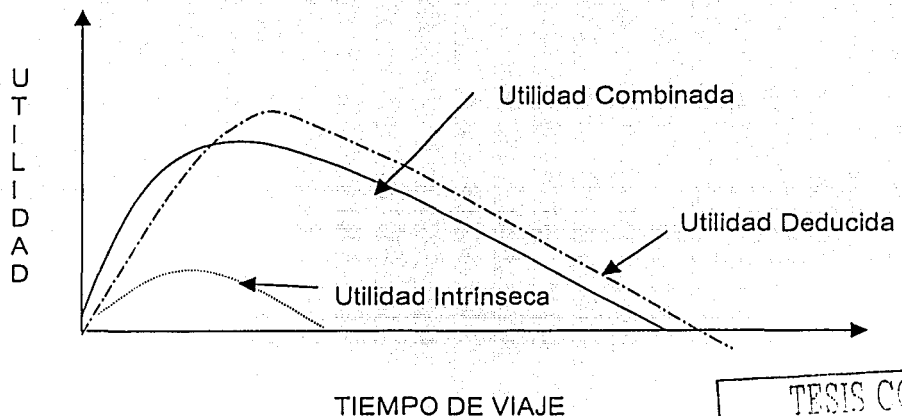
que hasta la fecha no se tienen pruebas contundentes de esta hipótesis y algunos autores señalan incluso, que en lugar de disminuir, los viajes y las demandas de equipamiento e infraestructuras, estas se han incrementado.

Para Hupkes, aunque hoy en día la gente viaja más lejos para llegar a su trabajo y acceder a determinados servicios (salud, educación, compra de alimentos, etcétera) parece que el número de viajes y el tiempo invertido en ellos permanecen constantes a través del tiempo. El trabajo de Hupkes en los Países Bajos muestra que entre 1962 y 1972 el número de viajes en un año por persona y el tiempo de viaje en horas difícilmente cambió, pero, la distancia total de viaje si se incremento, de 7156 a 11478 kilómetros. En otras palabras, la gente usó la velocidad incrementada de viaje no para acceder las mismas vialidades como antes y gastar el tiempo liberado en otras actividades, sino para viajar mayores distancias por la misma cantidad de tiempo e ir más lejos.

Hupkes explica esta *Ley de tiempo de viaje constante* en términos de utilidades que se derivan del viaje. En el siguiente diagrama, la curva de *utilidad intrínseca* representa el valor que los viajeros deducen del viaje mismo, tales como la oportunidad por contar con aire fresco o apreciar paisajes naturales. Sin embargo, el *aburrimiento* se ubicará en algún punto y eventualmente una distancia extra realmente se deriva en utilidades negativas. La *utilidad deducida*, el valor que se gana de las actividades que el viaje hace posible, alcanzará un óptimo más allá del cual o el tiempo de viaje extra se consume dentro del tiempo impuesto además de la actividad o se pagará un precio muy alto. Las velocidades más altas no

cambian la forma de la curva (por ejemplo, la disposición de la gente para gastar el tiempo en el viaje) aunque mueven el óptimo más alejado en distancia. Esto no es solamente porque los viajeros voluntariamente van a los lugares que ellos anteriormente no alcanzaban, sino también (y esta es la parte más interesante del análisis realizado por Hupkes) porque las velocidades más altas permiten proceso de descentralización al permitir que las personas puedan viajar más allá de lo que anteriormente podían, con el fin de llevar a cabo el mismo rango de actividades.

Figura 2 La utilidad del tiempo de viaje



Fuente: Hupkes, 1982

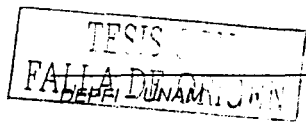
Lo importante de esta observación es que las mejoras técnicas pueden dar lugar a procesos de relativa descentralización y por tanto a nuevas relaciones sociales y económicas cuya consolidación seguramente requerirá de mantener y mejorar implícitamente los niveles de servicio de transporte y de accesibilidad a los sitios que antes se consideraban ubicados a medianas y grandes distancias. Este es el

caso precisamente de la revalorización que pueden tener las cabeceras municipales dentro de un proceso de adelgazamiento estatal y de fortalecimiento de las finanzas y autonomía municipal, por lo que resulta interesante conocer los actuales niveles de accesibilidad que tienen las localidades del estado de México con respecto a sus correspondientes cabeceras municipales.

2.4.2 La Accesibilidad Urbana versus la Rural.

Las lecturas que se realizaron sobre el concepto accesibilidad y sus diferentes aplicaciones se refieren fundamentalmente al medio urbano, en la mayoría de los casos se trata de evaluar los problemas inherentes al tráfico y vialidades de las grandes ciudades y los sistemas de transporte colectivo versus el particular. También se tienen interesantes e importantes modelos para medir la accesibilidad a escala interurbana, como se desprende por ejemplo de las aplicaciones de carácter gravitacional. En cambio, poco se estudia el caso de la accesibilidad en el medio rural o de las localidades hacia sus cabeceras municipales, reconocidas en términos generales, como los centros de servicios jurídico administrativos más importantes dentro de cada municipio.

En el presente estudio se destaca precisamente la participación de las cabeceras municipales, como principales centros de atracción considerando que: su participación sigue siendo relativamente importante para la oferta de numerosos servicios y que, en el marco del redimensionamiento del papel del Estado y de los procesos de descentralización que se están registrando, tanto para los servicios de salud, educación, generación de energía eléctrica, abasto alimentario y de



transporte, se requerirán de este tipo de ejercicios académicos para conocer con detalle la lógica de circulación y los niveles de accesibilidad que tienen los habitantes de las localidades que se ubican dentro de cada municipio.

Con este objetivo vale la pena destacar, que la mayoría de los estudios de los patrones de viaje de las personas se enfoca sobre el uso que se da a los recursos disponibles del transporte, pero la atención se ha saltado recientemente hacia lo que se ha descrito como las influencias del no-transporte¹⁶, es decir, sobre cómo la gente decide dónde, cuándo y cómo viajar. El no-transporte se refiere, a todas aquellas características que el usuario tiene en cuenta, diferentes de los recursos que se tengan del transporte en sí mismo, para satisfacer otro tipo de necesidades y la lógica de la circulación en el medio rural, puede ser completamente distinta de la urbana y prescindir por ejemplo, de la comodidad, aislando incluso, en algunos casos, el interés que puede generar el acortar distancias, tiempo o bien minimizar sus gastos, debido a sus ingresos bajos en esta parte de la población. Aunque los tipos de disposición del transporte obviamente ejercen una fuerte influencia sobre el viaje, también es importante considerar las estructuras sociales e institucionales, sobre todo, cuando se analiza el proceso completo de la ejecución del viaje por grupos e individuos. Un conocimiento del estilo de vida de las casas de familia y de sus miembros, para conocer las razones del viaje fundamental y las restricciones sobre el movimiento impuesto por los factores físicos y sociales, es una guía invaluable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La planeación y políticas del transporte deberían enfocarse más a la accesibilidad de los individuos en el ambiente, ya que la medición de la accesibilidad puede rebasar la cuestión técnica orientada a predecir el comportamiento actual y constituirse en una contribución más sensitiva de los desplazamientos (Hägerstrand 1975) La distribución espacial de la accesibilidad, particularmente los cambios en la accesibilidad, pueden informar directamente al planificador o analista de las políticas, quiénes son los ganadores o perdedores en un escenario dado. Esta pregunta crucial y central a menudo se pierde entre las nubes de los resultados de los ejercicios modelo, las simulaciones de tráfico, y otras proyecciones de demanda.

La planeación del transporte requiere sin duda de medidas rigurosas y fácilmente computadas de la accesibilidad a los lugares que el individuo desea alcanzar, pero no debe olvidarse que se trata de un concepto multicausal con una importante componente social que no debe relegarse. Por lo tanto, se ha llegado a un pequeño acuerdo con respecto a lo que constituye exactamente la accesibilidad, al menos desde una perspectiva formal (Morris, Dumble y Wigan 1979) que permite que la accesibilidad se mida a menudo, con representaciones muy estériles del ambiente. Frecuentemente son descuidadas las características críticas del entorno, como ocurre con las distancias reales; es decir, considerando espacios tridimensionales donde el relieve se convierte en una friccionante básica de la accesibilidad y las velocidades de viaje impuestas por los sistemas de transporte

¹⁶ Rodney S. Tolley y Brian J. Turton ; *Transport Systems, Policy and Planning. Ageographical*

urbano y rural. Esto es muy importante dada la cada vez más congestionada condición de las redes del transporte.

La estructura de espacio-tiempo provee una organización poderosa y elegante desde la cual se analiza la accesibilidad física para los individuos en el ambiente. La estructura espacio-tiempo reconoce que la participación de la actividad tiene ambas dimensiones, lo que significa que las actividades ocurren en lugares específicos para duraciones de tiempo finito. En conclusión, el sistema de transporte dicta en gran parte las velocidades a las cuales los individuos pueden viajar y por lo tanto el tiempo disponible para la participación de la actividad en lugares dispersos. Pero, la estructura espacio-tiempo sintetiza las condiciones que rigen la interacción de todos los humanos. La evidencia sugiere que las restricciones de tiempo afectan la habilidad de los individuos para participar en las actividades, esto es, accesibilidad en el ambiente. Por lo tanto, los términos aislamiento, lejanía e inaccesibilidad se deben usar con precaución. Los recursos para vencer estas restricciones varían ampliamente de territorio en territorio y en función de los estándares de la vida nacional en sus ámbitos tanto urbanos como rurales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Así, aunque los problemas de transporte en las principales ciudades del mundo constituyen el foco principal de atención para los planeadores urbanos, las poblaciones que viven en las áreas rurales de las naciones avanzadas y menos

desarrolladas, también enfrentan severas dificultades para satisfacer sus necesidades de circulación y accesibilidad.

En los países industrializados y desarrollados el transporte rural es una componente vital del sistema de servicios necesario para la continua existencia de vecindarios dispersos en áreas pobladas menos densas. En cambio, la lejanía, el aislamiento y la inaccesibilidad son características típicas de las regiones rurales del mundo en vía de desarrollo. La privación social y económica que sufren estas áreas se debe a menudo y en gran medida, a infraestructuras y servicios de transporte inadecuados e insuficientes.

Algunos métodos de definición de ruralidad se han propuesto con base en la densidad de la población, patrones de las localidades, estructura económica y aspectos de lejanía y accesibilidad. En los estados industriales y altamente urbanizados se registra una clara distinción entre aquellas áreas rurales que permanecen dentro de tierras urbanas y los distritos más remotos, donde la distancia restringe severamente el viaje hacia el trabajo dentro de un centro de empleo importante. Los niveles de viaje por carretera combinados con índices de densidad de población y la proporción de la fuerza laboral en la agricultura y oficios relacionados, se han usado en las definiciones oficiales de ruralidad en el Reino Unido.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la mayoría de los países desarrollados, al menos las dos terceras partes de la población, se pueden clasificar aún como rurales¹⁷, aunque las densidades varían considerablemente de acuerdo a los niveles de la actividad económica. Esto puede parecer ilógico a primera impresión, pero la interpretación de ruralidad puede ser explicada en forma diferente en algunos casos, más si entendemos como se dijo en el párrafo anterior que ciertas áreas rurales pueden permanecer en tierras urbanas. Muchos estados, sin embargo, ocupan una posición intermedia entre los dos extremos de los industrializados y los países en vía de desarrollo, y dentro de estos estados los niveles de aislamiento y lejanía en las áreas rurales varían sustancialmente. Las naciones en el Este Medio y en Latinoamérica, por ejemplo, contienen algunas áreas rurales donde la movilidad de las personas es relativamente alta pero en otras regiones la inaccesibilidad es aún un problema severo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aunque se ha progresado mucho al mejorar la movilidad del individuo y al estimular la accesibilidad de los servicios del hombre en las áreas rurales, se deben entender los objetivos relacionados en incrementar los niveles de acceso a las comodidades esenciales y en reorganizar el patrón total del ajuste para enfocarlo sobre las *poblaciones clave* que involucran cambios más fundamentales en el estilo de vida aceptado de las comunidades rurales. Por lo tanto, el interés del presente trabajo se orientará al análisis de la accesibilidad de las localidades hacia las cabeceras municipales del Estado de México. Para cumplir este

¹⁷ Rodney S. Tolley y Brian J. Turton ; *Transport Systems, Policy and Planning. A geographical*

propósito, es imprescindible conocer, las características más generales y relevantes de la zona de estudio, para el conocimiento de la accesibilidad, lo que implica variables tanto geográficas como sociales y económicas. Una buena accesibilidad es fundamental para el apoyo y éxito no sólo de ciertas localidades sino también de determinados procesos de descentralización socioeconómica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3 CAPÍTULO 2. ASPECTOS GENERALES DEL ESTADO DE MÉXICO

Para poder aplicar, interpretar, calibrar y confrontar los resultados del modelo seleccionado para el análisis de la accesibilidad en el Estado de México, se requiere conocer primero, sus aspectos más representativos, de índole, tanto físico-geográfica como socio-económica.

El Estado de México, registra un proceso histórico y cultural así como, una organización social, económica y, territorial que lo caracteriza en forma particular y lo hace especial de alguna manera ante los demás estados de la nación, sobre todo por su cercanía con la capital del país y por la forma como gran parte de dicho estado se ha desarrollado formando parte de la zona metropolitana de la ciudad de México, razón por la cual se ha seleccionado para la aplicación del modelo de accesibilidad.

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 RESEÑA HISTÓRICA¹

El hallazgo de un raspador de cuarzo y una navaja de obsidiana en el área de Tlapacoya, antigua isla de Chalco, en estratos geológicos del pleistoceno, hace suponer una antigüedad de dos mil años a la aparición del hombre en el territorio

¹ "Los Municipios del Estado de México", colección: Enciclopedia de Los Municipios, 1990

de México. A esta etapa, llamada de recolectores indiferenciados, pertenecen el hueso sacro del camélido, fósil encontrado en Tequizquiac, labrado a mano con apariencia de un cánido; el artefacto de hueso fósil de Totolzingo y los objetos de piedra y hueso de la barranca de Acatlán.

Entre los años 100 antes de Cristo y 100 después de Cristo, se construyeron las pirámides del Sol y de la Luna, el templo de Quetzalcoátl, la Ciudadela y el mercado en Teotihuacan.

Hacia los años 800 ó 900 se establecieron en Teotenango los Matlazincas que convirtieron la región en una ciudad amurallada, con plazas, terrazas, basamentos para templos, altares, habitaciones y un juego de pelota.

Una vez destruida la Gran Tenochtitlán, Hernán Cortés y su primo Juan Altamirano se adueñaron del Valle de Toluca; conquistadores como: Antonio Caicedo, Juan de Jaramillo, Cristóbal Hernández y Juan de Sámano recibieron en encomiendas las tierras de: Texcaltitlán, Jilotepec, Malinalco y Zinacantepec respectivamente. En 1535, el Virrey Antonio de Mendoza, dividió el territorio de Ayuntamiento de México en alcaldías mayores – Chalco y Ameca, Tlayacapan y Coatepec, Otumba, Ecatepec, Sultepec, Zacualpan, Temascaltepec, Malinalco, Metepec e Ixtlahuaca y los Corregimientos de Toluca y Texcoco.

La situación económica del Estado de México durante la época colonial, estuvo sujeta a la producción agrícola y cultivo de caña de azúcar, a la explotación de minas de plata y oro; de las haciendas pulqueras de Otumba y Texcoco. De los

obrajes, lana, jabón, arreos para bestias, sillas de montar, empuntado de rebozos y transportación de mercancías, sobre todo entre esta zona y la Ciudad de México. Aunque la cuenca de México en general y el Estado de México en particular, siempre ha constituido un territorio de gran interés por sus recursos humanos y naturales, los tres siglos de dominación colonial se caracterizaron por la extrema pobreza, por la injusticia y las relaciones de dependencia que se establecieron entre estas dos zonas. Lo cual siempre ha generado a pesar de su cercanía con la capital diversos problemas de marginación tanto social como territorial y por tanto de acceso físico a ciertas zonas del estado.

El 18 de noviembre de 1917, después del largo proceso de independencia, la XXVI Legislatura expidió la Nueva Constitución del Estado. En 1940 se crea la zona industrial de Nuacalpan, iniciándose el crecimiento desorbitado de los municipios colindantes con el Distrito Federal, como efecto del crecimiento demográfico, de la expansión industrial y comercial metropolitana y del aumento de servicios. En 1982 se pone en operación la primera etapa del Aeropuerto Internacional, José María Morelos, en Toluca. En 1984, se expiden las leyes de Planeación del Estado de México.

TIENE CON
FALLA DE ORIGEN

Con las leyes de planeación se busca una organización en las vialidades con el fin de mejorar el acceso a localidades urbanas y rurales, disminuyendo el índice de inaccesibilidad, otorgando una mejor calidad de vida y manteniendo un orden en el manejo del territorio. Esta idea de mejorar en cierta manera los niveles de accesibilidad para la comunidad urbana y rural, debe mantenerse siempre por lo

que el plantear el modelo que se propone en este trabajo, es válido y ayuda al entendimiento de la situación actual de la accesibilidad en la zona.

3.2 ASPECTOS FÍSICO GEOGRÁFICOS²

3.2.1 Datos Generales

Con una superficie de 22,500 kilómetros cuadrados, el territorio del Estado de México representa 1.15% del total nacional. Se ubica en la parte sur de la altiplanicie meridional, en una de las regiones más elevadas del país: la altitud en sus 122 cabeceras municipales fluctúa entre 1,330 y 2,800 metros sobre el nivel del mar (msnm), estando Toluca su capital, a 2,660 msnm. En su interior, es posible encontrar climas Templado Húmedo, Templado Subhúmedo, climas Semifríos, Cálidos y Semicálidos. En el Anexo 1 se pueden detallar las coordenadas geográficas que presentan cada una de las cabeceras municipales, así como su altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), factor de importancia para el análisis de la accesibilidad que se detalla más adelante.

En cuanto a sus límites geográficos, el Estado de México colinda al norte con los Estados de Querétaro e Hidalgo, al sur con los Estados de Guerrero y Morelos, al este con los Estados de Tlaxcala y Puebla, al oeste con los Estados de Guerrero y Michoacán. También tiene frontera con el Distrito Federal, al cual envuelve en su parte norte, este y oeste. Esto significa que no importa hacia donde se desarrolle y

² "Panorámica Socio-económica del Estado de México"; Gobierno del estado de México; Secretaría de Finanzas y Planeación; Instituto de Información e Investigaciones Geográficas, Estadísticas y Catastral; Toluca, México, 1993.

extienda el proceso metropolitano y megalopolitano de la Ciudad de México, éste se relacionará con el del Estado de México.

Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

	Mínima	Máxima
<i>Longitud</i>	98° 35' 50"	100° 36' 34"
<i>Latitud</i>	18° 21' 29"	20° 17' 20"

Figura 3 Ubicación Geográfica del Estado de México



Fuente: www.lmt.gob.mx

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.2 Características Del Relieve en el Estado de México

El Estado de México presenta un relieve bastante accidentado en todo su territorio, en especial en su parte centro y sur, con ciertos valles en el norte y oriente de éste, que aunque bien aminoran las dificultades de accesibilidad, es más lo que dificulta la presencia de montañas en una buena parte de su área incrementando los tiempos de recorrido, costos de viaje, de mantenimiento de vehículos, etc., afectando a las relaciones socioeconómicas de sus habitantes a escala tanto intra como interestatal.

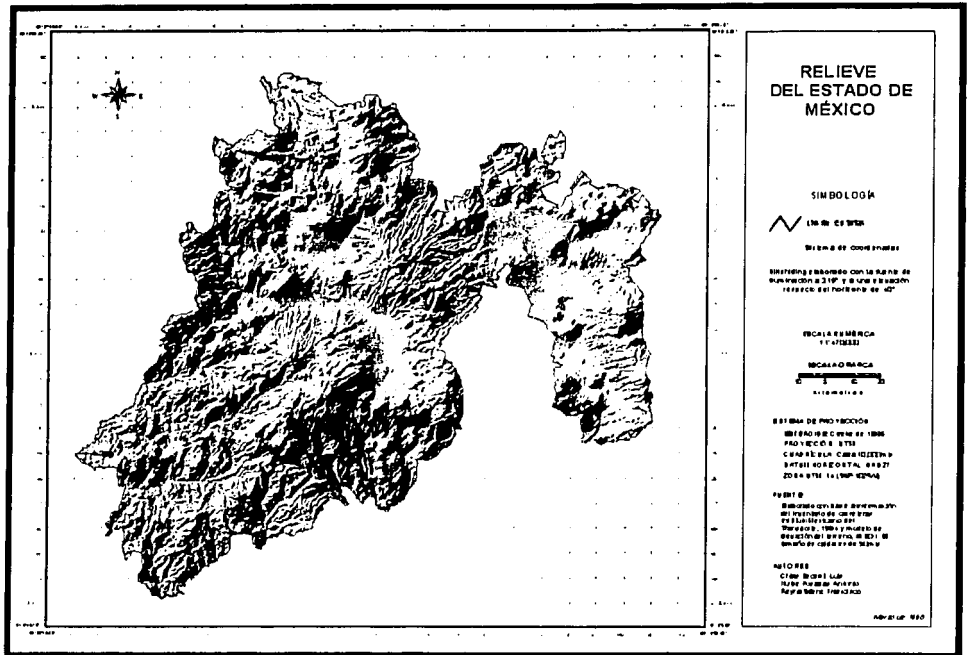
El diseño y la proyección de vías están supeditados en gran medida a la topografía del terreno, obligando a los ingenieros civiles y de transportes, a adaptar sus estructuras a la geografía existente de la mejor manera posible, con el fin de construir las infraestructuras requeridas para el desplazamiento de personas y mercancías que proporcione facilidades de uso y seguridad para los usuarios lo que repercute en una buena accesibilidad. Una vialidad (carretera, vía férrea) mal planeada, mal proyectada y por ende mal construida, es un friccionante más para el desarrollo de la accesibilidad en una región, que genera pérdidas de diversos tipos y que en su mayoría, las posibles soluciones a estas erradas proyecciones son mínimas, debido a los altos costos que representan. Estos errores son acumulables si analizamos los demás factores que se van generando en una red vial en donde existen nodos, cruces de caminos, flujos importantes y una serie de atributos que, contribuyen o no a mejorar o empeorar el desarrollo de un acceso a caminos o sitios por alcanzar. De ahí que el estudio de las redes en conjunto, de puntos, nodos estratégicos como las cabeceras municipales, hospitales, escuelas,

plantas de energía, sistemas de riego, etc., sea de gran importancia, tanto como busquen definir las rutas mínimas según se requieran o bien, como en nuestro caso, identificar y delimitar las áreas de influencia en toda la red carretera con base en las cabeceras municipales (consideradas nodos principales de estudio), logrando con ello analizar los costos (sea en términos de tiempo, dinero, etc.) que se generan al querer alcanzar una cabecera en particular, minimizándolos y con ello mejorando la accesibilidad requerida o plantear soluciones en este sentido.

El Estado de México, con su agresiva topografía (véase Figura 4), a pesar de tener una extensa red de carreteras, sigue presentando distintos niveles de accesibilidad, en la cual el relieve de buena parte de su territorio actuando como friccionante importante en el planteamiento del modelo, hace parte en la generación de las áreas de influencia obtenidas en el mapa, permitiendo analizar la accesibilidad presente en la zona.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 4 Relieve del Estado de México

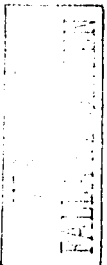
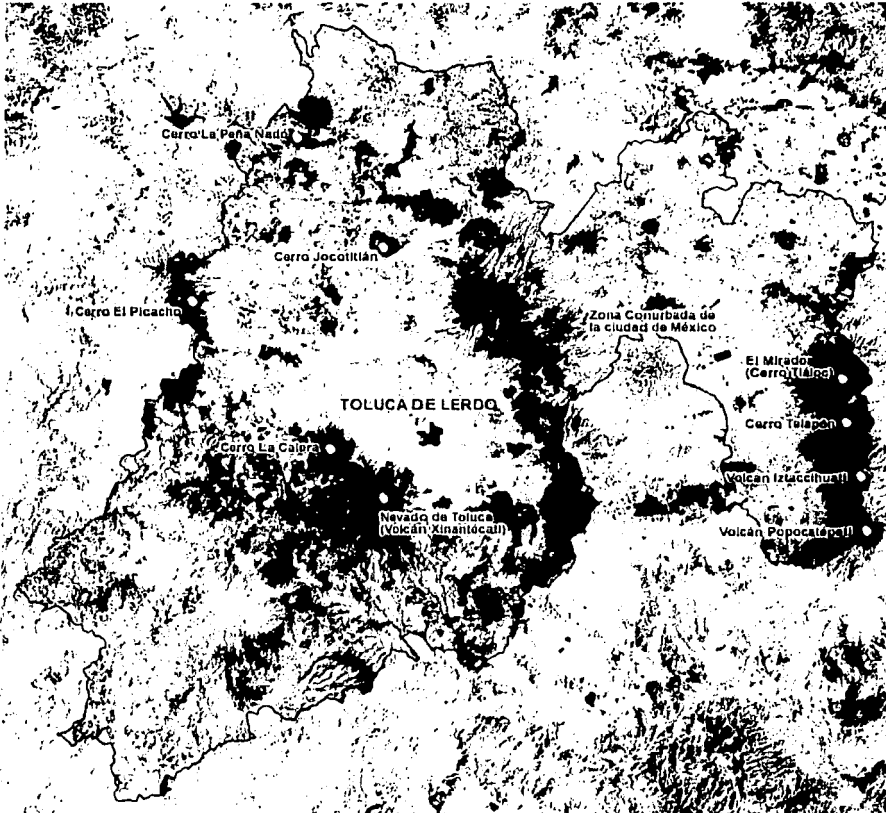


Fuente: Instituto de Geografía, UNAM 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.3 Espacio Mapa del Estado de México

Figura 5 Espacio Mapa del Estado de México



Fuente: www.inegi.gob.mx

El espacio mapa (Figura 5) está hecho a partir de imágenes Landsat TM (mapeador temático - satelital) tomadas en el año de 1993 con una combinación de falso color normal que permite distinguir:

- En tonos rojos, la vegetación cuando es verde.
- En color azul tenue, las grandes localidades urbanas. En la sección superior derecha de la imagen se distingue el área conurbada de la Ciudad de México, mientras que en el centro se aprecia la ciudad de Toluca.
- En color negro, las presas y lagos cuando son profundos y transparentes, cuando no lo son, aparecen en tonos de azul.
- En tonos rosa, las áreas de cultivo de riego en lugares planos.
- En tonos blancos, áreas de cultivo de temporal, apreciables en la parte noreste del estado.

También se pueden distinguir los principales volcanes de la sierra nevada mexicana, tal es el caso del Nevado de Toluca, el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl. La información de este tipo para el concepto de accesibilidad es importante, si vemos que el conocer la zona en la cual podemos apreciar un buen volumen de vegetación, manchas urbanas, etc., ayuda a comprender mejor el comportamiento de la accesibilidad en ella y los diferentes obstáculos que se pueden encontrar en el proceso de acceder a un lugar.

En nuestro estudio, emplearemos un análisis de velocidades, por ejemplo, que bien puede ser mucho más detallado con este tipo de información, en donde la existencia de ciertos obstáculos, como zonas urbanas, vegetación, riegos, etc., pueden tenerse en cuenta y llegar a un manejo de velocidades más exacto tomado en el terreno según el caso, que permita acercarse a una realidad como la

que se aprecia en esta clase de mapas. Sin embargo, para el planteamiento del modelo en este proyecto, no se contempla este tipo de atributos mas que, la red carretera, ubicación de las cabeceras municipales, localidades, el relieve y las pendientes del terreno.

Un espacio mapa como éste entonces, genera información importante para el estudio de accesibilidad y para la valoración de variables que queremos tener en cuenta según sea el caso.

3.2.4 Regiones y Topoformas del Estado de México

El Estado de México se localiza en la parte más alta de la Mesa Central, dentro de la altiplanicie Mexicana, lo que origina gran diversidad de topoformas, con zonas abruptas y escarpadas en regiones montañosas, y zonas con escasa pendiente, características de los valles, lomeríos y llanuras. Al considerar el aspecto fisiográfico, su configuración está comprendida, en parte, por dos grandes provincias: la del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, que cubren 74.2 y 25.8 % de la superficie territorial respectivamente.

La Figura 6 muestra la superficie de las diferentes topoformas, clasificadas por provincia. Predominan las sierras y lomeríos, 43.77 y 32.31 % respectivamente, en segundo lugar se encuentran las llanuras y los valles. Como se explicó en la parte del relieve anteriormente, este tipo de topoformas, sierras y lomeríos, afectan en la distancia y por ende a la accesibilidad al obligar al ingeniero a adaptarse a sus formas en la construcción de vialidades o en su caso, caminos peatonales. Y si a

TRIPS CON
FALLA DE ORIGEN

ello aunamos el hecho de que existen en un buen porcentaje dentro de la región, se convierten en una barrera de interés en el estudio de accesibilidad.

Si se toma como referencia la orientación norte a sur y de oeste a este, la orografía del Estado inicia con un sistema que se divide en dos cadenas: vinculada con la Sierra de Pachuca y con límites con Tepeji del Río, dentro del Estado de Hidalgo, se origina la Sierra de Monte Bajo, donde sobresalen por su altitud los cerros de Dedení, San Agustín, El Castillo, Los Baños, Iglesias Viejas, Yadení y Las Palomas; este último tiene una altura de 3,310 msnm, ocupando el segundo lugar en la región. En la otra sección está la Sierra de San Andrés, la cual toma forma de arco; en ella se observan una serie de elevaciones donde destacan los cerros de Peña de Ñadó (en colindancia con el Estado de Querétaro), Botí, El Gato, Covejuaré, Dexiní y el de Jocotitlán; este es el más importante en cuanto a su elevación, con 3,910 msnm, y es representativo por su preponderancia y su forma radial.

En la porción oeste del Cerro de Jocotitlán hay una variedad de elevaciones que divide al Estado de México con el de Michoacán. Dentro de ésta encontramos el Cerro de Las Palomas, las sierras de Tlapojahua y Carimangacho. Así mismo, se observan otros cerros importantes como Cabeza de Mujer, Mayorazgo y La Guadalupeana con 3,370 msnm. Al suroeste se encuentra la Sierra del Valle de Bravo, donde sobresalen los Cerros de San Agustín, La Peña de Los Muñecos, Lodo Prieto, San Antonio, Los Reyes, El Ídolo, Piedra Herrada y Cerro Gordo, entre otros. Este sistema se vincula con la Serranía del Nevado de Toluca que se

localiza a 22 kilómetros al suroeste de la capital estatal, con una altura de 4,680 msnm, ocupando el cuarto lugar nacional respecto a su elevación.

Figura 6 Topoformas del Estado de México

Topoforma	Eje Neovolcánico			Sierra Madre Del Sur			Topoformas del Estado de México	
	Altitud Promedio (metros)	Diferencia de Altura Promedio (metros)	Superficie (kilómetros cuadrados)	Altitud Promedio (metros)	Diferencia de Altura Promedio (metros)	Superficie (kilómetros cuadrados)	Superficie Total (kilómetros cuadrados)	Porcentaje Respecto al Total (%)
Sierra	3,200.00	1,125.00	5,034.91	2,730.00	500.00	4,814.42	9,849.33	43.77
Lomeríos	2,700.00	625.00	7,108.14	1,850.00	700.00	162.70	7,270.84	32.31
Llanuras	2,515.00	100.00	3,256.55	---	---	---	3,256.55	14.48
Valles	2,415.00	100.00	1,027.76	1,985.00	475.00	501.15	1,528.91	6.80
Mesetas	---	265.00	209.15	2,000.00	---	360.00	594.32	2.64
Total	---	---	16,636.51	---	---	5,863.44	22,499.95	100.00

Fuente: www.inegi.gob.mx

A continuación de la Sierra Monte Bajo y con orientación norte sur, se presenta la Sierra de Monte Alto. En esta trayectoria se tiene la Sierra de Las Cruces, que se une a la Serranía de Ajusco y corre hacia el sur, encontrándose con los Montes de Ocuilan, que sirve como límite natural entre los estados de México y Morelos; en el extremo oeste se encuentra el Cerro de Tenango con una altura de 2,900 msnm.

En la porción sur se observan las sierras de Temascaltepec, El Hospital, Nanchititla, La Goleta y la de Zacualpan. En la parte sureste se encuentran cerros y montes. Esta zona se caracteriza por ser la más accidentada, con gran cantidad de elevaciones y montículos integrados en las grandes serranías y muy probablemente será la que presente los niveles más bajos de accesibilidad.

TEPICO CON FALLA DE ORIGEN

En la porción oriental y unida a las sierras de Pachuca y Tepetzotlán, con orientación norte sur, se ubican las sierras de Patlachique, Río Frío y Nevado, que

forman una sola cadena montañosa, donde sobresalen por su altitud los picos nevados del Iztaccíhuatl y Popocatepetl, con una altura de 5,836 y 5,452 msnm, respectivamente, lo que les atribuye el segundo y tercer lugar del país. El parte aguas del Iztaccíhuatl sirve como límite orográfico entre los estados de México y Puebla, y a su vez el Popocatepetl divide a estos dos estados y a Morelos.

Dentro de esta conformación y divididos por las sierras de Monte Bajo, Monte Alto y Las Cruces, se encuentran los Valles de Toluca y México. El primero está enmarcado por la cuenca de Lerma, con una superficie de 4,500 km² y una longitud máxima de 110 kilómetros; en su trayecto toma nombres locales referidos a los valles de Tianguistengo, Ixtlahuaca, Jilotepec, entre otros. Su relieve lo conforman llanuras, lomeríos y cañadas, aunque algunos lugares alcanzan alturas de 2,680 msnm. También se encuentran en forma aislada, varias elevaciones de origen volcánico: Cerro Molcajete, El Tigre, La Ciénega, Papalotepec y la Sierra Morelos; esta última localizada al norte de la ciudad de Toluca.

El valle de México ocupa una extensión considerable, 8,114 kilómetros cuadrados y presenta una longitud máxima de 111 kilómetros. El relieve es básicamente plano, dominando la llanura lacustre con una altitud promedio de 2,240 msnm, que sólo es interrumpida por algunas elevaciones relativas como la Sierra de Guadalupe, localizada al norte del Distrito Federal, en la parte sureste del mismo, donde sobresalen los cerros Ayaqueme, Chiconquiác y Zoyacan.

Estas provincias, detalladas en la Figura 7, con sus descripciones nos ubican muy claramente en la conformación general que presenta el Estado de México y así

podemos entender mejor el efecto que tienen en la red vial existente, en la construcción de nuevos caminos, en la movilización de los habitantes urbanos y rurales repercutiendo entonces en una accesibilidad particular para quienes habitan en especial en las zonas más agrestes. Otra razón más para conocer el resultado de este estudio.

TFSM CON
FALLA DE ORIGEN

3.3 ESTRUCTURA JURÍDICO ADMINISTRATIVA

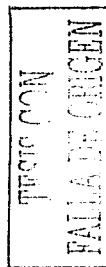
3.3.1 División Municipal y sus Cabeceras Municipales

El Estado de México está dividido en 122 municipios. En la Figura 8, se aprecia la División Política del estado y la ubicación de sus respectivas cabeceras municipales, 122 en total. El cuadro del anexo número 2 contiene los nombres de los diferentes municipios con el de sus respectivas cabeceras municipales.

El municipio es en sí parte importante en una región, y por ello su cabecera municipal. Como dice Tonatiuh Guillén López: "Los municipios son el espacio social y gubernamental en donde se condensa la diversidad ambiental, económica, social, cultural, étnica y política de la nación. Con este principio, fortalecer el municipio equivale a reivindicar su particularidad y las necesidades específicas de desarrollo y organización de los asuntos públicos y de gobierno"²⁰. Para Alicia Ziccardi, el municipio es "el ámbito más próximo a la ciudadanía y, por lo tanto, el espacio privilegiado para avanzar en la construcción de la democracia social"²¹, y se podría decir, en el desarrollo económico y social de una región o bien del país.

Por lo que vale argüir que: plantear el algoritmo hacia un enfoque de accesibilidad a las cabeceras en cuestión, no es sólo práctico para el objetivo del proyecto, si no que brinda información valiosa y que no existe en la actualidad, para conocer el

²⁰ Ziccardi, Alicia; *Municipio y Región; Agenda de la Reforma Municipal en México*; México, 200; pag. 5



costo que significa desplazarse en estos ámbitos territoriales y por tanto, tener la posibilidad de minimizar distancias, tiempo o bien la inversión monetaria para su acceso con mayores facilidades.

El estudio de la accesibilidad que se pretende desarrollar con este proyecto, centra su atención en un grupo de puntos en especial, llámense localidades o, cabeceras municipales donde se agrupa cierta cantidad de población y donde se ofertan determinados servicios a todas las localidades que se ubican dentro de las áreas de influencia de dichas cabeceras, lo que determina su interés para plantear este análisis.

El número de nodos a considerar, no afecta el desarrollo del modelo. Lo importante es elegir aquellos que representen un objetivo en especial o que se caractericen en algo, como las Cabeceras Municipales en nuestro caso.

²¹ *Idem*, pag. 9

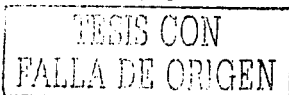
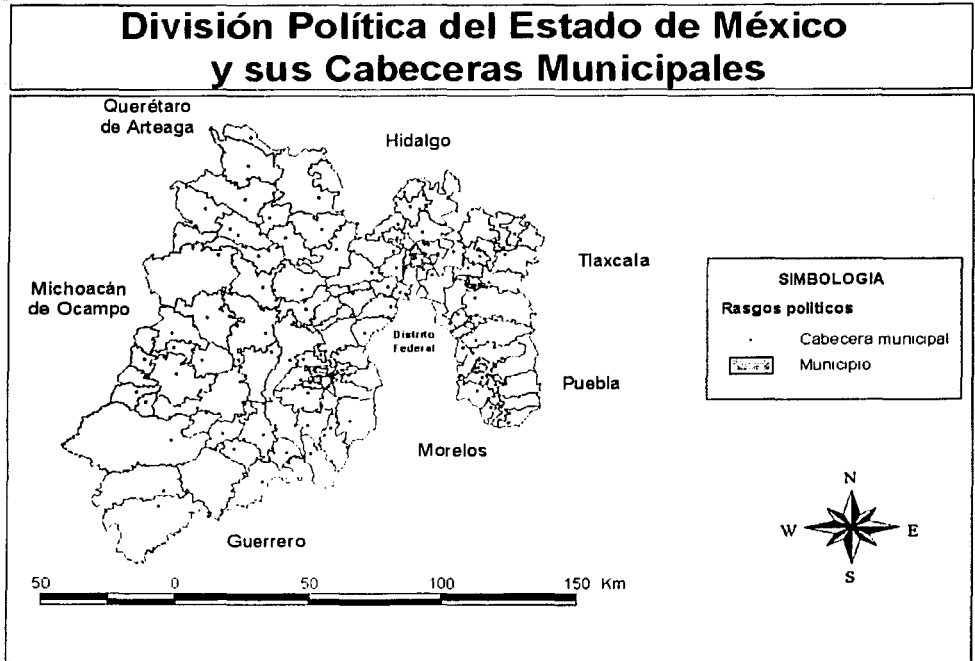


Figura 8 División Política Del Estado De México y Sus Cabeceras Municipales



Fuente: Elaboración Propia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DEBIDA AL...

No hay que olvidar que el interés en este estudio, es **plantear** un algoritmo que permita analizar la accesibilidad de todas las localidades (urbanas y rurales) del Estado de México a sus correspondientes cabeceras municipales o en su defecto, a la cabecera municipal más cercana.

En la Figura 8 se identificaron las cabeceras de los 122 municipios. De dicho mapa se aprecian municipios de distinto tamaño, con diferentes número y tamaño de localidades y distribuidas de manera muy heterogénea sobre todo el territorio del Estado de México.

En términos generales puede afirmarse que la población, para satisfacer determinadas necesidades, siempre va a necesitar desplazarse hacia ciertos sitios donde puede acceder a servicios o comprar objetos que en su lugar de origen no puede obtener. En realidad la accesibilidad desde cierta localidad x hacia una cabecera municipal y , no debe ser enfocada específicamente hacia la y que le corresponde, si no más bien, hacia la y más cercana a esa x si y sólo si ella pueda suplir sus necesidades sin importar cuál sea esa y . Pero para efectos del modelo, se considera que las cabeceras municipales reúnen determinados atributos, tanto administrativos como funcionales que en general atraen a la población de su áreas más cercanas y en algunos casos desde zonas muy alejadas.

Muchos habitantes viven en localidades alejadas de su cabecera municipal, y pueden por su situación geográfica, ubicarse relativamente cerca de una cabecera vecina, o al menos más cerca de aquella que les corresponde, viéndose en la

necesidad económica y de tiempo de dirigirse preferentemente a ella y no a la jurídicamente correspondiente.

3.3.1.1 Coordenadas Geográficas y Altitud de las Cabeceras Municipales

Conocer la ubicación exacta de las cabeceras en estudio y su altitud en msnm de cada una de ellas (Anexo 1) se hace necesario, pues su georeferenciación constituye un atributo básico para el software de trabajo que se empleará en este proyecto, y que será de vital importancia para obtener las áreas de influencia que se explicarán más adelante en la presentación del modelo a plantear.

La altitud en msnm de las 122 cabeceras, es información importante para el análisis de accesibilidad detallado. Encontrarnos a determinada altura en algún lugar del planeta, hablemos dentro del Estado de México, implica que nuestros cuerpos se comporten y reaccionen de diferente manera, en función de la altura a la que nos encontremos. Pero no sólo afecta a los seres vivos, también incide por las leyes de la física, química y de la misma naturaleza, sobre el comportamiento de los vehículos utilizados para desplazarnos, tanto terrestres como aéreos.

El funcionamiento de un vehículo depende de muchos factores, entre ellos la altura a la cual se moviliza. Su operación por ejemplo, la combustión cambia, afectando su rendimiento, velocidad, gasto de combustible, rodamiento, etc. Los aviones, por ejemplo, no usan la misma cantidad de combustible para despegar desde todos los aeropuertos. Pueden emplear más combustible en cierta altura que en otra para su despegue según sea el caso, lo que afecta la cantidad de pasajeros o de carga que puede transportar, o el tipo de aviones que pueden

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

acceder a los aeropuertos dependiendo de las características físicas de las pistas, etc.

3.3.2 Carreteras del Estado de México

El Estado de México cuenta con carreteras pavimentadas, revestidas, de terracería y brechas distribuidas de manera muy heterogénea en todo sus territorio (Figura 9) y que se clasifican, extienden y utilizan según INEGI 1995, como lo indican los cuadros que siguen. Información valiosa para tener en cuenta en el planteamiento del modelo.

A manera de información, se definen los tipos de carreteras así:

- **Brecha:** Camino formado por el paso de vehículos, animales o personas que se acondicionan a la topografía del terreno, sin ningún tipo de trazo geométrico previo.
- **Terracería:** Camino acondicionado con materiales naturales (piedra bola, tezontle, etc.) para el tránsito de vehículos y / o personas.
- **Revestida:** Camino de una capa de materiales seleccionados, extendidos y compactados sobre las terracerías, para recibir las cargas que produce el tránsito.
- **Pavimentada:** Camino hecho sobre la base de un revestimiento, con materiales resistentes para el tránsito de vehículos pesados y con una superficie tersa de rodamiento de asfalto o concreto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la Tabla 2, aparecen la longitud en kilómetros y el porcentaje correspondiente de cada uno de los tipos de vía que presenta la red carretera analizada, según INEGI 1995. Se detalla que el 14.62% (1,432.82 Km.) del total de la longitud (9,801.82- Km.) de vías, pertenecen a carreteras pavimentadas de cuota y libres por donde el movimiento vehicular es más rápido comparado con el 85.38% restante perteneciente a carreteras revestidas y de terracería. Obviamente, las mayores velocidades se presentarán por las vías pavimentadas de cuota las cuales presentan una mejor seguridad en el camino, debido a su infraestructura y mantenimiento. Estas vías pavimentadas de cuota representan casi el 4% del total de la red, por donde los valores de velocidad más altos se presentarán, pero que debido a su valor porcentual tan bajo, no contribuyen a la existencia de una buena accesibilidad, aún si se tomara en cuenta el casi 11% de las vías pavimentadas libres con las que suman casi el 15% antes mencionado. Ahora bien, aunque las vías revestidas permiten un desarrollo de velocidad más bajo que las pavimentadas, contribuyen en un buen porcentaje (61.76%) del total de la red, a favorecer las interacciones entre las localidades analizadas. Con ello podemos decir que, esa interacción se favorece por un 76.38% del total de vías, y se afecta por el 23.62% (terracerías), en donde la velocidad de operación es inferior a las carreteras pavimentadas y revestidas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 2 Longitud y Tipo de Superficie de la Red Carretera (Km.) en el Estado de México (INEGI)

CONCEPTO	PAVIMENTADA			REVESTIDA	TERRACERÍA	TOTAL
	UN CARRIL	DOS CARRILES	CUATRO O MÁS CARRILES			
Federal Libre	---	684.42	93.81	---	---	778.23
Federal Cuota	---	22.00	258.89	---	---	280.89
Estatad Libre	---	56.30	214.40	3,705.00	2,315.00	6,290.70
Estatad Cuota	---	40.00	63.00	---	---	103.00
Rural	---	---	---	2,349.00	---	2,349.00
<i>Total</i>	---	<i>802.72</i>	<i>630.10</i>	<i>6,054.00</i>	<i>2,315.00</i>	<i>9,801.82</i>

Fuente: INEGI, 1995

Tabla 3 Utilización de las Carreteras (Km)

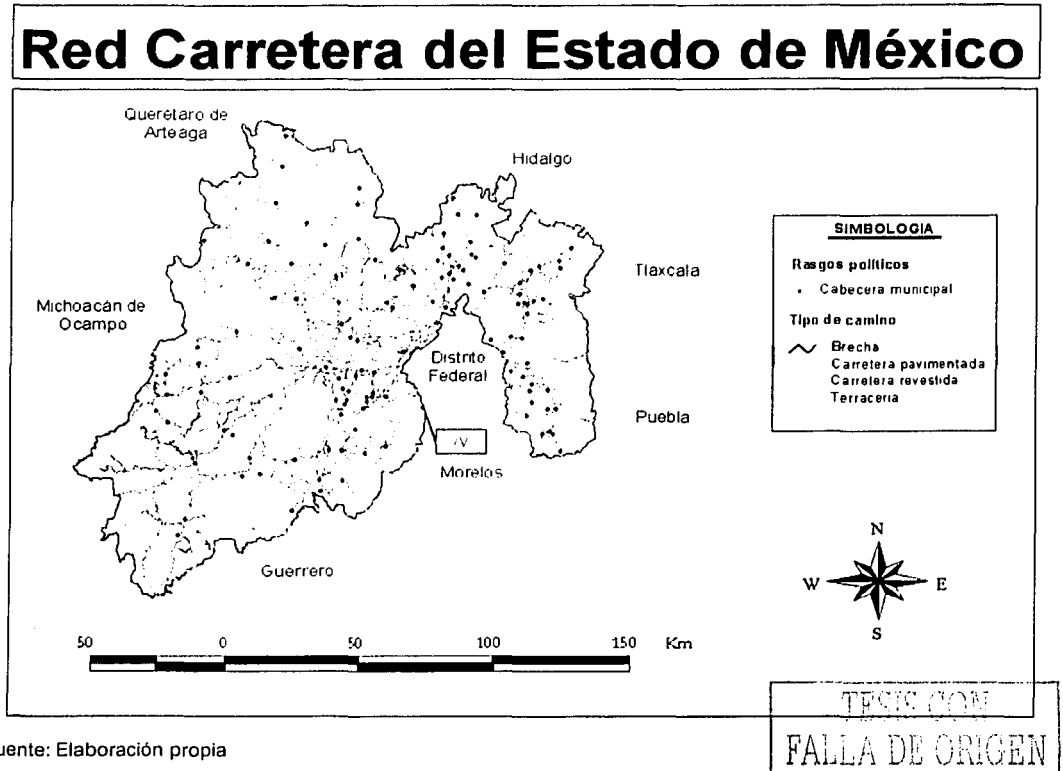
RANGOS DE VOLUMEN EN TPDA*	FEDERAL LIBRE AFORADA		ESTATAL LIBRE AFORADA		FEDERAL Y/O ESTATAL CUOTA AFORADA	
	LONGITUD	PORCENTAJE	LONGITUD	PORCENTAJE	LONGITUD	PORCENTAJE
Ene-00	78.00	10.80	798.10	42.30	0.00	0.00
2001-5000	191.18	26.40	652.61	34.40	62.05	16.40
5001-10000	224.91	31.10	300.32	16.00	40.40	10.70
> 10001	229.50	31.17	138.50	7.30	275.40	72.90
<i>Total</i>	<i>723.59</i>	<i>100.00</i>	<i>1,889.53</i>	<i>100.00</i>	<i>377.85</i>	<i>100.00</i>

*TPDA = TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL

Fuente: INEGI, 1995

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 9 Red Carretera del Estado de México



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 anterior, refleja que el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) en el 62.27% de la longitud de vía aforada correspondiente a las carreteras Federales Libres supera los 5,000 vehículos. En el caso de las vías Estatales libres el 76.7 % de su longitud aforada registra valores de TPDA por debajo de los 5,000 vehículos. El aforo en el 72.9% de Las vías de cuotas, estatales o federales, registró en cambio un TPDA mayor a los 10,000 vehículos. Para el análisis de la accesibilidad, estos datos pueden ser tomados en cuenta con el fin de conocer las

vías que están subutilizadas o bien aquellas que presentan mayor congestión de flujo. Esta información para cada clasificación de las vías se presenta sin tener en cuenta sus características de infraestructura, temporada, clima y demás, que influyen fuertemente en los aforos. De todas maneras es entendible que en las vías de cuota, independientemente de estos factores, el TPDA siempre será más alto que en cualquiera de las otras categorías.

De la Figura 9 sobre la red carretera del Estado de México, otorgado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en el año 1997, en el que aparece todos los tipos de vía (pavimentadas, revestidas, terracerías y brechas), se obtienen los datos de los valores enseñados en la Tabla 4, resumidos de la información interna que trae esta red carretera. Con ello, se podrá hacer un cuadro comparativo entre la investigación del INEGI y la obtenida por el Instituto Mexicano del Transporte.

Tabla 4 Longitud y Tipo de Superficie de la Red Carretera (IMT)

ESTADO DE LA VÍA	LONGITUD EN METROS	PORCENTAJE
Pavimentadas	4'955,679.34	54.77%
Revestidas	3'652,896.62	40.37%
Terracerías	437,047.83	4.83%
Brechas	2,442.80	0.03%
TOTAL	9'048,066.59	100.00%

Fuente: IMT, 1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La siguiente Tabla 5 contiene un comparativo de la Tabla 2 y la Tabla 4 :

Tabla 5 Comparación de información INEGI contra SCT

SUPERFICIE	LONGITUD (m) INEGI 1995	LONGITUD (m) IMT 1997	INEGI	SCT
Pavimentadas	1'432,820.00	4'955,679.343	14.62%	54.77%
Revestidas	6'054,000.00	3'652,896.624	61.76%	40.37%
Terracerías	2'315,000.00	437,047.83	23.62%	4.83%
Brechas	(Sin Dato)	2,442.80	-----	0.03%
Total	9'801,820.00	9'048,066.590	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

De la información en la Tabla 5 se destaca que:

- ✓ El total de longitud de vías otorgado por cada una de las fuentes (INEGI e IMT), presentan una diferencia entre ellas de 753,753.41 metros (753.75 km).
- ✓ Por ser una diferencia aparentemente pequeña con respecto a los valores relacionados, en los años en que fueron capturados, se decide compararlos y ver la evolución que han tenido los tipos de superficies desde el año 1995 hasta el año 1997.
- ✓ Siendo así, las vías pavimentadas tuvieron un fuerte aumento de 3,522.86 Km. Eso quiere decir que, o se construyeron nuevas vías pavimentadas o las de tipo menor, como las revestidas fueron mejoradas con pavimento.
- ✓ Las vías revestidas presentan una disminución de 2,401.1 Km. Esta disminución es favorable si se piensa que esa longitud de revestidas han

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

superado su estado pasando a pavimentadas. Si se comparan los valores obtenidos de diferencia entre las vías pavimentadas y las revestidas, vemos que son valores cercanos, lo que explicaría que la cantidad de kilómetros que disminuyeron las vías revestidas, es aproximadamente el valor del kilometraje aumentado por las pavimentadas.

- ✓ Las vías en terracería tuvieron una disminución de 1,878 Km. aproximadamente. El hecho de que este tipo de vías disminuya en su extensión, significa que han sido mejoradas a revestidas principalmente o en algunos casos a vías pavimentadas mejorando notablemente la accesibilidad rural, interesante para nuestro estudio.

- ✓ Aunque INEGI no tiene información de brechas, el IMT informa de tan sólo 2.44 Km. de su longitud.

Así, podemos detallar en cierta forma, cómo ha mejorado no sólo la extensión sino también la calidad de los caminos en el Estado de México y por tanto, también podemos considerar que esto ha incrementado las posibilidades de interacción entre los nodos (tanto urbanos como rurales) y los niveles de accesibilidad de las numerosas localidades a sus cabeceras municipales. Sin embargo el desarrollo del modelo y su evaluación nos permitirá valorar de manera cualitativa y cuantitativa dichos niveles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS DEL ESTADO DE MÉXICO

3.4.1 Localidades

El Estado de México comprende 4,786 localidades en todo su territorio. En la Figura 10 se observa la ubicación de las localidades mexiquenses que se extienden en toda su región.

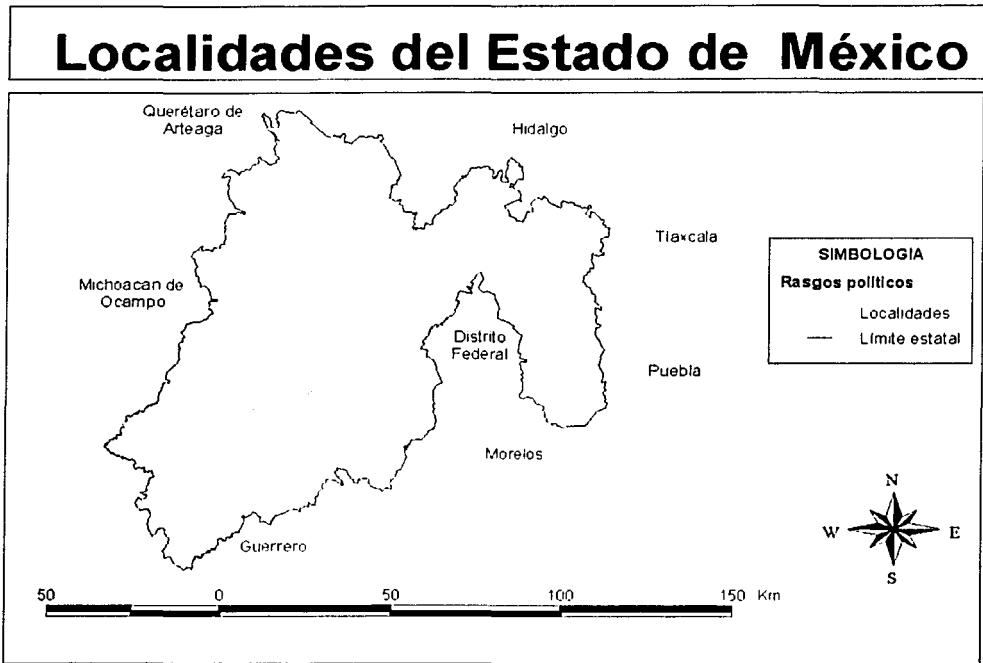
A pesar de la distribución física que presentan estas localidades, se debe tener una visión más profunda de sus patrones de distribución o sea de la forma como se concentran o dispersan en el territorio analizado. Este comportamiento se puede ver con el tamaño de las localidades y con el porcentaje de la población que vive en él.

Más adelante ciertas tablas muestran información sobre la población en estas localidades y se les hace un análisis de su comportamiento en todo el estado, destacando la heterogeneidad en su conjunto y su complejidad para correlacionarlas con sus cabeceras municipales.

Recordemos que el objetivo está enfocado a analizar las localidades que se involucran en el área de influencia resultante a cada cabecera municipal, sin importar si pertenecen a dicha cabecera o no.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 10 Localidades del Estado De México



Fuente: Elaboración propia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4.2 Características Demográficas²²

Según el XI Censo General de Población y Vivienda del año 1990, el Estado de México registró entonces una población de 9,815,795 habitantes, lo que representa 12.1% de la población total del país, siendo esta la participación más elevada en el ámbito nacional. Este volumen de población se explica por la expansión demográfica experimentada en las últimas décadas, en las que se registraron tasas de crecimiento de la población mucho más elevadas que el promedio nacional. Si en el ámbito nacional las tasas de crecimiento intercensales fueron de 3.2% para el periodo 1950-1970 y 2.6% para el de 1970-1990, en el Estado de México las cifras correspondientes arrojan tasas de 5.3% y 4.8%, respectivamente. Esto lo explica el efecto del crecimiento metropolitano que se presenta sobre todo en la periferia.

El desglose del periodo 1970-1990 revela, sin embargo, que la población ha iniciado una etapa de estabilización, ya que si en la década de los setenta la tasa de crecimiento anual fue de 7.03%, en los ochenta se redujo a 2.64%. Las estadísticas de población durante este siglo que se presentan a continuación reflejan el aumento en la participación de la población del Estado respecto de la del país:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

²² "Panorámica Socio-económica del Estado de México"; Gob. Estado de México; Secr. de Finanzas y Planeación; Toluca, México, 1993.

Tabla 6 Relación de la Población entre el Estado de México y el País

Año	País	Tasas Intersensales	Estado de México	Tasas Intersensales	Tasa de Participación
1895	12,632,427		841,618		6.66%
1900	13,607,259	1.50%	934,463	2.11%	6.87%
1910	15,160,369	1.09%	989,510	0.57%	6.53%
1921	14,334,780	-0.51%	884,617	-1.01%	6.17%
1930	16,552,722	1.61%	990,112	1.26%	5.98%
1940	19,653,552	1.73%	1,146,034	1.47%	5.83%
1950	25,791,017	2.75%	1,392,623	1.97%	5.40%
1960	34,923,129	3.08%	1,897,851	3.14%	5.43%
1970	48,225,238	3.28%	3,833,185	7.28%	7.95%
1980	66,846,833	3.32%	7,564,335	7.03%	11.32%
1990	81,249,645	1.97%	9,815,795	2.64%	12.08%
1995*	91,158,290	2.33%	11,707,964	3.59%	12.84%
1997**	93,716,332	1.39%	12,222,891	2.18%	13.04%
2000***	97,361,711	1.28%	13,083,359	2.29%	13.44%

Fuente: Panorámica Socio-económica del Estado de México"; Gob. Estado de México; Secr. de Finanzas y Planeación; Toluca, México, 1993.

*INEGI. *Censo de Población y Vivienda, 1995 Resultados Definitivos Tabulados Básicos*

** INEGI. *Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica, 1997. Metodología y Tabulados*

***INEGI. *XII Censo General De Población Y Vivienda, 2000. Resultados Preliminares*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ya para 1995, la población del Estado es de 11,707,964 habitantes, con 5,776,054 hombres y 5,931,910 mujeres representando el 12.84% del total del país, continuando con la participación alta en el ámbito nacional. Lo que significa que a pesar de que las tasas de crecimiento disminuyen, en términos absolutos sigue creciendo la población y con ello la demanda de múltiples servicios como los de transporte, educación, salud, etc. Para 1997, aunque no es resultado definitivo, se observa en la metodología comentada anteriormente (**), el aumento en su participación.

Con base en los resultados preliminares del Censo General de Población y Vivienda del 2000, el Estado de México tiene una población de 13,083,359 habitantes distribuidos en 122 municipios; el 21.72% de ellos se encuentra en los municipios de Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl. Así pues, el 13.44% de la población del país, se encuentra en el Estado de México, según los resultados preliminares ya estipulados (***).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta notable expansión demográfica de las últimas décadas no se explica por crecimiento natural, sino más bien por un intenso fenómeno migratorio, situación que se refleja en el hecho de que, por ejemplo para 1990, del total de población que residía en el Estado de México, 39.9% había nacido en otra entidad federativa. En cambio, sólo el 5.9% de mexiquenses habían salido a vivir a otros lugares, con lo que se obtiene un saldo neto de migración de 3,308,693 personas, 34% del total de residentes de la entidad para ese año. Por el volumen de migración neta, el Estado de México es el área de mayor atracción

poblacional del país. Un 55% de los inmigrantes provienen del Distrito Federal. Geográficamente la mayor parte de la inmigración se localiza en los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Esto se explica pensando que, la saturación demográfica debido a los inmigrantes dentro de la capital de la República Mexicana, obliga a su población a moverse queriendo alcanzar lugares más factibles para solventar sus necesidades básicas según sus ingresos. Esta movilidad se genera obviamente hacia las afueras del Distrito Federal, ya que dadas sus condiciones socioeconómicas les permiten acceder a aquellas que pertenecen al Estado de México. De ahí que, 30 de los 122 municipios mexiquenses formen parte de la Zona Metropolitana que conforman con el Distrito Federal.

A continuación se presenta en la Tabla 7 y la Tabla 8, los municipios del Estado de México que conforman la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en conjunto con el Distrito Federal detallando sus delegaciones:

VENIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 7 Unidades que Integran la Zona Metropolitana de la Ciudad de México para 1990

Número	Nombre	Entidad	Clave Municipal	Número	Nombre	Entidad	Clave Municipal
I	Alvaro Obregón	Delegación D.F.	10	7	Chicoloapan	Municipio Edomex	29
II	Azcapotzalco	Delegación D.F.	2	8	Chimalhuacán	Municipio Edomex	31
III	Benito Juárez	Delegación D.F.	14	9	Ecatepec	Municipio Edomex	33
IV	Coyoacán	Delegación D.F.	3	10	Huixquilucan	Municipio Edomex	37
V	Cuajimalpa	Delegación D.F.	4	11	Iztapalapa	Municipio Edomex	39
VI	Cuauhtémoc	Delegación D.F.	15	12	Jaltenco	Municipio Edomex	44
VII	Gustavo A. Madero	Delegación D.F.	5	13	Melchor Ocampo	Municipio Edomex	53
VIII	Iztacalco	Delegación D.F.	6	14	Naucalpan	Municipio Edomex	57
IX	Iztapalapa	Delegación D.F.	7	15	Nezahualcóyotl	Municipio Edomex	58
X	Magdalena Contreras	Delegación D.F.	8	16	Nexotalpan	Municipio Edomex	59
XI	Miguel Hidalgo	Delegación D.F.	16	17	Nicolás Romero	Municipio Edomex	60
XII	Mixcoac	Delegación D.F.	9	18	La Paz	Municipio Edomex	70
XIII	Tlalhuac	Delegación D.F.	11	19	Tecamac	Municipio Edomex	81
XIV	Tlalpan	Delegación D.F.	12	20	Teoloyucán	Municipio Edomex	91
XV	Venustiano Carranza	Delegación D.F.	17	21	Tepotztlán	Municipio Edomex	95
XVI	Xochimilco	Delegación D.F.	13	22	Texcoco	Municipio Edomex	99
1	Acolman	Municipio Edomex	2	23	Tlaxtepanitla	Municipio Edomex	104
2	Atlixco	Municipio Edomex	11	24	Tultepec	Municipio Edomex	108
3	Atzacán de Zaragoza	Municipio Edomex	13	25	Tultitlán	Municipio Edomex	109
4	Coacaco	Municipio Edomex	20	26	Zumpango	Municipio Edomex	120
5	Coatlán	Municipio Edomex	24	27	Cuautitlán Izcalli	Municipio Edomex	121
6	Chalco	Municipio Edomex	25				

Fuente: Negrete María Eugenia, Graizbord Boris, Ruiz Crescencio; Población, Espacio y Medio Ambiente En La Zona Metropolitana De La Ciudad De México, El Colegio De México, 1995

Tabla 8 Unidades que se han Integrado a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México entre los Años 1991 Y 1992

Número	Nombre	Entidad	Clave
28	Tezoyuca	Municipio Edomex	100
29	Chiautla	Municipio Edomex	28
30	Papalotla	Municipio Edomex	69

Fuente: Fuente: Bassols Batalla, Ángel, 1992; *El Desarrollo Regional En México: Teoría Y Práctica*, México: Instituto De Investigaciones Económicas. UNAM

El movimiento de los habitantes de las zonas rurales y urbanas hacia centros urbanos cada vez más grandes y que ofrecen bienestar para ellos, es latente y difícil de detener. Esto perdurará si no se cumplen ni desarrollan las políticas de

TESIS CON
 FALLA DE CUBRIM

pierden muchas horas, energía y dinero en el transporte. En un número importante de este tipo de municipios el rápido crecimiento poblacional y el bajo ingreso de sus habitantes generan una baja calidad de vida y una serie de problemas de tipo urbano y social que condicionan su organización y funcionamiento. Presentan también un alto índice de migración proveniente de la ciudad central, que los expulsa por la vía del encarecimiento y el déficit de viviendas populares, o del medio rural, ya que en ellos se concentran actividades generadoras de empleo." De alguna manera, esto conlleva a diversas transformaciones en la economía y el territorio, en particular a un proceso de descentralización de la actividad industrial de la capital del país hacia los municipios metropolitanos del Estado de México y hacia otras ciudades del interior. Como efecto especial de este comportamiento, se advierte en estas zonas metropolitanas un elevado número de mexicanos viviendo en situaciones de pobreza extrema y moderada. Por ello la importancia de que el municipio con su cabecera, juegue un papel importante y central como autoridad y centro de satisfactores de diversos servicios básicos y especializados próximos a la ciudadanía, especialmente hacia la comunidad más pobre garantizando una mayor igualdad en el acceso a bienes y servicios básicos.

3.4.2.1 Población Urbana y Rural, Superficie y Densidad en el Estado de México para los Años 1990, 1995 y 2000

Debido al enfoque que se le dará al tema, cuando se orienta a la accesibilidad urbana y rural en el estado, es interesante conocer el avance de la población urbana y rural, así como la densidad dentro del estado, pues ello ayuda a un

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

mejor entendimiento de la situación de la región para su análisis en los resultados obtenidos.

Tabla 9 Población Urbana y Rural, Superficie y Densidad en el Estado de México para los años 1990,1995 y 2000

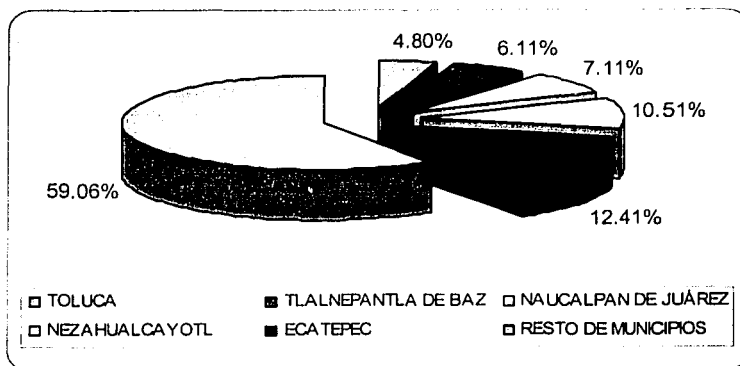
AÑO	ZONA	POBLACIÓN	SUPERFICIE DEL ESTADO (km ²)	DENSIDAD DEL ESTADO (hab./km ²)
1990	Urbana	8,285,207	22,500	437
	Rural	1,530,588		
1995	Urbana	10,018,556		
	Rural	1,689,408		
2000	Urbana	11,292,322		582
	Rural	1,791,037		

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente gráfico (Figura 11), se representa el porcentaje de población de los principales municipios del Estado de México para 1995, según el Anuario Estadístico del Estado de México en 1997. En este gráfico llama la atención, el fenómeno intenso de concentración demográfica en cinco municipios, como son: Ecatepec con el 12.4% de población; Nezahualcóyotl con el 10.5%; Nuacalpan de Juárez con el 7.2%; Tlalnepantla de Baz con el 6.1%, y Toluca con el 4.8% de la población. En total conforman estos cinco municipios, el 41% de la población mexiquense, porcentaje elevado si se recuerda que el Estado de México contiene 122 municipios; es decir el 41% de su población se encuentra concentrada en tan sólo el 4.1% de sus municipios.

TENIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 11 Población Total según Principales Municipios, 1995



Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Distribución de la Población Total Según Tamaño de la Localidad, 2000

Conocer la población y su distribución, según su tamaño por habitantes, ayuda también al manejo del concepto y a la forma cómo se quieran enfocar los resultados alcanzados.

Tabla 10 Distribución de la Población Total Según Tamaño de la Localidad, 2000

Tamaño de la localidad (habitantes)	Nacional		Estado de México	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
Total	97,361,711	100	13,083,359	100
Menos de 2,500	24,651,425	25.32	1,791,037	13.7
2,500 a 4,999	5,469,041	5.62	760,878	5.82
5,000 a 9,999	4,968,835	5.1	688,623	5.26
10,000 a 14,999	2,891,227	2.97	294,443	2.25
15,000 a 49,999	8,720,973	8.96	943,815	7.21
50,000 a 99,999	4,596,372	4.72	329,741	2.52
100,000 a 499,999	20,397,477	20.95	3,883,395	29.68
500,000 y más	25,666,361	26.36	4,391,427	33.56

Fuente: INEGI. Estados Unidos Mexicanos. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados Preliminares. México, 2000

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como se dijo anteriormente, con la Tabla 10 podemos apreciar la heterogeneidad de las localidades en cuanto a su población, un valor más para tener en cuenta, dándole un peso diferente a cada una de ellas.

El 63.24 % de las localidades presentan una población mayor a los 100,000 habitantes, el 13.7 % están por debajo de los 2,500 habitantes, lo que indica que el 23.06 % restante están entre estos dos valores, es decir son localidades que tienen entre 2,500 y 100,000 habitantes.

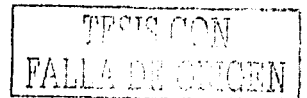
Esta distribución de la población tan poco uniforme dentro del estado en las localidades, marca el interés que antes mencionábamos de correlacionarlas con sus cabeceras municipales respectivas. Obviamente, las cabeceras municipales se encuentran entre estos valores, pero la idea es enfocar a las localidades en un análisis hacia estas cabeceras. El encontrar las áreas de influencia para cada una de las cabeceras municipales, es entonces interesante si podemos conocer las localidades que las comprenden y analizar la población en ellas.

3.4.4 Densidad de Población por Municipio

La densidad más alta se presenta en algunos de los municipios que hacen parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Como se aprecia en la Figura 12, la región del Municipio de Tlalnepantla de Baz, ubicada en la parte nororiente del Distrito Federal, es la única que presenta una densidad de entre 19,675 y 29,348 habitantes por cada kilómetro cuadrado de su superficie. Esto se explica por ser uno de los que pertenece a la ZMVM. Le siguen en orden

descendente de densidad de población entre 9,357 y 19,675 habitantes por kilómetro cuadrado, los municipios de Nezahualcóyotl, Tultitlán y la otra parte correspondiente al municipio de Tlalnepantla de Baz al noroccidente del Distrito Federal, que igualmente pertenecen a la ZMVM. Vienen después los municipios de Chimalhuacán, La Paz, Ecatepec, Coacalco de Berriozábal y Naucalpan de Juárez con una densidad de población de entre 3,348 y 9,357 habitantes por kilómetro cuadrado. Estos tres grupos serían los más significativos, y todos ellos están en la ZMVM. Los demás están por debajo de los 3,348 habitantes por kilómetro cuadrado, estando un grupo de 13 municipios del estado que se encuentran por encima de los 1,153 de esta densidad, quedando los 100 municipios restantes por debajo de 1,153 de densidad de población.

En términos de accesibilidad, esta densidad de población por municipio muestra una clara necesidad de analizar la accesibilidad de las localidades que están en cada municipio hacia las cabeceras municipales, sobre todo en los 100 municipios que presentan una densidad inferior a los 1,153 habitantes por kilómetro cuadrado.



La densidad de población puede ser un factor valioso en la planeación de nuevas rutas viales, solucionar problemas de redes, necesidades de transporte etc., que ayudarían en buena forma a obtener una buena accesibilidad. Pero, como se ha comentado anteriormente, no es un factor suficiente para un buen análisis de este tema pues debe ir acompañada de otros atributos que

conforman al Estado de México, hagan parte actualmente de la zona Metropolitana en conjunto con el Distrito Federal.

El comportamiento de la gente en este estado y en los estados aledaños a él y al Distrito Federal, hace prioritario plantear el algoritmo con el fin de analizar después en forma explícita la accesibilidad de todas estas personas que se mueven en este territorio queriendo alcanzar lugares establecidos para su propio bienestar y desarrollo.

El algoritmo a plantear será de gran ayuda para interpretar entonces la accesibilidad a los lugares de interés por parte de las personas, según la red de caminos con que se cuente, llámese peatonales, brechas, de terracería, revestidos, o el conjunto de pavimentados que se conocen.

Al tener el planteamiento de este algoritmo en el Estado de México, y analizando su resultado, se podrá entonces aplicar a él mismo con información precisa que genere resultados más reales, así como a los demás estados de la República Mexicana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4 CAPÍTULO 3. DISTINTAS FORMAS DE ANALIZAR LA ACCESIBILIDAD EN EL ESTADO DE MÉXICO

Después de conocer los aspectos generales del Estado de México, se quiere enseñar en este capítulo algunos de los estudios que se le han efectuado al Estado de México, enfocados a la disertación de la accesibilidad.

Con el conocimiento de estos estudios, se visualiza el alcance del análisis de la accesibilidad en el Estado de México hasta el momento, reflejando la importancia del objetivo de esta tesis, al querer plantear el modelo que más adelante se conocerá, en donde su aportación al conocimiento de la accesibilidad en el estado es más clara y precisa.

4.1 ACCESIBILIDAD DE LAS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MÉXICO A LA RED CARRETERA PAVIMENTADA: UN ENFOQUE METODOLÓGICO

En este enfoque, se presentó el desarrollo de un procedimiento metodológico para la valoración de la accesibilidad de las localidades mexiquenses a las principales vías de comunicación terrestres (carreteras pavimentadas). Los cálculos de la accesibilidad se realizaron con el apoyo de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los resultados permitieron establecer la comparación entre, el análisis tradicional de la accesibilidad como

un espacio bidimensional y la precisión que se obtiene al considerar la participación del relieve.

El trabajo formó parte del desarrollo metodológico que se realizó para el proyecto, *Urbanización, cambio tecnológico e incidencias sociales. Caso de la Región Centro*, con el apoyo económico del CONACYT, en 1998. Intervinieron en su elaboración el Doctor Luis Chías Becerril, los licenciados Antonio Iturbe Posadas y Francisco Reyna Sáenz pertenecientes al Instituto de Geografía de la UNAM en su época para el mismo año.

Un concepto de accesibilidad, que enfoque al interés que tuvo ese estudio en particular, sería el entender la accesibilidad, como un concepto multidimensional y complejo, que implica dos componentes de naturaleza distinta, en forma similar como se ha analizado para esta tesis: la connotación *geográfica* o distancia física a la que se encuentran las cosas o servicios a los cuales se pretende acceder; y la componente *social* que involucra tanto las características del usuario (ingreso, nivel de escolaridad, etc.), como las del servicio demandado (organización, costo, etc.).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los estudios relacionados con la accesibilidad física o potencial, son comunes en la geografía y la planeación urbano regional, disciplinas donde se ha generado una abundante literatura al respecto; en cambio, los estudios de la accesibilidad que involucran variables socioeconómicas son más escasos y recientes (Harvey, 1973; Smith, 1977; Knox, 1978; Stock, 1983). Estas dos formas de estudiar la accesibilidad consideran y utilizan diferentes medidas e

indicadores: la física estima fundamentalmente la accesibilidad geográfica que se deriva de la localización relativa entre usuarios potenciales y los objetos o servicios requeridos. La accesibilidad *social* por su parte, intenta conocer el acceso y el uso real de los servicios (Aday *et al.*, 1980; Joseph y Phillips, 1984).

Al reconocer que la proximidad o lejanía física no garantiza ni limita por sí sola, la probabilidad real de acceder a ciertos servicios, se entiende que estas dos formas de estudiar la accesibilidad, más que excluyentes resultan complementarias. Además, en ambos casos se han desarrollado metodologías particulares con distintos niveles de complejidad.

Este análisis aborda el caso concreto de la accesibilidad física o potencial que tienen las localidades del Estado de México a la red de carreteras pavimentadas, utilizando y comparando dos modelos de análisis: en el primero se aplica el criterio bidimensional, donde la distancia se analiza sobre una superficie hipotéticamente plana. Este modelo se desarrolla aplicando los algoritmos de proximidad inscritos en la tecnología SIG. El segundo modelo, se obtiene a través de la aplicación de un algoritmo requerido para considerar la participación del relieve como un friccionante geográfico (funciones de fricción).

En el modelo que propone la tesis, a diferencia de este estudio que se presenta, no sólo se tiene en cuenta la red pavimentada existente, sino que comprende también las vías revestidas, de terracería y brechas que abarca actualmente el estado, además de enfatizar que este proyecto no se enfoca a la accesibilidad de las localidades a la red carretera pavimentada, sino a la accesibilidad de

estas localidades en general a las cabeceras municipales. Además, también tiene en cuenta el relieve como lo hace el estudio que se acaba de enseñar, pero aunado a otras variables que no tuvo en cuenta el modelo en cuestión, como la velocidad según pendiente o tipo de carretera que pasa por él. Una aportación más del modelo propuesto en esta tesis.

4.1.1 Los SIG y el Material Utilizado para el Análisis de la Accesibilidad

Los SIG son instrumentos de prospección del territorio. Entre sus principales características destaca la posibilidad de efectuar múltiples y complejos análisis espaciales, a partir de la información contenida en sus bases de datos. Las numerosas variables físicas y / o socioeconómicas almacenadas, permiten elaborar complejos modelos de la realidad, cuya diversidad y potencialidad guarda estrecha relación con las características y capacidades del *software* o de los *software* que forman parte del sistema.

El contenido de las bases de datos de cualquier SIG, varía ampliamente en función del tema y objetivo del estudio, disponibilidad de la información, precisión requerida, costos, temporalidad, etc.; sin embargo, diversas variables son comunes a un sinnúmero de investigaciones y otras en cambio, son de uso muy limitado (Domínguez, *et al.*, 1998).

Una de las principales ventajas de desarrollar análisis espaciales en torno al transporte y en particular a la accesibilidad bajo un ambiente SIG, radica en la posibilidad de la experimentación y elaboración de diversos escenarios. El



desarrollo del conocimiento y la tecnología SIG, permite estudiar eventos de gran complejidad, con suma rapidez y de diversas maneras, posibilitando la identificación precisa y oportuna de tendencias, nuevos patrones, formas de asociación / disociación y, sobre todo, posibilitar adecuadas soluciones a partir de cuestionamientos del tipo: ¿qué pasaría si ocurriera cierto fenómeno en determinado momento y espacio? (Trevor, *et al.*, 1995).

Cuando se analizó la accesibilidad de las localidades del Estado de México a la red de carreteras pavimentadas, en este análisis que se trae como investigación en particular, utilizaron información disponible en formato digital, considerando sus características de precisión, temporalidad y consistencia lógica, referente a su estructura y contenido general, para su introducción, manejo y análisis en ambiente SIG.

Las variables utilizadas para calcular la accesibilidad fueron las siguientes: los datos relativos a las carreteras pavimentadas; la ubicación puntual de todas las localidades registradas en 1995 por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); y el modelo de elevación digital correspondiente a la zona de estudio. El límite estatal correspondió al definido por el IGCEM (Instituto de Investigaciones e Información Geográfica, estadística y Catastral del Estado de México) al año de 1995.

Las diferentes coberturas generadas, fueron manejadas bajo el sistema de proyección Universal Transversa de Mercator, zona 14 y como Datum, el

norteamericano de 1927. Los software de SIG empleados fueron ArcVIEW GIS ver. 3.0a e IDRISI para Windows ver. 2.0.

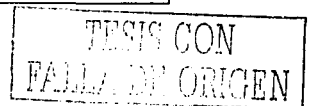
Una mayor definición de las variables empleadas así como los atributos asociados son descritas a continuación:

- 1) **Carreteras pavimentadas del Estado de México:** provienen del inventario nacional de infraestructura carretera que realiza el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), con sistemas de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés). Esta base cartográfica contiene la información carretera de mayor actualidad y exactitud, no sólo del Estado de México, sino de todo el país, para 1998. La información empleada corresponde exclusivamente a la red carretera pavimentada (líneas) y el atributo asociado de jurisdicción. La Tabla 11 describe el tipo de camino pavimentado y sus características métricas.

Tabla 11 Tipo de Carreteras Pavimentadas: jurisdicción y longitud

JURISDICCIÓN	LONGITUD (Kms)	PORCENTAJE
Carretera Federal Libre de 2 carriles	676.05	13.70
Carretera Federal Libre de 4 carriles	97.81	1.98
Carretera Federal de cuota de 4 carriles	197.37	4.00
Carretera Estatal Libre de 2 carriles	3,510.57	71.16
Carretera Estatal Libre de 4 carriles	232.08	4.70
Carretera Estatal Cuota de 2 carriles	0.06	0.00
Carretera Estatal concesionada	101.98	2.07
Carreteras concesionadas	117.43	2.38
TOTAL	4,933.39	100.00

Fuente: Elaborado con base en el Inventario de Carreteras del IMT, México, 1997.



2) **Nomenclator de localidades:** corresponde al Censo de Población que realizó el INEGI en 1995. Se tomó en cuenta la ubicación puntual de cada asentamiento humano, la población total al año del levantamiento y el nombre de la localidad; se utilizaron 4,786 localidades, con un total de 11,700,052 habitantes. Es de resaltar que en la fuente original, 581 localidades no poseían dato de población y solo 349 poseían más de 2,500 habitantes.

3) **Modelo de Elevación Digital del Terreno:** se utilizó para elaborar el esquema cartográfico de accesibilidad tridimensional; corresponde al elaborado por el Instituto de Geografía, UNAM. El tamaño de celda es de 90 metros y para el Estado de México se tiene una altitud mínima de 371 msnm y una máxima de 5,500 msnm. La información referente a la altitud del terreno es importante para estudios físico-geográficos (geomorfológicos, hidrológicos, edafológicos, etc.), y socioeconómicos (planeación, desarrollo urbano y regional, etc.). Consecuentemente, se han desarrollado diversos algoritmos para facilitar el análisis automatizado del relieve terrestre, permitiendo entre otras operaciones, el cálculo de pendientes y la cuantificación de volúmenes de una superficie.

Al respecto, es importante mencionar que existen diferentes mecanismos para almacenar datos sobre la altitud del terreno, entre los de uso más común destacan: las curvas de nivel, los modelos de elevación del terreno, las redes irregulares de triángulos y los lattice. La representación digital y continua de

los valores de altura del terreno, a través de una malla regular de celdas referidos a un datum en común, se conocen como Modelos de Elevación del Terreno (MDE), representados por una matriz de teselas con valores igualmente espaciados a través de una superficie. Constituyen arreglos de columnas y renglones de resolución definida, donde una celda describe el valor de la altura y donde se asume que el valor es constante dentro de cada unidad individual, pixel o celda (ESRI, 1992:a; ESRI, 1992:b).

Los MDE se generan normalmente a través de la interpolación de los valores de altura contenidos en entidades puntuales, por medio de líneas que unen puntos de igual valor (isohipsas) o mediante el uso de imágenes digitales (Vargas, 1993).

Entre los principales análisis que pueden ser llevados a cabo sobre un MDE, se encuentran la generación de contornos, cálculo de pendiente, análisis de entorno, sombreado del relieve (shaded relief), cálculo de volúmenes, generación de perfiles, visualización del terreno en tercera dimensión y análisis de visibilidad (Palacio, *et al.*, 1991).

Algunos de estos resultados pueden ser empleados en el estudio de diversos aspectos relacionados con la actividad del transporte, como es el caso de la accesibilidad, que se quiere analizar en este proyecto de tesis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

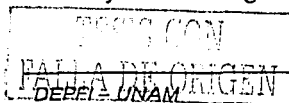
4.1.2 Los Modelos de Accesibilidad Utilizados y sus Resultados

El estudio de la accesibilidad bajo el esquema tecnológico de los SIG, demanda la estructuración de los datos con las características requeridas por dicha tecnología. Para que cumplieran con los objetivos planteados, se conformaron cuatro coberturas correspondientes a las carreteras pavimentadas; el nomenclator (ubicación puntual de las localidades); el modelo de elevación digital del terreno (MDE), y el límite estatal. Cada capa de datos contenía además, los atributos asociados primarios en correspondencia con su temática; por ejemplo, la cobertura de localidades contenía la población total y el nombre de la localidad.

Para el análisis comparativo de la accesibilidad física o potencial, conceptualmente se elaboraron dos modelos. En el primero, el espacio se consideró un ente bidimensional, asumiendo una homogeneidad o espacio plano, sin influencia del relieve. En el segundo modelo, al incluir la variable altura a través de la pendiente de las laderas como un friccionante, el relieve se incorporó como elemento que modifica significativamente las medidas de la accesibilidad bidimensional. Este modelo permite calcular con mayor precisión, la distancia de las localidades del Estado de México a la red de carreteras pavimentada.

4.1.2.1 El modelo bidimensional

Los estudios tradicionales de accesibilidad que se desarrollan en numerosos Atlas y estudios geográficos, parten de considerar la cobertura o acceso de las



vías de comunicación a partir de la generación de bandas o áreas de influencia (*buffer* en inglés), equidistantes a partir de una determinada distancia sobre una línea, punto o polígono. En consecuencia, cada *buffer* es paralelo y abarca una distancia previamente determinada, generando una idea muy relativa de la distancia real, sobre todo en aquellos casos donde el relieve es enérgico y abrupto.

A partir de estas áreas de influencia (polígonos) y aplicando funciones de sobre posición topológica sobre las localidades (puntos), se logró identificar, cuantificar y cualificar los asentamientos humanos que se localizan dentro de cada área, con lo cual se tuvo un modelo de la accesibilidad de las localidades del Estado de México a la red de carreteras pavimentadas. Sin embargo, este modelo al no contemplar la participación del relieve puede modificar sensiblemente el concepto de cercanía / alejamiento (Figura 13).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta opción para la concepción de la accesibilidad trae consigo una serie de desventajas entre las que se señalan la necesidad de realizar la construcción de diferentes escenarios según sea necesario, lo que constituye un proceso relativamente tardado en los procesos computacionales según la cantidad de vértices empleados en las carreteras (densidad de la información) sobre todo en aquella que presenta alta precisión. Así mismo, la realización de *buffers* implica un proceso que por si mismo, se traduce en cierta generalización de las vías de comunicación que genera un determinado grado de error.

De manera particular, se considera que el mejor método para estimar la accesibilidad potencial de las localidades mexiquenses a la red carretera pavimentada bajo un modelo bidimensional, es el que se puede obtener calculando la distancia que hay de cada asentamiento humano (localidad) al camino más cercano a través de las funciones de proximidad (ESRI, 1991). El análisis de proximidad entre las localidades y las carreteras implica el conocimiento del punto (localidad) más cercano a cualquier segmento lineal (vías de comunicación terrestres). Es importante destacar, que al igual que todo proceso realizado con el apoyo de la tecnología SIG, la precisión o exactitud de los resultados depende por supuesto de la calidad de los datos de entrada.

En el análisis de proximidad, en lugar de áreas se identifican y representan cartográficamente puntos, que ganan en precisión al referirse a su distancia particular. La panorámica general del evento analizado, se obtiene mediante la agrupación o estratificación de esos valores como se aprecia en el ejemplo contenido en la Figura 13.

La aplicación del proceso de análisis topológico vectorial entre las localidades del Estado de México y su red carretera pavimentada, permite el conocimiento a un detalle de partes de metro, entre la distancia del asentamiento y el tramo de carretera más próximo. De las 4,786 localidades, se obtuvo que la distancia mínima es de 0.0146 m y la máxima de 21,668.59 m; la media aritmética es de 2,079.6 m y la desviación estándar de 3,017.03 m.

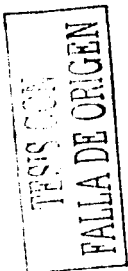
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

aspectos, directamente relacionados con los servicios de transporte, también pueden generar imágenes sesgadas; por ejemplo, una distancia de 2,000 a 5,000 metros tiene significados notablemente distintos, cuando se estudian los desplazamientos cotidianos que se realizan en las zonas urbanas o rurales.

Para ejemplificar esta situación se crearon cuatro diferentes escenarios, cuyos resultados se desglosan en la Tabla 12. En ese cuadro se advierte que el porcentaje de localidades que se encuentran en el primer rango del escenario uno al cuatro (mismo que se podría considerar como el de mejor accesibilidad a la red carretera), oscila desde el 44.62% a casi el 89% de las localidades consideradas. Por el contrario, el porcentaje de asentamientos que se encuentran en el último rango de los escenarios mencionados (el cual correspondería a las localidades con los niveles más bajos de accesibilidad), va desde el 0.7% (escenario 4), hasta el 10.5% (escenario 1). Para matizar la selección de tal o cual escenario, deben evaluarse los objetivos planteados, hacer uso del conocimiento del territorio analizado y recordar, que los resultados siempre tendrán cierto rango de incertidumbre por la abstracción del relieve.

En este sentido, el uso de los Sistemas de Información Geográfica facilita el aspecto metodológico del trabajo, al permitir la reproducción rápida y oportuna de diferentes escenarios estadísticos y cartográficos, que muestren las distintas consideraciones expuestas.

Sin embargo, al aplicar este método se siguen registrando significativas distorsiones con respecto a la accesibilidad física real, ya que no se considera



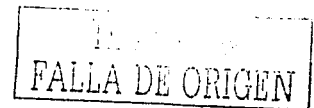
toda la red en conjunto (faltan las carreteras secundarias o alimentadoras, que sí tendrá en cuenta el modelo a plantear en la tesis); para realizar el cálculo se emplean áreas planas, y se sigue haciendo abstracción del relieve.

Tabla 12 Escenarios bidimensionales de accesibilidad con diferentes criterios de estratificación

ACCESO O RANGO DE DISTANCIA (mts)	NÚMERO DE LOCALIDADES	%	POBLACIÓN TOTAL	%
ESCENARIO UNO				
0-250	1,117	23.33	5'221,626	44.62
250-500	591	12.34	2'016,738	17.23
500-1000	712	14.87	886,750	7.57
1000-1500	527	11.01	2'341,613	20.01
>1500	1,839	38.42	1'233,325	10.54
ESCENARIO DOS				
0-500	1,708	35.68	7'238,364	61.86
500-1000	712	14.87	886,750	7.57
1000-1500	527	11.01	2'341,613	20.01
1500-2500	622	12.99	690,436	5.9
>2500	1,217	25.42	542,889	4.64
ESCENARIO TRES				
0-1000	2,420	50.56	8'125,114	69.44
1000-2000	909	18.99	2'915,886	24.92
2000-5000	928	19.38	510,964	4.36
>5000	529	11.05	148,088	1.26
ESCENARIO CUATRO				
0-1344	2,815	58.8	10'404,713	88.92
1344-3473	1,132	23.65	1'034,384	8.84
3473-6751	487	10.17	175,751	1.5

Fuente: Elaboración propia a partir de la sobreposición topológica de las coberturas elaboradas para su aplicación en Sistemas de Información Geográfica.

4.1.2.2 3.1.2.2 *El modelo tridimensional*



Independientemente del escenario que se utilice de la Tabla 12, los resultados para algunas áreas del estado de México estarán sesgados, sobre todo en aquellas zonas donde el relieve es muy accidentado. Este es el caso de la zona sur, porción oriental y norte del estado de México que se aprecian en el mapa de relieve sombreado (hillshading) derivado del MED (Figura 4). En la zona sur por

ejemplo, las características topográficas inciden significativamente en la accesibilidad potencial, calculada en términos bidimensionales, para los municipios Tejupilco, Amatepec y San Simón de Guerrero. A la distancia calculada para las localidades de estos municipios, se les debe agregar el costo o friccionante de la accidentalidad del relieve, sólo de esta manera se podrá obtener un panorama de acceso más cercano a la realidad, pero que no aporta mayor exactitud que los resultados obtenidos en el empleo del modelo de la tesis.

A partir del modelo de elevación digital del terreno, se desarrolló el algoritmo requerido para aplicar el proceso que permitiera obtener la accesibilidad física real de las localidades a su red carretera. Con el MDE se derivaron las pendientes correspondientes al territorio del Estado de México, mismas que se reclasificaron en los intervalos a partir de lo señalado en la Tabla 13.

Tabla 13 Intervalos de expresión empírica de la pendiente y su limitación para el transporte

INTERVALO (Pendientes en grados decimales)	EXPRESIÓN EMPÍRICA
0.00 - 1.38	Casi horizontal
1.38 - 2.25	Excesiva para ferrocarriles
2.25 - 5.50	Excesiva para ciclistas normales
5.50 - 19.25	Límite para ciclistas
19.25 - 28.25	Límite para automóviles
28.25 - 33.50	Muy inclinado
33.50 - 90.00	Excesivamente inclinado

Fuente: Vázquez M. y Martín, J. 1995.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La estratificación seleccionada implica una expresión empírica de la inclinación del terreno y su incidencia en actividades relacionadas con el transporte. Empleando los valores de pendientes citados por Vázquez, *et al.*, (1995, op cit), se aplicó un valor friccionante de 1 a la pendiente de 0-1.375, 2 para aquellas de 1.375 a 2.25 grados; 3 de 2.25 a 5.5; 4 de 5.5 a 19.25; 5 de 19.25 a 28.2; 6 de 28.28 a 33.5 y 7 de 33.5 al ángulo recto. Con dichos intervalos se generó una superficie friccionante a partir de la cual se realizó el análisis de proximidad continuo sobre toda la red de carreteras pavimentadas, previamente convertidas a formato reticular con la misma dimensión de celdas que el MDE. El algoritmo para la realización de procesos de fricción, se encuentra ampliamente descrito en ESRI (1992:a).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una vez que se obtuvo un mapa reticular con los resultados del proceso de fricción, se procedió a su reclasificación en 5 rangos bajo el proceso estadístico conocido como Optimización de Jenki's, el cual se caracteriza por resaltar los valores mínimos y máximos. Los resultados se aprecian cartográficamente en la Figura 14, donde cada polígono contiene la distancia de la carretera a otro punto ponderado por el valor de la pendiente (diferencias altitudinales). La reclasificación a partir del criterio definido viene a construir el panorama territorial de la accesibilidad y para cuantificar las localidades, se procede a su vectorización y posterior sobreposición topológica con las localidades.

La Figura 14 ilustra el resultado de este proceso, donde se observan áreas de influencia completamente distintas a las que se enseñan en la Figura 13, como

respuesta a la fricción definida en función de las pendientes. La distancia de la carretera pavimentada a la localidad más alejada en un plano bidimensional es de 21,668.59 m (Tabla 12, escenario 4); en cambio, en la superficie friccionada por el relieve, la máxima distancia cambia su valor a poco más de 75,337 m (Tabla 14). La diferencia es de casi tres veces más y el resultado del análisis de la accesibilidad, también es más cercano a la realidad.

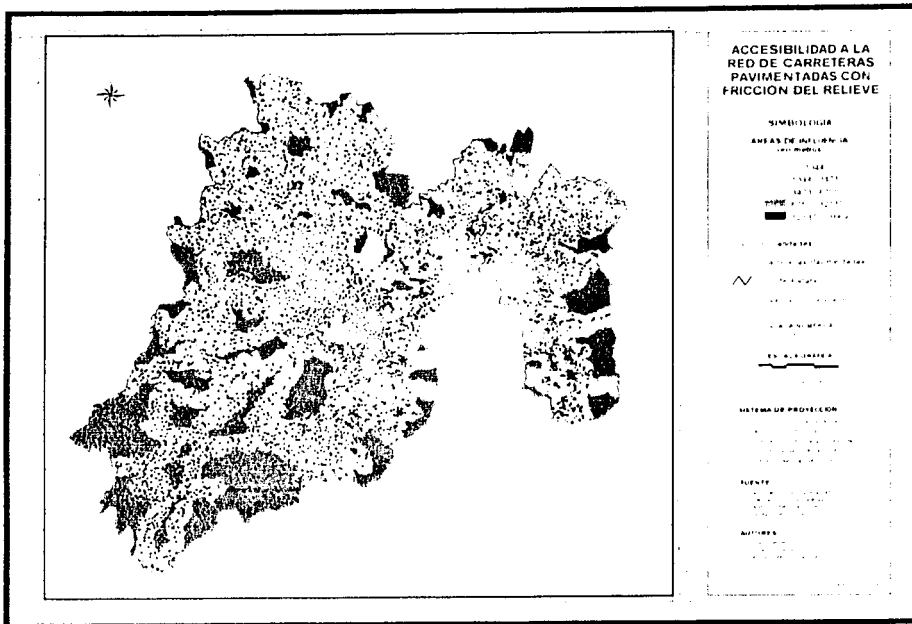
Tabla 14 Accesibilidad potencial utilizando al relieve como friccionante de la distancia.

ACCESO O RANGO DE DISTANCIA (m)	NÚMERO DE LOCALIDADES	%	POBLACIÓN TOTAL	%	RANGOS CUALITATIVOS DE ACCESIBILIDAD
0 - 1,344	1,989	41.56%	8,288,855	70.84%	MUY BUENA
1,344 - 3,473	1,035	21.63%	2,783,221	23.79%	BUENA
3,473 - 6,751	623	13.02%	286,345	2.45%	REGULAR
6,751 - 12,137	482	10.07%	182,548	1.56%	MALA
12,137 - 75,337	657	13.73%	159,083	1.36%	MUY MALA
TOTAL	4,786	100.00%	11,700,052	100.00%

Fuente: Elaboración propia a partir de la sobreposición topológica de las coberturas elaboradas para su aplicación en Sistemas de Información geográfica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

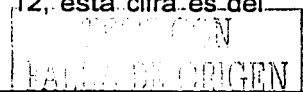
Figura 14 Accesibilidad a la red de carreteras pavimentadas con fricción del relieve



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM

La cuantificación del número de localidades (en números absolutos y relativos), así como, de los distintos niveles de accesibilidad potencial que tienen sus habitantes, con respecto a la red de carreteras pavimentadas en el Estado de México, se indican en los datos de la Tabla 14. Al comparar el modelo bidimensional (Figura 13, escenario 4 de la Tabla 12), con el que utiliza al relieve como friccionante (Figura 14 y Tabla 14), destacan los siguientes cambios:

- Al sumar los porcentajes de las localidades que tienen muy buena y buena accesibilidad en el escenario 4 de la Tabla 12, esta cifra es del



82.45%, mientras que, en la Tabla 14 (considerando la participación del relieve), apenas llega al 63.17%; al hacer lo mismo con el número de habitantes que tiene excelentes niveles de accesibilidad potencial a la red carretera pavimentada del Estado de México, las cifras se modifican del 97.7% al 94.6%.

- Al sumar los porcentajes registrados en los rangos de regular, mala y muy mala accesibilidad, resulta que las localidades que registran serios problemas de acceso a los caminos pavimentados se incrementan comparativamente hablando, del 17.5% al 37.4%; en tanto que, la población afectada aumenta del 2.2% al 5.3%.

Sin duda, la toma de decisiones para efectos de planeación y desarrollo de nuevas infraestructuras viales y su cobertura de comunicación, cambia significativamente en términos no sólo económicos, sino también territoriales, mediante el procedimiento metodológico realizado, dado que las zonas y las localidades más afectadas, pueden identificarse con facilidad, analizando los resultados tabulares y la expresión territorial del evento, que se aprecia en la Figura 14

Con el modelo planteado en esta tesis, esa identificación de la accesibilidad será más precisa y de resultados más valéderos para el análisis de derivaciones.

A manera de conclusiones de este análisis, se puede comentar lo siguiente:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el estudio de actividades relacionadas con la geografía del transporte, y en particular la accesibilidad de las localidades a las principales vías de comunicación terrestres (carreteras pavimentadas), constituyen una herramienta de gran valor para su cuantificación y cualificación.
- La inclusión de la variable correspondiente al relieve para un acercamiento más real de las condiciones de accesibilidad potencial, a través del empleo de modelos de elevación digital y sus productos derivados, son de gran valor para el conocimiento real de la proximidad / distanciamiento de las localidades a la red carretera pavimentada.
- La integración al proceso metodológico de otras variables como carreteras de terracerías, gasolineras, paraderos de autobús, servicios de transporte e información digital del relieve con mayor detalle, deberán afinar aún más los resultados de la accesibilidad potencial. Pero, incluso los indicadores temporales o económicos de la distancia física (tiempo y costo de transporte), deben relacionarse con las condiciones socioeconómicas de los usuarios potenciales, para conocer y estimar su importancia relativa y su significado. Esta idea es la que aplica el modelo que se plantea en el siguiente capítulo, en donde se tienen en cuenta otras variables significativas.
- Por lo que respecta a los resultados promedio obtenidos para la accesibilidad física, más del 61% de la población está a menos de 1.0 km de distancia de las carreteras pavimentadas y más del 90% a menos de 2.0 km, incluyendo la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

consideración del relieve. Esto permite concluir que el Estado de México cuenta con una excelente cobertura vial, para desarrollar los servicios (de salud, educativos, abasto alimentario, etc.), que demandan las poblaciones con mayor número de habitantes. Si se considera el número de localidades en exclusivo, los resultados son igual de positivos, haciendo énfasis en que el uso del relieve como friccionante de la accesibilidad, diferencia considerablemente los niveles de acceso y el número de localidades impactadas.

Los siguientes dos mapas que se detallan, son resultado de un trabajo realizado por las mismas personas que intervinieron en este análisis, y que fueron trabajados también con Sistemas de Información Geográfica.

4.2 MAPA CON LA LONGITUD EN KILÓMETROS DE CARRETERAS PAVIMENTADAS POR MUNICIPIO

La Figura 15 enseña la longitud en kilómetros de carreteras pavimentadas existente en cada municipio, en 5 rangos representados en tonos de color rojo diferentes según el valor en números en que se clasificaron.

11 municipios presentan más de 88 kilómetros de longitud de carreteras pavimentadas en cada uno de ellos. Cinco islas (áreas aisladas de terreno que pertenecen a cierto municipio, alejadas de él), aparecen en amarillo señalando que no tienen carreteras, pero esto se debe a que son regiones que pertenecen a ciertos municipios en especial, y que no fueron cargadas en el programa con los mismos valores que traen los municipios a los que pertenecen, apareciendo así, erróneamente, como sin longitud de carreteras.

FALLA DE ORIGEN

4.3 MAPA DE DENSIDAD DE CARRETERAS POR MUNICIPIO

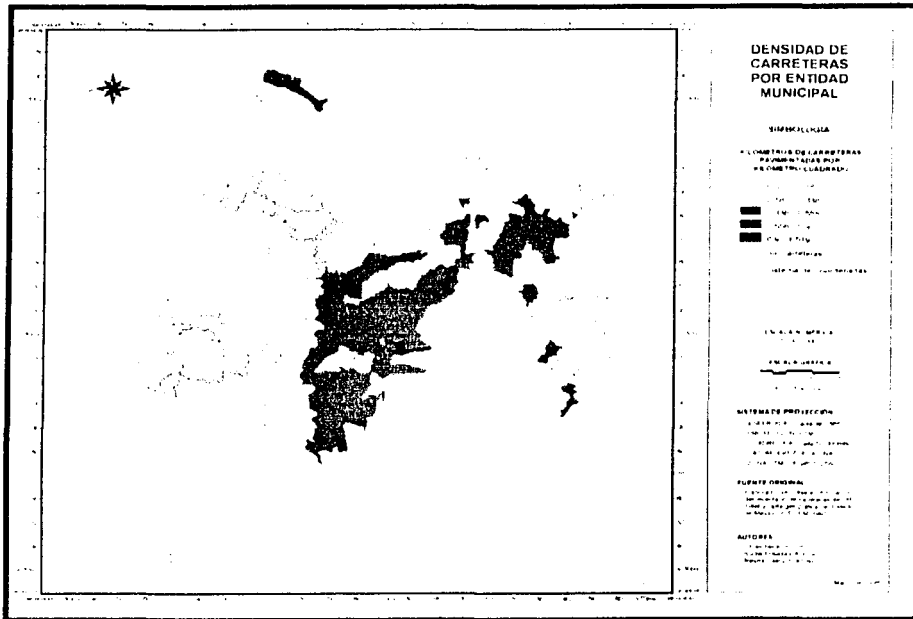
A diferencia del mapa anterior, este mapa (Figura 16), representa el número de kilómetros de longitud de carreteras pavimentadas por cada kilómetro cuadrado de superficie en un municipio.

Aquí se destaca que los municipios que presentan mayor densidad de carreteras pavimentadas, son aquellos que se encuentran en la periferia del Distrito Federal. Esto se explica al estar algunos de ellos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. El valor de la densidad de carreteras refleja más claramente una buena o mala accesibilidad, a diferencia del valor de la longitud total de carreteras presente en cada municipio. Es obvio que al tener mayor longitud de carreteras en un kilómetro cuadrado de superficie, existe la posibilidad de acceder más fácilmente a donde se quiere llegar, que si tengo la mayor cantidad de longitud de carreteras en una superficie cualquiera que puede estar representada por una red menos compleja (pocos nodos y arcos), limitando el acceso requerido. Claro que si se quiere ver de otra manera, en donde otros atributos como el flujo vehicular, estado de las vías, etc., se tuvieran en cuenta, la percepción cambiaría tal como se verá al aplicar el método que esta tesis plantea.

Es una información muy general sobre accesibilidad, al tener en cuenta sólo la red carretera, pero es válida para entender en cierta manera cómo puede ser ésta afectada.

COPIA
FALLA DE ORIGEN

Figura 16 Densidad de carreteras por entidad municipal



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM

Estos mapas que se presentan, analizan la accesibilidad en una forma generalizada. El modelo que se presenta en el siguiente capítulo, propone trabajar el análisis de la accesibilidad teniendo en cuenta variables significativas. Estas variables permitirán obtener un mapa final, en donde se pueda detallar la accesibilidad en el Estado de México, y proponer su aplicación más tarde en toda la República Mexicana.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5 CAPÍTULO 4. MODELO A TRAVÉS DE LAS ESCALAS GEOGRÁFICAS

El modelo que se desea plantear en este proyecto es el conocido como *Modelo a Través de las Escalas Geográficas*. Este modelo viene implícito en el paquete de cómputo ArcView el cual se le conoce como *Accessibility*.

El GIS ArcView® 3, se eligió como el ambiente de trabajo para esta actividad. Un trabajo previo en CIAT (Centro Interamericano de Agricultura Tropical), ha usado ArcInfo y su macro lenguaje asociado AML® para producir superficies de accesibilidad, pero mediante la versión 3.0, ArcView ha llegado a ser lo suficientemente maduro para permitir el desarrollo de la interfase usando su lenguaje manuscrito Avenue®.

Este modelo demuestra cómo se ha creado una extensión de accesibilidad a un paquete común GIS (Geographical Information System). Esta extensión permite crear y explorar una variedad de indicadores de accesibilidad usando una reja basada en un algoritmo de costo-distancia. Se pueden usar datos propios pero existe una guía hacia las fuentes de datos más apropiadas para el proceso de la función costo-distancia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Siguiendo el cálculo de costo-distancia, se puede analizar no sólo los mapas de costo de viaje sino también la ubicación de los servicios y las rutas de menor costo hacia esos servicios.

La extensión permite explorar la accesibilidad a cualquier tipo de objeto tipo punto, por ejemplo un mercado agrícola, puertos de exportación, centros de distribución de semillas o bien las cabeceras municipales de un Estado en particular, como en este caso.

FALLA DE ORIGEN

5.1 INTRODUCCIÓN AL MODELO

El transporte es una función crítica para una economía mientras afecte el movimiento de la gente, mercancías y servicios, y el desarrollo. En los países latinoamericanos comúnmente, se presentan redes de transporte complejas penetrando el campo con rutas peatonales, rutas para caballos y asnos, caminos de temporada de ruta única que son circulados por vehículos de pasajeros, caminos pavimentados para todo clima de una y dos direcciones, caminos locales de terracería, y caminos libres divididos por separadores. Cada uno de estos tiene velocidad típica de viaje asociada con el tipo de camino, que se puede ajustar para tener en cuenta la pendiente, el tipo de vehículo que la recorre, precipitación de lluvias, por ejemplo, en un periodo de 2, 3 ó 7 días, o un ajuste por congestión. Al final es posible resolver cuánto tiempo toma llegar desde cualquier lugar en el mapa a la cabecera municipal más cercana o a un hospital o escuela usando una clase de vehículo en particular. El tiempo tomado

para alcanzar un lugar deseado puede generalmente referirse como a su "accesibilidad".

En los últimos diez años ha habido un crecimiento de información en que la accesibilidad rural tiene que ver más que sólo caminos, (Barwell 1996). Reportes e investigaciones llevadas a cabo en regiones desarrolladas matizan una estampa de aislamiento rural y un uso improductivo de recursos limitados, en el cual el campesino en su mayor parte habita un mundo andante. En su introducción a "El transporte y la población", Cleaver declara:

"Es claro que la etapa extremadamente pobre sin el sistema de transporte carretero en África actúa como un freno poderoso en la productividad y crecimiento agrícola. La accesibilidad mejorada reducirá los costos económicos en el movimiento de mercancías desde los mercados locales y facilita las barreras a las comodidades sociales. Esto contribuirá al crecimiento económico y aumentará el valor del bienestar social".

Con la idea que a los gobiernos nacionales les tomará su tiempo antes de que puedan proveer ambientes conductivos al desarrollo de la infraestructura local, se generó este modelo el cual puede incorporar los factores de ambiente local los cuales definen la *inaccesibilidad* rural, concibiéndola en este proyecto como el comportamiento de todas las localidades con respecto a las cabeceras municipales, con el entendido que dentro de esta gran red, existen zonas con comportamiento urbano e interurbano. También cualquier modelo debería ser lo suficientemente flexible no solamente para cuantificar el tiempo y el costo de

viaje sino además el mejoramiento (o deterioro) de los escenarios de la infraestructura que se van a crear o evaluar.

Claramente hay diferentes niveles de disponibilidad de infraestructura, disponibilidad de servicios de transporte, y muchos efectos ambientales diferentes, y consideraciones económicas. Por ejemplo sería imposible aplicar el modelo de accesibilidad rural al Subsahara del África Occidental y a Las Laderas de Centroamérica, por las particularidades de cada zona , debido a los diferentes factores característicos del lugar que el modelo no alcanza a cubrir, pero cualquier modelo debería ser capaz de incorporar todos estos factores de una manera en la cual no sea simplemente sensible y geográficamente sensitiva sino también educacional y explicativa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL MODELO

La accesibilidad espacial está determinada por la ubicación geográfica con relación a las localidades objeto, las cabeceras municipales en nuestro caso, y por las facilidades de transportación que estén disponibles para alcanzar esos destinos. La accesibilidad también está influenciada, como se ha dicho antes, por los factores sociales tales como el conocimiento e información y por los factores económicos desde que el uso del transporte y las facilidades de comunicación están usualmente asociados con algún costo monetario.

En la planeación pública, un objetivo importante es la provisión equitativa de servicios para todas las personas y en todas las partes de un país. Por ejemplo,

la población de un país o una región debería tener acceso similar a los servicios públicos, independiente de su localidad o residencia. Una infraestructura pobre y una accesibilidad consecuentemente limitada implican las menores oportunidades para mejorar el estado económico, salud o posición social. Ravallion (1996), por ejemplo, habla de una "trampa de pobreza espacial" que puede prevenir al pobre del rompimiento de las restricciones en el ámbito local.

Las medidas cuantitativas operacionales de accesibilidad son por lo tanto útiles en el análisis político donde el enfoque se da en la provisión del servicio, por ejemplo, en el sector salud. Otras áreas en las cuales la accesibilidad es importante son las aplicaciones económicas, y, de hecho, muchas de las medidas operacionales de accesibilidad han sido primero desarrolladas para la investigación de la labor del mercado y el análisis de venta al por menor.

Los sistemas de información geográfica (SIG) se prestan así mismos naturalmente a la computación de los indicadores de accesibilidad. Los SIG pueden representar redes, poblaciones o características determinadas y proveen funciones para computar distancias y definir las relaciones entre objetos espaciales. Consecuentemente, ciertas medidas de accesibilidad se pueden computar usando paquetes comerciales tales como ArcView, que para este caso es el que se emplea con este modelo en la tesis.

Sin embargo, hay una falta de claridad de algunos modelos que se ejecutan paso a paso, o fáciles de usar para desarrollar los mapas de transporte, las superficies de accesibilidad y las áreas de captación económicas de pueblos y

mercados. Esta es una omisión extraña del equipo de herramientas de los proyectistas, cuando la accesibilidad se considera tal como un indicador fundamental del potencial económico y una presión innegable sobre los sistemas ecológicos. Las personas pueden hablar sobre accesibilidad y se dan muchas opiniones diferentes de lo que en la actualidad es ésta.

TESIS CON
FALLA DE CEN

5.3 METODOLOGÍA DEL MODELO

Para comenzar, es necesario aclarar una de las metodologías que se usará en este modelo. La accesibilidad se calcula sobre una *superficie de fricción*. Una superficie de fricción consiste en una reja o malla regular de dos dimensiones, donde cada celda representa una ruta de transporte tales como las carreteras, vías férreas, senderos, o ríos navegables, o suelos relativamente inaccesibles y cuerpos de agua.

Tipos diferentes de infraestructura de transporte tienen diferentes características. Una vía pavimentada y en terreno plano, por ejemplo, permite una velocidad de viaje más rápida que una brecha en terreno de lomerío o montañoso. En la práctica, esto no es por lo tanto suficiente para medir la *distancia* de la conexión de un camino entre dos puntos. En cambio, es preferible una medida del *costo* de viaje. Este costo puede medirse en términos monetarios o como *tiempo de viaje*. Como se discutirá más tarde en esta sección el costo de viaje a través de diferentes tipos de suelo entre localidades, se puede estimar fácilmente.

Las fuentes (puntos de interés) tales como localidades, hospitales, o escuelas usualmente se localizan en la red de transporte y pueden por lo tanto representarse en otra capa de información como celdas que tiene determinadas características. Sus propiedades podrían ser los habitantes de cada localidad, el número de doctores o camas de un hospital, o el número de profesores en una escuela. Si estamos simplemente interesados en la presencia o ausencia de un punto de interés, entonces todos los puntos pueden tener el mismo valor.

La teoría fundamental está bosquejada en la Figura 17, adaptada desde ArcInfo y ArcView 3.0a. "Documentos de ayuda".

Figura 17 La función COSTODISTANCIA, como se declara en los documentos de ayuda de ArcInfo®, con adaptación a la tesis

Función

COSTODISTANCIA- Calcula para cada celda la distancia de menor costo acumulativo sobre una superficie de costo hacia una celda fuente o a un grupo de celdas fuente.

Uso

Reja-salida = COSTODISTANCIA (mercados, fricción, conexión posterior, captación o área de influencia)

Argumentos

Mercados- una reja que identifica aquellas celdas las cuales representan los "mercados", a los cuales se calcula una distancia de menor costo acumulado para cada celda.

Continúa.....

FALLA DE CARGEN

.....sigue

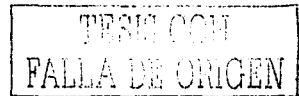
Fricción- una reja que define la impedancia o costo para moverse a través de cada celda. El valor en cada ubicación de la celda representa el costo por unidad de distancia para moverse a través de la celda. Cada valor de ubicación de la celda es multiplicado por la resolución de la celda (mientras también se compensa para el movimiento diagonal) para obtener el costo total de pasar a través de la celda. No se puede obtener un costo negativo.

Conexión posterior- la reja de conexión posterior contiene valores desde 0 hasta 8, los cuales definen la dirección a lo largo de la ruta de menor costo acumulativo para alcanzar un mercado. Si la ruta es pasar por el vecino derecho, a la celda se le asignará el valor '1', '2' para la celda de la diagonal derecha más baja y se continúa según las manecillas del reloj. El valor '0' se reserva para las celdas fuente.

Captación- es el nombre de la reja de distribución del costo de salida. La reja de distribución de costo identifica para cada celda, qué cabecera municipal requeriría el menor costo acumulativo para llegar a ella, por ejemplo el área de captación o de influencia de cada cabecera municipal.

Fuente: Elaboración propia

Esta función COSTODISTANCIA, explica cada uno de los términos en forma general, pero se ajusta a la vez al tema de la tesis.



Desde la perspectiva de celda, el objetivo de las funciones de costo está dado para cada ubicación de la celda en la ventana del análisis, para determinar la ruta menos costosa en alcanzar una fuente, sitio, localidad o servicio. Cada celda necesitará determinar la ruta de menor costo acumulativo hacia una fuente que deje espacio para la ruta de costo mínimo y la misma ruta de menor costo. Las funciones de costo distancia aplican la distancia en unidades de costo, tiempo, no en unidades geográficas.

La reja de costo puede ser una reja única la cual generalmente es el resultado de la composición de múltiples rejas análisis. Las unidades que son asignadas a la reja de costo pueden ser cualquier tipo de costo deseado. El costo del dólar, tiempo, energía gastada, o un sistema sin unidad el cual deriva su significado relativo hacia el costo asignado a otras celdas.

Los valores de costo asignados a cada celda, son medidas por unidad de distancia para la celda. Esto es, si el tamaño de la celda se expresa en metros, el costo asignado a la celda es el costo necesario para viajar un metro dentro de la celda. Si la resolución es 50 metros, el costo total para viajar ya sea horizontal o verticalmente a través de la celda sería el costo asignado a la celda por las veces de la resolución, esto es, por el número de metros en distancia (50 en el ejemplo), que se le haya dado de resolución a cada celda.

$$\text{Costo total} = \text{costo} \times 50$$

Para viajar diagonalmente a través de la celda, el costo total sería 1.414 veces el costo de la celda por las veces de la resolución de la celda.

Ya que la fuente no trae explícito el origen de este valor de 1.414 a tener en cuenta en el cálculo de la diagonal, se entra a analizar su origen de la siguiente manera:

$$\text{Costo diagonal total} = 1.414 \times \text{costo} \times 50$$

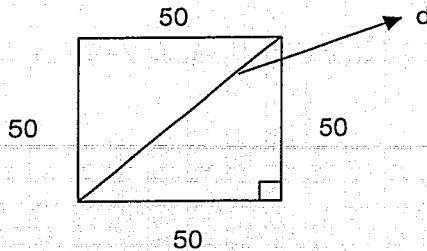
$$\text{Costo diagonal total} = \text{costo} \times 70.71$$

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esto es:

Para una celda

De 50 x 50



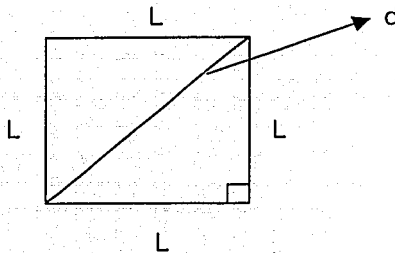
De la ley de triángulos rectángulos, se sabe que la hipotenusa (d) al cuadrado es igual a la suma de los dos catetos al cuadrado, por lo que:

$$d^2 = 50^2 + 50^2$$

$$\Rightarrow d = (5000)^{1/2} \Rightarrow d = 70.71$$

En general:

Para una celda
de L x L , se tiene:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$d^2 = L^2 + L^2$$

$$\Rightarrow d = (2L^2)^{1/2} \quad d = (2)^{1/2} \times L \Rightarrow d = 1.414 L$$

Esto quiere decir que recorrer diagonalmente la celda, equivale a recorrerla por cualquiera de sus lados alterándola en 1.414 veces.

Ahora bien, una ruta de costo consiste de eslabones conectados en secuencia que proveen la ruta para cada ubicación de celda para alcanzar una fuente. Una distancia de ruta de costo (o costo distancia) desde cualquier celda hacia una fuente es el costo acumulativo de todos los eslabones a lo largo de la ruta para la celda en alcanzar las celdas fuentes. Hay muchos caminos posibles para alcanzar cada celda fuente y hay muchos caminos para alcanzar el máximo de las celdas fuentes. La distancia de ruta de costo mínimo desde una celda hacia una celda fuente es la distancia de costo más pequeña (o menor) entre todas las distancias de ruta de costo desde la celda hacia las celdas fuentes. La Figura 18 gráficamente describe la entrada y salidas del modelo.

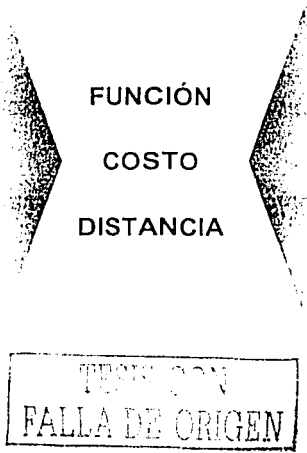
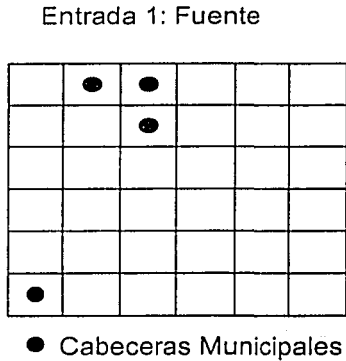
Todo lo que se necesita para crear el mapa de accesibilidad, y las dos salidas opcionales son:

- Una cobertura de puntos de las cabeceras municipales.
- Una reja donde cada valor de celdas represente el costo de recorrer esa celda en particular.

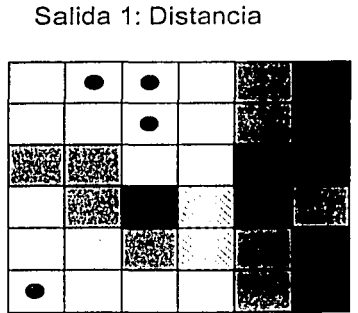
Muy lejos de parecer el problema trivial, la función de costo distancia es simple en el concepto y los requerimientos de datos son mínimos. De hecho estas son dos de las razones para solucionar este tipo de análisis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

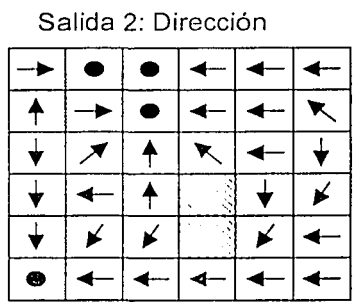
Figura 18 Entradas y Salidas de la Función COSTODISTANCIA en ArcView® 3.0



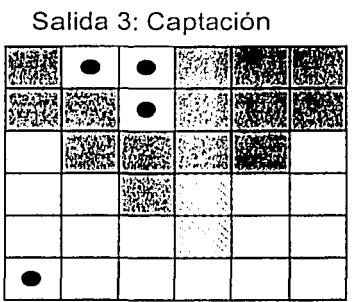
TEMA CON FALLA DE ORIGEN



Celdas Oscuras igual a distancias más grandes



Dirección de Viajes a la fuente más cercana



Las sombras indican las dos áreas de influencia

Fuente: Software ArcView, 3.0

5.4 DISEÑO DE INTERFASE PARA EL MODELO

La extensión ArcView y la interfase del usuario acompañante dirigen todos estos resultados, con una definición simple o concepto de accesibilidad.

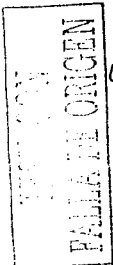
“¿Cuál es el costo de llegar desde cualquier localidad al punto de interés más cercano?”.

Esta es imparcialmente una pregunta general, donde el **costo** puede ser:

- costo real (costo de transporte)
- costo percibido (costo de transporte con otros factores)
- tiempo (simplemente el tiempo empleado para llegar allí)
- tiempo percibido (tiempo de viaje más los factores introducidos por la naturaleza del transporte)
- Cualquier otro concepto de costo que el usuario esté en capacidad de expresar.

Un punto de interés puede ser:

- Un mercado donde se pueda comprar o vender mercancías (pueblos grandes).
- Una industria de servicio (así llamado zonas de empresas).

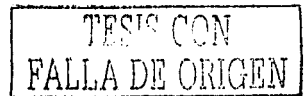


- Una atracción (atracciones turísticas).
- Un nodo de intercambio de transporte (por ejemplo entre carretera y ferrocarril, ferrocarril y el mar).
- Para nuestro estudio, las **Cabeceras Municipales del Estado de México**.

La *localidad* puede estar en cualquier lugar en el área de estudio.

Este modelo usa puramente datos geográficos para crear modelos de accesibilidad. La siguiente sección es una introducción paso a paso a la interfase de la accesibilidad.

5.5 GUÍA PASO A PASO A TRAVÉS DE LA INTERFASE



- *Se establece el directorio de trabajo.*

El proceso de crear una superficie de accesibilidad no es solamente la memoria intensiva del computador, sino que también puede usar mucho espacio de disco con archivos temporales. Hay que asegurarse de establecer un directorio de trabajo en un disco con abundante espacio.

- *Se crea una vista*

Se abre una nueva vista dentro de ArcView donde la entrada de los grupos de datos se visualicen.

➤ *Se adicionan informes de fricción a la vista*

Aquí se comienza a adicionar informes (atributos) y rejas que eventualmente se combinarán para hacer una superficie de fricción.

➤ *Se adiciona un mapa de carreteras*

Hay dos informes esenciales que se necesitan para construir una superficie de fricción. El primero es una red de transporte terrestre del estado de México, usualmente un mapa de carreteras pero también podría ser ferrocarril o una combinación o ambos. Para nuestro caso será la red carretera simplemente.

➤ *Se adiciona un mapa limítrofe (Segundo informe)*

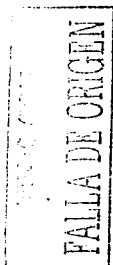
Se requiere la información limítrofe del Estado de México para actuar como una barrera para la función costo distancia. Esto previene los costos de cálculo del algoritmo en superficies fuera del área de interés.

➤ *Opción para adicionar un río, cobertura terrestre, área urbana, un mapa de pendientes o barreras.*

Adicionalmente, si es relevante para el estudio se puede incluir o bien sólo uno de estos atributos (ríos, pendientes, etc.), o todos ellos e incorporarlos dentro de su superficie de fricción. En nuestro caso usaremos el mapa de pendientes, el que nos informa sobre el relieve existente en la zona.

➤ *Se adicionan los puntos de la cobertura de interés*

Cuando los componentes de fricción estén completos se necesita incluir los puntos de la cobertura para definir las localidades de interés.



- *Se subseleccionan puntos, (selección manual, selección mediante preguntas (query) en la base de datos, o selección mediante preguntas espaciales).*

Muy a menudo esta cobertura de puntos no es ideal y puede contener muchos puntos o quizás muy pocos. La interfase incluye la opción de seleccionar solamente los puntos los cuales son relevantes para el estudio, y manualmente crear otros. Los puntos pueden seleccionarse por cualquier combinación de estas tres herramientas selectas comunes de ArcView, SQL Query (Dudas SQL), selección espacial y "Table Query" (tabla de dudas).

- *Se reclasifican las coberturas de rejas en tipos útiles*



Los componentes de la reja de la superficie de fricción, pueden contener cientos de valores. Este estado involucra la clasificación de las rejas dentro de rangos útiles y es un estado puramente técnico que refleja las limitaciones del programa. El paso de reclasificación se recomienda fuertemente, ya que ArcView convertirá las rejas en archivos de forma (shapefiles), y entre más pocas clases estén contenidas dentro de cada reja, será más pequeño el *shapefile*.

- *Se convierten las rejas en archivos de forma o shapefile*

Como se declaró en el estado previo, todas las rejas deben convertirse en shapefile, ya que ArcView no puede proyectar rejas.

- *Se aseguran todos los temas a un área de interés*

Aquí se tiene la opción de "asegurar" todos los informes simultáneamente a un área de interés. Es muy posible que cada mapa esté en una fuente diferente y por lo tanto cubrirá una extensión diferente. Usando la vista de datos, se puede definir un área de interés y los informes serán asegurados en una forma acorde.

➤ *Se proyectan los datos a la proyección de Igual Área Azimutal Lambert.*

Como se mencionó anteriormente, la función costo distancia solamente dará resultados sensibles si todos los datos existen en una proyección de igual área. Esta función simultáneamente reproyectará todas las coberturas, y las localizará en una nueva vista.

➤ *Se convierten los shapefiles en rejas*

De nuevo este es un estado puramente técnico donde convertimos de regreso a los shapefiles en rejas con el fin de construir la superficie de fricción.

➤ *Se reclasifican las rejas para reflejar sus componentes de fricción*

Es posiblemente la parte más importante (ciertamente la más subjetiva) del modelo donde necesitamos decidir cómo definir la superficie de fricción. Si el costo de fricción es el tiempo, necesitamos, estimar el tiempo requerido para recorrer una celda de cada clase de vía que existe en la cobertura de carreteras.

Por ejemplo una cobertura de carreteras de resolución a 2 Km puede tener 3 clases de caminos:

ITCIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clase	Descripción
1	Autopista
2	Carretera
3	Sendero

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estimamos la velocidad para el camión de carga, asumiendo que estamos cargando mercancías para el mercado, para ser

Clase	Descripción	Velocidad
1	Autopista	120 km/h
2	Carretera	60 km/h
3	Sendero	30 km/h

Sobre una reja de resolución de 2 Km., tenemos que reclasificar ésta convirtiendo los Km./h en metros por minuto ($1 \text{ km/h} = 16.667 \text{ m/min}$). Las nuevas clases representan el tiempo tomado (en minutos) para cruzar 2 km. de cada tipo de camino a la velocidad dada.

Antigua clase	Descripción	Velocidad	Nueva clase
1	Autopista	120 km/h	1
2	Carretera	60 km/h	2
3	Sendero	30 km/h	4

Esta estimación se debe repetir para todos los otros informes opcionales. Por ejemplo están los ríos, barreras (costo alto por unidad de celda) o rutas

potenciales (bajo costo por unidad de celda). Si hay una reja de pendientes, entonces esta actúa como un factor de multiplicación sobre las otras rejas. Por ejemplo las pendientes suaves difícilmente tienen efecto en la velocidad de viaje, pero pendientes fuertes gravemente impedirán el viaje sobre cualquier otra superficie. Por ejemplo:

Antigua Clase	Descripción	Nueva Clase
1	Pendientes de 0 - 5 grados	1
2	Pendientes de 5 - 10 grados	3
3	Pendientes mayores de 10 grados	5

Estas rejas reclasificadas se localizarán en una nueva vista.

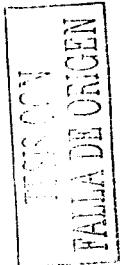
- *Se combinan las rejas para crear la superficie de fricción*

Este paso automáticamente combina los componentes de fricción dentro de una reja, con la siguiente lógica.

Fricción = Pendiente x {prioridad (barrera, camino, río, urbano, cubrimiento de tierra)}

Donde, en una base de celda por celda las barreras tienen prioridad sobre los caminos, los caminos tienen prioridad sobre los ríos, etc., etc.

- *Se corre la función costo distancia, con dos salidas opcionales*



Aquí se pueden seleccionar las salidas opcionales de

- La dirección hacia el punto más cercano de interés.
- Las zonas de distribución para cada área de interés.

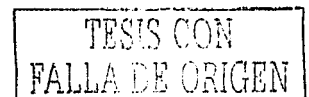
➤ *Se re proyectan las salidas de regreso al formato original*

Cuando la función costo distancia se complete, las salidas se proyectarán de regreso a la proyección original (este paso también incluye las funciones ocultas en hacer a todas las rejillas, rejillas de tipo entero, convirtiéndolas en shapefiles antes de la proyección, y reconvirtiéndolas a rejillas después de la proyección).

Finalmente, con ello, se creará una superficie de accesibilidad conteniendo información sobre:

- Tiempo / Distancia a las Cabeceras Municipales.
- Dirección de viaje para alcanzar la Cabecera Municipal más cercana.
- El área de influencia (el equivalente económico de una vertiente) a cada Cabecera Municipal.

Es relativamente una tarea simple el calibrar el tiempo hacia la salida al punto de interés, en nuestro caso la Cabecera Municipal, al hacer ciertas pruebas en el terreno directamente.



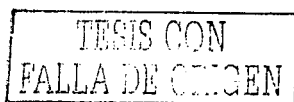
6 CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DEL MODELO: INFORAMCIÓN DEL MODELO Y RESULTADOS

Después de conocer el procedimiento y el tipo de información que se requiere para la aplicación del modelo, se trabajó con los atributos existentes requeridos sobre el Estado de México, con el fin de observar los resultados generados especialmente para este Estado.

Se aplicaron y se tuvieron en cuenta una serie de atributos que en conjunto y mediante la ejecución del modelo, generaron el mapa resultante (Figura 19) enseñando las áreas de influencia para cada cabecera municipal, en donde se puede analizar la accesibilidad que se tiene en la región.

La información a emplear sobre el Estado en el modelo, se da a conocer paso a paso como se pide, con el fin de mantener la claridad de todos los atributos que se manejan y que permiten un buen entendimiento y facilidad de análisis al obtener el mapa final con sus áreas de influencia.

Antes de conocer la aplicación del modelo con los atributos característicos del Estado de México, se explican por separado estas cualidades con el fin de tener mejor claridad sobre ellas en el momento de la aplicación.



6.1 INFORMACIÓN REQUERIDA

La selección de la información que se requiere aplicar en el modelo a seguir, se generó, en su mayoría, con ayuda de la base de datos que se tiene en el paquete de cómputo ArcView y sus Sistemas de Información Geográfica.

Esta información para el Estado de México está conformada por:

- Límite estatal
- Georeferenciación de las localidades y las cabeceras municipales
- Georeferenciación de la red carretera
- Mapa del modelo de relieve en tres dimensiones

Otra información demandada para la aplicación del modelo es aquella que se obtiene mediante el análisis de los atributos que se necesitan, como son:

- tipo de terreno
- pendiente
- velocidad en la red carretera y
- velocidad peatonal en campo abierto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta información introducida en el modelo es la generadora de la Figura 19 de áreas de influencia para acceder a cada cabecera municipal desde cualquier región dentro de ellas.

6.1.1 Velocidad Vehicular y Peatonal

Las velocidades en la red carretera según el tipo de vía y tipo de pendiente del terreno, están dadas en la Tabla 17. Estas velocidades se tomaron basándose en las velocidades de proyecto que se muestran en la Tabla 15 que enseña la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en su libro *Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico – Carreteras* de 1984, página 9.

Como el objetivo de la tesis es plantear el modelo que sirva para conocer el comportamiento de la accesibilidad rural y urbana de las localidades hacia las cabeceras municipales del Estado de México, la velocidad con la que se trabaja es una velocidad basada en Tabla 15 de velocidad de proyecto ya citado y no con las velocidades reales que se presentan sobre la red carretera.

Para un análisis de la accesibilidad real existente en el Estado, se propone hacer un estudio de la velocidad actual, y no la de proyecto, sobre la red carretera y ejecutar el modelo para obtener así, el resultado de un mapa detallando la accesibilidad dentro del Estado según información tomada en el terreno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 15 Clasificación y Características De Las Carreteras.

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERAS																													
		E			D			C			B			A																	
TPDA En el horizonte de Proyecto	Veh / día	Hasta 100			100 a 500			500 a 1500			1500 a 3000			Más de 3000																	
Terreno	Montañoso																														
	Lomerío																														
	Plano																														
Velocidad de Proyecto	Km / h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110

Fuente: Libro de Normas de servicios Técnicos, Proyecto Geométrico, Carreteras, SCT, 1984, página 9

Así pues, se trabaja con la **velocidad de proyecto** que deben tener las vías en la actualidad obteniendo la Tabla 17, con la ayuda de la Tabla 15 de la cual destacamos los siguientes conceptos que maneja:

- TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) : Número de Vehículos que pasan por un lugar dado durante un (1) año, dividido entre el número de días del año.
- CARRETERA TIPO "A": Para un TPDA mayor a 3,000 vehículos. Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales (dos y cuatro carriles) permiten la operación de **todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.**
- CARRETERA TIPO "B": Para un TPDA de 1,500 a 3,000 vehículos. Son aquellas que conforman la **red primaria** y que atendiendo a sus características geométricas y estructurales (dos y cuatro carriles; red privada) prestan un **servicio de comunicación interestatal, además de vincular el tránsito.**

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

- CARRETERA TIPO "C": Para un TPDA de 500 a 1,500 vehículos. Red **secundaria**. Son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales (dos carriles; red secundaria) prestan **servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria.**

- CARRETERA TIPO "D": Para un TPDA de 100 a 500 vehículos. Red **alimentadora**. Son carreteras que atendiendo sus características geométricas y estructurales (dos carriles; red alimentadora) prestan **servicio dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.**

- CARRETERA TIPO "E": Para un TPDA de hasta 100 vehículos. En este tipo de carreteras que, aunque no se estipula directamente en la fuente de esta información, se pueden clasificar como *alimentadoras rurales*, en donde se encontrarían las de tipo *terracería* y *brecha*. Son carreteras que debido a sus características geométricas (un carril; alimentadoras rurales) prestan **servicio dentro del ámbito rural con longitudes cortas, estableciendo conexiones con la red alimentadora.**

- TERRENO TIPO PLANO: Aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- TERRENO TIPO LOMERÍO: Aquel cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor de 45% (40.5°).

- TERRENO TIPO MONTAÑOSO: Aquel que tiene pendientes transversales mayores de 45% (40.5°) caracterizado por accidentes topográficos notables.

Según la clasificación del tipo de carretera que enseña la SCT detallada anteriormente, la red vial que presenta el Estado de México comprende hasta CARRETERAS TIPO "C", que como se dijo, prestan *servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria*. Por ello en la Tabla 17 se dan velocidades hasta 100 km/h. Las velocidades entonces, se basaron desde este valor (100 km/h) y se fueron reduciendo según el tipo de vía y la pendiente del terreno a criterio propio.

En cuanto a la pendiente del terreno por donde pasa la red carretera, debido a la clasificación tan general que se estipula en la Tabla 15, se recurrió a otra clasificación de ésta en la Dirección de Proyectos Carreteros de la misma SCT, en donde catalogan el tipo de terreno de la siguiente manera:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 16 Clasificación de la Pendiente del Terreno

<i>Tipo de Terreno</i>	<i>Pendiente del Terreno</i>	
Plano	0°	15°
Lomerío suave	15°	30°
Lomerío fuerte	30°	45°
Escarpado	45°	60°
Montañoso	60°	<i>en adelante</i>

Fuente: Elaboración Propia

De ahí que se tome esta clasificación de pendiente y el tipo de carretera anterior para llegar a la Tabla 17 que se enseña a continuación:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 17 Velocidad en Kilómetros por Hora según Tipo de Vía y Pendiente del Terreno

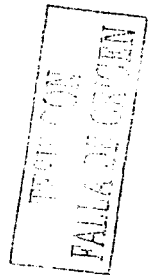
Grupo de Carreteras	Tipo de Carretera	Identificador /MT	Plano (0° - 15°)	Lomerío Suavo (15° - 30°)	Lomerío Fuerte (30° - 45°)	Escarpado (45° - 60°)	Montañoso (Mayor de 60°)
Pavimentadas Cuota 4 Carriles	Carretera Federal Cuota 4 carriles	115	100	80	70	65	60
Pavimentadas Libre 4 Carriles	Carretera Federal Libre 4 carriles	105	90	75	60	55	50
	Carretera Estatal Libre 4 carriles	210					
Pavimentadas Libre y Rural 2 Carriles	Carretera Federal Libre 2 carriles	100	80	70	55	50	45
	Carretera Estatal Libre 2 carriles	200					
	Caminos Rurales 2 carriles	500					
	Carretera Estatal Concesionada	240					
	Carreteras Concesionadas	310					
Revestidas 2 Carriles	Carretera Federal Libre 2 carriles	500	70	60	50	45	40
	Carretera Estatal Libre 2 carriles	520					
	Caminos Rurales 2 carriles	420					
Tetraoerías 1 Carril	Carretera Federal Libre 1 carril	550	60	55	45	40	35
	Caminos Rurales	430					
Brechas	Riachos	440	50	45	40	35	25

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la pendiente del terreno por donde circulan las personas normalmente, se tiene:

Tabla 18 Velocidad del Peatón según pendiente del terreno

	Pendiente 0° - 5°	Pendiente 5° - 10°	Pendiente 10° - 15°	Pendiente mayor a 15°
Velocidad Peatón en km/h	5	4	3	1



Fuente: Elaboración Propia

Esta clasificación enseñada en la Tabla 18, se hizo mediante estudios de muestra tomados en terreno, encontrando que una persona movilizándose a una velocidad normal por un terreno relativamente plano, tenía en promedio una velocidad de 5 kilómetros por hora. Para pendientes ya mayores a 15°, en condiciones normales de terreno y caminando en forma normal el peatón, se encontró que lo hacía a una velocidad promedio de un (1) kilómetro por hora. Se tomó el límite de los 15°, pues

en pendientes mayores a este valor, la velocidad es mínima tomándola de 1 kilómetro por cada hora de recorrido.

Estos valores, fueron tomados en metros por minuto y luego pasados a kilómetros por hora para homogeneizar la información.

Se necesita la velocidad normal del peatón en terrenos normales, pues el algoritmo lo exige ya que su estudio se hace sobre toda el área de la región, en donde la divide en celdas, como se comentó en el capítulo anterior, y permite darles a cada una la velocidad presente dentro de ellas, ya sea que abarquen una zona con vías carreteras o peatonales.

6.2 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda esta información se incluirá y manejará en el paquete de cómputo ArcView 3.1, el cual comprende el modelo que se plantea y para ello, se organizará la información de la siguiente manera:

- Se numeran los seis grupos de carreteras así:

Tabla 19 Numeración Grupo de Carreteras

Grupo de carreteras	numeración
Pavimentadas Cuota 4 Carriles	1
Pavimentadas Libre 4 Carriles	2
Pavimentadas Libre y Rural 2 Carriles	3
Revestidas 2 Carriles	4
Terracería 1 Carril	5
Brechas	6

Fuente: Elaboración Propia

- Se clasifican los cinco grupos de pendientes en el terreno como sigue:

Tabla 20 Clasificación Numérica según Terreno Y su Pendiente

TERRENO	PENDIENTE	CLASIFICACIÓN
Plano	0° - 15°	101
Lomerío suave	15° - 30°	102
Lomerío fuerte	30° - 45°	103
Escarpado	45° - 60°	104
Montañoso	Mayor de 60°	105

Fuente: Elaboración Propia

- Se combinan la Tabla 19 y la Tabla 20 obteniendo:

Tabla 21 Combinación de la Tabla 19 y Tabla 20

Grupo de Carreteras	Plano (0° - 15°)	Lomerío Suave (15° - 30°)	Lomerío Fuerte (30° - 45°)	Escarpado (45° - 60°)	Montañoso (Mayor de 60°)
Pavimentadas Cuota 4 Carriles	1 - 101	1 - 102	1 - 103	1 - 104	1 - 105
Pavimentadas Libre 4 Carriles	2 - 101	2 - 102	2 - 103	2 - 104	2 - 105
Pavimentadas Libre y Rural 2 Carriles	3 - 101	3 - 102	3 - 103	3 - 104	3 - 105
Revestidas 2 Carriles	4 - 101	4 - 102	4 - 103	4 - 104	4 - 105
Terracería 1 Carril	5 - 101	5 - 102	5 - 103	5 - 104	5 - 105
Brechas	6 - 101	6 - 102	6 - 103	6 - 104	6 - 105

Fuente: Elaboración Propia

- Se combina la Tabla 21 con la Tabla 17, generalizando la información de la siguiente manera:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 22 Combinación de la Tabla 21 y la Tabla 17

CÓDIGO	VELOCIDAD (KM/H)
1 - 101	100
1 - 102	80
1 - 103	70
1 - 104	65
1 - 105	60
2 - 101	90
2 - 102	75
2 - 103	60
2 - 104	55
2 - 105	50
3 - 101	80
3 - 102	70
3 - 103	55
3 - 104	50
3 - 105	45
4 - 101	70
4 - 102	60
4 - 103	50
4 - 104	45
4 - 105	40
5 - 101	60
5 - 102	55
5 - 103	45
5 - 104	40
5 - 105	35
6 - 101	50
6 - 102	45
6 - 103	40
6 - 104	35
6 - 105	25

Fuente: Elaboración Propia

La información que se obtiene en la Tabla 22, es la que se tendrá en cuenta para manejarla dentro del modelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- En cuanto al enrejado a emplear en la región, se tomarán rejas de 90 m x 90 m. Esto es debido al tamaño del Estado de México al cual se le puede manejar información en rejas de 90 metros de lado por su topografía del terreno, ajustándose a un valor más exacto de la información y por ende obteniendo resultados más certeros y confiables.

6.3 DESARROLLO DEL MODELO

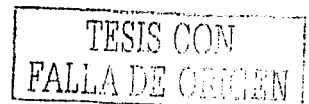
En esta sección se explicará el desarrollo del modelo, manifestando paso a paso la forma cómo se introduce la información referente al Estado de México, necesaria para correr el algoritmo y obtener el mapa esperado.

PASO 1:

El equipo de cómputo utilizado para el procesamiento de la información sobre el Estado de México, mediante el programa ArcView 3.1 y captura de datos sobre el mismo estado con la hoja de cálculo Microsoft Excel, es una computadora personal PC Pentium III, marca DELL, a 550 Megahertz, con 262 megabites en RAM y dos discos duros con 12 gigabites cada uno, trabajando bajo ambiente Windows NT. Se enciende el equipo.

PASO 2:

Se abre el programa ArcView en el computador y se elige un nuevo proyecto con nueva vista.



PASO 3:

En la ventana de Archivo, se elige "extensiones" y se selecciona la correspondiente a "Accesibilidad", se elige "ok" y debe aparecer un ícono con la letra mayúscula "A". Se da clic en ese ícono y aparece una nueva ventana, la que irá pidiendo paso a paso lo que se irá necesitando.

Esta ventana enseña una sección corta de ayuda para cada paso o estado del proceso de la creación de la superficie de accesibilidad.

PASO 4:

"A: Set your Work Directory..."

Se da clic en este primer paso de accesibilidad, apareciendo una ventanilla en blanco, en donde se elige el lugar en el que quedarán temporalmente todas las coberturas y rejas que se almacenarán.

Preparación de datos

PASO 5:

Después de crear el Directorio de Trabajo, se procede a crear una nueva vista en:

"B: Creat a New View".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PASO 6:

En este paso del proceso, se agregan los temas que generarán la superficie de fricción. Se da clic en *"C: Add themes to the view..."*

PASO 7:

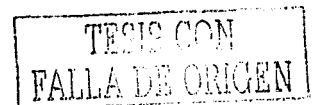
Aparecen dos iconos que solicitan dos de los temas que harán parte de la superficie de fricción. Ellos son, el tema de carreteras y el tema del límite estatal. En caso de que se elija un tema equivocado, se puede presionar de nuevo el botón respectivo y se elige el tema correcto. Así que en este paso se adiciona la información de carreteras orientando al programa al lugar exacto en donde se encuentra esta información.

PASO 8:

Después de tener el mapa de carreteras en la vista, se procede a adicionar el tema del límite estatal dándole la correspondiente dirección en donde se encuentra.

PASO 9:

Ahora que se tiene el tema de carreteras y el tema limitrofe, se tiene la opción de adicionar nuevos temas a la vista que contribuirán a la superficie de fricción. Si se desea adicionar temas, se elige el recuadro que lo propone o de lo contrario se sigue con el siguiente paso. Para nuestro caso, sí se quiere adicionar un nuevo tema, el de las pendientes del terreno.



PASO 10:

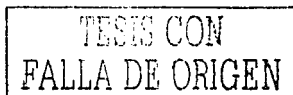
Aquí aparecen cinco temas de coberturas opcionales que son:

- Ríos
- Pendientes
- Usos de suelo
- Áreas urbanas
- Barreras

Como ya se sabe, sólo se añadirá el tema de Pendientes. Se le da al programa el lugar en donde se encuentra y éste lo adiciona a la vista. Se elige "cerrar" al no querer añadir más temas y se procede con el siguiente paso.

PASO 11:

El siguiente tema que pide, es el de coberturas de puntos, que para este caso es la cobertura de las Cabeceras Municipales del Estado de México. Con base en estas cabeceras se generarán las áreas de influencia de accesibilidad según la superficie de fricción. Se da la ubicación dónde encontrarlo y lo adiciona a la vista.



PASO 12:

Después de adicionado el tema de puntos, se tiene la opción de hacer una subselección sobre la cobertura si no se quieren incluir todos los puntos del modelo de accesibilidad. En este caso no se hará ninguna subselección por lo que se sigue con el siguiente paso.

PASO 13:

El paso consecutivo es el de reclasificar la rejas. Todas las rejas necesitan convertirse en archivos de forma (shapefiles) ya que se necesitan proyectar todas las coberturas, por ejemplo en proyección Azimutal Lambert u otra que se elija, pues ArcView no puede proyectar rejas en este modelo. Y con el fin de hacer esto se necesitan reclasificar las rejas dentro de rangos sensibles. Se elige entonces la opción de reclasificar saliendo una ventana que pide la autorización para reclasificar el tema de pendientes. Se da "ok".

PASO 14:

Para reclasificarlas, se da la opción de agrupar los valores en 4 rangos desde 0 hasta 86.75°, valores que presenta la región en su terreno. La reclasificación se hace para las velocidades analizadas del peatón en las diferentes pendientes y queda:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 23 Reclasificación de Rejas

PENDIENTE DEL TERRENO	TIEMPO EN SEGUNDOS QUE EL PEATÓN TARDA EN RECORRER 90 METROS
0° - 5°	65
5° - 10°	81
10° - 15°	108
15° - 86.75°	324

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 23, la columna dos presenta el tiempo en segundos que tarda el peatón para recorrer 90 metros, según el tipo de pendiente por la que transite. Cabe recordar que este valor de 90 metros es debido a la elección que se hizo de trabajar la región del Estado de México en celdas de 90 m x 90 m.

PASO 15:

Después de reclasificadas las rejas, se da la opción de convertirlas en archivos de forma con el fin de que puedan ser re proyectadas en coordenadas. Esto es, la información almacenada en matriz (raster) se lleva a información en coordenadas (vector), como se dijo para re proyectarlas.

PASO 16:

Se hace un recuadro de aseguramiento en la vista. Para seleccionar sólo la región en la que se está interesado (y minimizar el tiempo de ejecución del modelo), se puede asegurar toda la cobertura posicionando el recuadro rojo en la vista y seleccionando el botón de "clip themes". Esto puede tomar mucho tiempo en la ejecución de archivos de formas muy complejos. El recuadro rojo que aparece

puede ser modificado para que sólo abarque la zona de interés y minimice el tiempo de ejecución como se comentó.

PASO 17:

Después de haber acomodado el recuadro en la zona de interés, se elige la siguiente opción en donde las coberturas son agrupadas y localizadas en la vista.

Proyección, Reclasificación y Costo-distancia:

PASO 18:

Antes de que se puedan reproyectar estas coberturas, se deben dar las unidades de mapa que se quieren manejar con los valores correctos. En este caso, se toman las unidades en metros. Así ya se proyectan los temas a una igual área de proyección.

PASO 19:

El siguiente paso es reproyectar de nuevo para hacer el cálculo de accesibilidad sobre una misma proyección con el fin de mantener el área. La proyección a usar en este caso es *Albers Equal-Area*. Entonces recalcula el área, el perímetro y los campos de longitud (si están presentes) usando metros como unidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PASO 20:

El modelo de accesibilidad trabaja con rejas, así que se deben convertir los archivos de forma en rejas nuevamente para su normal desarrollo. Aquí pide el valor del tamaño de cada lado de la celda de la reja que, como ya se dijo es de 90 metros.

PASO 21:

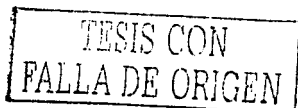
Una vez reprojectados, pide el campo a elegir para los valores de las celdas que identifica los valores de la información ya sea para carreteras, límites, población o pendientes.

PASO 22:

Se reclasifican las rejas de sólo dos temas: carreteras y pendientes, con el fin de reflejar su contribución a la superficie de fricción. Los demás temas, límites y localidades, no son necesarios de reclasificar pues su clasificación no afecta el resultado que se busca, es decir, no son temas que trabajen como friccionantes en el modelo.

PASO 23:

El siguiente paso combina esa reclasificación de las rejas que se hizo, automáticamente.



PASO 24:

Después de combinar las celdas reclasificadas, se hace correr la Función Costo-distancia, que es la que permitirá conocer cuánto "cuesta" movilizarse de un lugar a otro, dependiendo de la distancia.

PASO 25:

Y por último, se convierten las rejillas a archivos de forma, para poder desplegar la información correctamente y llegar a interpretarla.

6.4 RESULTADOS OBTENIDOS: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Después de ejecutados todos los 25 pasos anteriores, se obtiene como resultado un mapa que enseña 120 de las 122 cabeceras municipales con sus respectivas áreas de influencia, tal y como lo muestra la Figura 19. Debido a un error interno en el programa, quedan 2 cabeceras compartiendo su área de influencia con otras dos. Para el objetivo de la tesis, este percance no afecta en nada a la investigación, ni el análisis, pero queda como comentario el prestar atención a este contratiempo, cuando se quiera desarrollar el modelo en un estudio en particular.

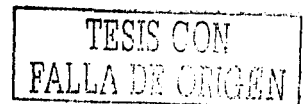
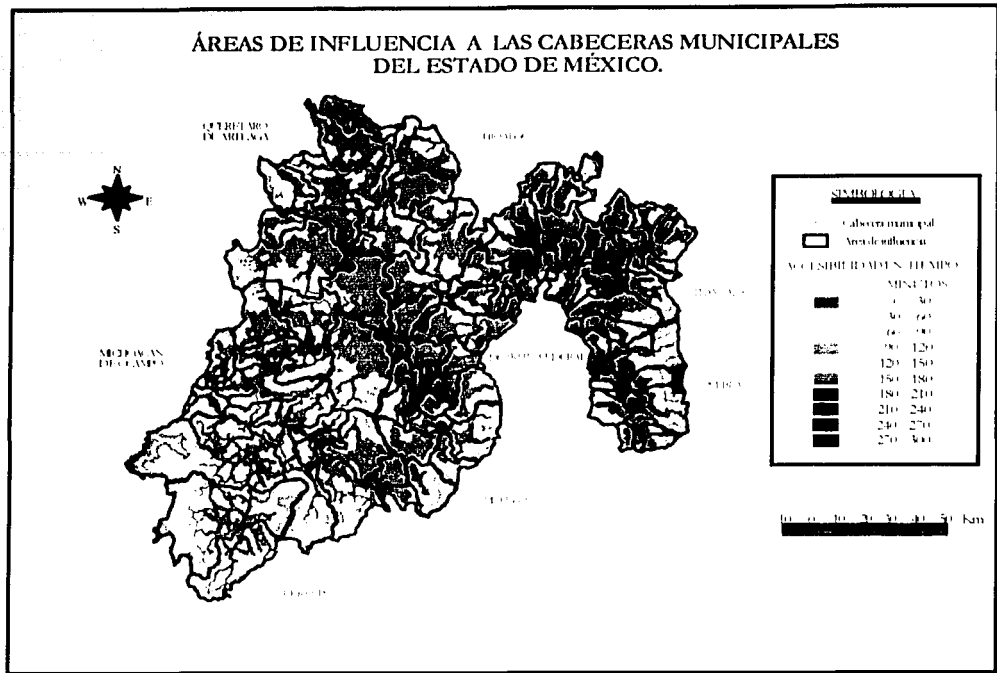


Figura 19 Áreas de Influencia de las Cabeceras Municipales



Fuente: Elaboración Propia

El mapa enseña las áreas de influencia para cada cabecera municipal, representadas por polígonos rojos. Aparecen 120 áreas que en su interior exhiben un cambio de coloración (buffers) hacia el punto que señala la cabecera municipal respectiva, cada uno con un valor en tiempo de 30 minutos.

La Figura 19 , despliega las diez divisiones cada 30 minutos, generado por el programa para la creación de las áreas de influencia. Estas divisiones se pueden apreciar también, en la parte derecha de la figura de ese mismo mapa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Antes de un análisis cuantitativo de estas áreas de influencia, se aprecia que un buen porcentaje de la región del estado se encuentra a 30 minutos alejado de su cabecera municipal más cercana. Esto da una primera impresión de la existencia de una buena accesibilidad en la región. Se analizará esta impresión teniendo en cuenta las localidades del Estado.

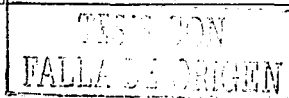
Existen al menos 12 concentraciones en el mapa que contienen la clasificación de distancia correspondiente a los 180 minutos (2 ½ horas). Estos hacen parte de los lugares de mayor elevación en su relieve.

Ahora bien, se quiere detallar el comportamiento en términos cuantitativos, teniendo en cuenta las localidades, como a continuación se enseña en la Tabla 24.

Tabla 24 Número y porcentaje de localidades y porcentaje de área del Estado distantes en tiempo a la cabecera municipal más cercana.

Distancia en Tiempo a la Cabecera Municipal más Cercana	Número de Localidades	Porcentaje de Localidades
½ hora (30 minutos)	3,787	79.54%
1 hora (60 minutos)	698	14.66%
1 ½ horas (90 minutos)	162	3.40%
2 horas (120 minutos)	61	1.28%
2 ½ horas (150 minutos)	31	0.65%
3 horas (180 minutos)	18	0.38%
3 ½ horas (240 minutos)	4	0.09%
TOTAL	4,761	100%

Fuente: Elaboración Propia



De la Tabla 24 se puede decir lo siguiente:

Primero que todo, el total de las localidades que aparece en este cuadro (4761), no es el total conocido en la información dada (4786), debido a las 25 localidades que quedan georeferenciadas fuera del Estado de México. Estas localidades pueden georeferenciarse correctamente, mediante un procedimiento conocido y dispendioso, pero como se dijo anteriormente, no viene al caso el efectuar esta táctica, al no afectar el objetivo que se busca.

De las diez clasificaciones de distancia a 30 minutos, enseñadas en el mapa número 13, sólo existe información hasta la clasificación siete con localidades. Como se ve en el cuadro en cuestión, cuatro localidades (0.09%) se encuentran a tres horas y media como las más alejadas de su cabecera municipal más cercana. Ello indica que las demás clasificaciones de 4, 4 ½ y 5 horas no presentan ninguna localidad en su interior.

Un buen porcentaje de las localidades (79.54%), se encuentra a 30 minutos de distancia de la cabecera más próxima a ellas. Este casi 80% refleja una buena accesibilidad por parte de las localidades a dichas cabeceras, seguido por el 14.66% de localidades (698) en todo el estado, a una hora como distancia de análisis.

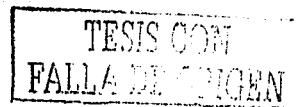
Así, el 5.8% restante de las localidades (276), se encuentran alejadas a más de hora y media de la cabecera respectiva. Un reflejo más de apreciar la ubicación de las localidades a su cabecera municipal más cercana, al contemplar este valor.

TEMAS CON
FALLA DE ORIGEN

Igual análisis se puede generar al tener en cuenta la red carretera de la zona. Se puede conocer que distancia en minutos por ejemplo, de los diferentes tipos de carreteras, se encuentra dentro de las áreas de influencia obtenidas, y conocer el porcentaje de participación de éstas dentro del Estado con respecto a cada una de las cabeceras municipales.

Cabe mencionar en general que, estas distancias en tiempo que llegaran a resultar en el análisis, están restringidas por el territorio limítrofe del Estado de México. No se tendrían en cuenta los estados aledaños con sus vías y terrenos. Por ejemplo, la zona del Distrito Federal podría cambiar el comportamiento de las áreas de influencia, al tener en cuenta en los límites con el Estado de México, su red vial y demás atributos analizados.

Queda entonces como inquietud planteada, el adoptar este modelo aquí expuesto, en una forma más certera y amplia, en donde los resultados se den mediante una aplicación de datos de origen confiables y enriquecedores para dichos resultados.



7 CONCLUSIONES

Queda claro que la *accesibilidad* como tal, es un tema bastante amplio en todo su conjunto y que debe tomarse en serio cuando se quiere obtener una definición e interpretación ajustada, en cualquiera que sea el trabajo o proyecto a aplicar.

Ese enfoque adecuado que se manejó en este proyecto de tesis, ayudó a encontrar el modelo que permitiera conocer el comportamiento de la accesibilidad en el Estado de México, en donde se pudieron tener en cuenta una serie de atributos significativos que dieron lugar a la obtención del mapa final (Figura 19) ya analizado.

Este mapa final, también permite entonces conocer el costo de viaje ya sea en tiempo, dinero u otro valor para alcanzar la cabecera municipal más cercana. Con este concepto, se pueden obtener rutas de menor costo dentro de la región, según aplicaciones que se realicen para tal fin.

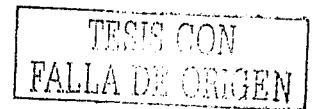
El modelo demuestra el alcance que tiene, en cuanto a la aplicación del concepto, no sólo para el análisis de la accesibilidad a las cabeceras municipales, como se planteó en esta tesis, sino también para realizar estudios de accesibilidad a puntos con otros intereses como zonas turísticas, zonas industriales, de salud, etc.

Realizar cálculos de tiempo de acceso a las capitales de los estados del país, es otra factibilidad de estudio, llevando al modelo y su aplicación a ofrecer la realización

de estas investigaciones, no sólo en el ámbito estatal sino también nacional, ya sea por regiones o en el área total de la República Mexicana.

Este tipo de estudios, entonces, ayuda a enriquecer la información dentro de todo el territorio nacional, mediante conocimientos nuevos sobre accesibilidad que en la actualidad no se conocen en el territorio. Se han hecho estudios de accesibilidad, pero ninguno enfocado al análisis de áreas de influencia hacia puntos específicos. Así, esta tesis aporta un valioso conocimiento para tener en cuenta y aplicarlo de la mejor manera con el fin de ampliar los estudios que sobre este tema se tengan.

El aporte que se presenta para el transporte en general es de suma importancia, si reconocemos que la accesibilidad es una expresión sumamente ligada a éste, y que definitivamente para transportarse hay que moverse, y el moverse implica acceder a algún lugar o región requeridos. Ello lleva a comprender otra necesidad de relación, que siempre ha existido, pero que no se ha relacionado como es debido en el ámbito investigativo. Quien se transporta, ya sea por cualquiera de los medios y modos conocidos, siempre necesita de información sobre los lugares, su ubicación, su forma etc. Es allí donde entra la *Geografía*, como dato valioso y poco explotado, o al menos no como se es debido, en el área del transporte. La *Geografía del Transporte*, como se le puede conocer a la relación de estos dos valiosos temas tan involucrados entre sí desde hace mucho tiempo, debe ser estudiada más a fondo mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ya mencionados en este proyecto.



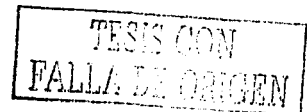
Estudios de este tipo permiten demostrar el valioso aporte de los SIG dentro del transporte, como se le conoce mediante algunos software de aplicación, pero sin una debida divulgación para su aprendizaje en las Instituciones que pueden aplicarlos como conocimientos, logrando así una mayor expectativa y resultados de información meritoria.

Así pues los objetivos establecidos en este proyecto han sido alcanzados, y con ello se demuestra el valioso aporte de la tesis, no sólo al cumplir dichos objetivos, sino también al generar ese interés de querer prestarle más atención al manejo de los Sistemas de Información Geográfica en conjunto con el Transporte en general.

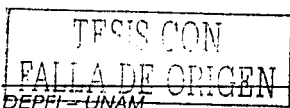
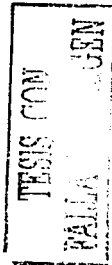
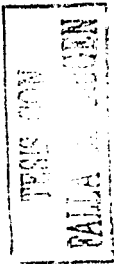
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bibliografía

- Nájera Aguilar Patricia, 1996 Cobertura Regional, patrones de utilización y accesibilidad geográfica a los servicios de atención a la salud de primer nivel en el Estado de México, Tesis de Licenciatura, Colegio de Geografía, FF y L - UNAM, México DF.
- Dupuy Gabriel, EL URBANISMO DE LAS REDES, Teoría y Métodos
- Tolley Rodney S. y Turton Brian J., part 2, 1995 Transport Systems, Policy and Planning A Geographical Approach.
- Westlund Hans, 1999, "Una perspectiva de costo-interacción en las Redes y el Territorio", The Annals of Regional Science
- Hakan Person – Lars Westin, 1996: Recursive transport flow dynamics with time dependent a priori information, "The Annals of Regional Science", Springer-Verlag, USA
- Harvey J. Miller, 1995: Beneficios de la medida espacio-tiempo de accesibilidad dentro de las redes de transporte: teoría básica y procedimientos computacionales, "Geographical Analysis"
- Mei-po Kwan, 1998: Medidas integrales y de espacio-tiempo de accesibilidad del individuo: un análisis comparativo usando una estructura de punto-base, "Geographical Analysis", Vol. 30 No. 3.
- Rong-ChanJou y Hani Mahmassani, 1996: Comparación y transferencia de las características del comportamiento del viajero diario entre ciudades: tiempo de salida y decisiones de cambio de ruta, Transportation Research Record, N° 156.
- Chavelas C. Pedro, 1992: Clasificación de las carreteras en la integración de redes: ventajas de su integración, "X Reunión Nacional de Vías Terrestres", SCT Dirección General, junio.
- Dongjoo Park y Laurence R. Rilett, 1997: Identificación de rutas múltiples y razonables en las redes de transporte, "Transportation Research Records", N° 1607.



- Keumsook Lee y Hee-Yeon Lee, 1998: Un nuevo Algoritmo para la medida de la accesibilidad nodal gráfica-teórica, "Geographycal Analysis", Vol. 30, N° 1, enero.
- CGIAR; Consultative Group on International Agricultural Research: Modelos a través de las escalas Geográficas; CIAT, Software ArcView®.
- Mackiewicz y Ratajczac, 1996; Towards a New Definition of Topological Accessibility; Transportation Research, an International Journal; Parte B: Methodological; Vol. 30B, #1, Febrero.
- Reunión de Especialistas, 1998, Centro de Conferencias Asilomar, Pacific Grove, California, 19-22 noviembre.
- Rodney S. Tolley y Brian J. Turton ; Transport Systems, Policy and Planning. Ageographical Approach; Part 2.
- "Los Municipios del Estado de México", colección: Enciclopedia de Los Municipios, 1990
- "Panorámica Socio-económica del Estado de México"; Gobierno del estado de México; Secretaría de Finanzas y Planeación; Instituto de Información e Investigaciones Geográficas, Estadísticas y Catastral; Toluca, México, 1993.
- Ziccardi, Alicia; Municipio y Región; Agenda de la Reforma Municipal en México; México, 200.
- Negrete María Eugenia, Graizbord Boris, Ruiz Crescencio; Población, Espacio y Medio Ambiente En La Zona Metropolitana De La Ciudad De México, El Colegio De México, 1995
- Bassols Batalla, Ángel, 1992; El Desarrollo Regional En México: Teoría Y Práctica, México: Instituto De Investigaciones Económicas. UNAM
- Estados Unidos Mexicanos. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados Preliminares. México, 2000
- Vázquez M. y Martín, J. 1995.
- Libro de Normas de servicios Técnicos, Proyecto Geométrico, Carreteras, SCT, 1984



A N E X O S

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. ANEXO 1

COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y ALTITUD DE LAS CABECERAS
MUNICIPALES

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	msnm
Acambay	19	57	99	51	2,560
Acolman de Nezahualcóyotl	19	38	98	55	2,250
Aculco de Espinoza	20	06	99	50	2,450
Almoloya de Alquisiras	18	52	99	54	1,960
Villa de Almoloya de Juárez	19	22	99	45	2,600
Almoloya del Río	19	10	99	29	2,600
Amanalco de Becerra	19	15	100	01	2,320
Amatepec	18	41	100	11	1,800
Amecameca de Juárez	19	08	98	46	2,480
Apaxco de Ocampo	19	58	99	10	2,180
San Salvador Atenco	19	33	98	55	2,240
Santa Cruz Atizapán	19	11	99	29	2,590

TÉCNICO CON
 FALLE DE ORIGEN

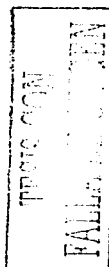
Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud msnm
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Ciudad López Mateos	19	33	99	14	2,280
Atacomulco de Fabela	19	48	99	52	2,570
Atlautla de Victoria	19	02	98	47	2,340
Axapusco	19	43	98	45	2,350
Ayapango de Gabriel Ramos Millán	19	08	98	48	2,440
Calimaya de Díaz González	19	10	99	37	2,680
Capulhuac de Mirafuentes	19	12	99	28	2,620
San Francisco Coacalco	19	37	99	05	2,250
Coatepec Harinas	18	55	99	46	2,260
Cocotitlán	19	14	98	52	2,280
Coyotepec	19	47	99	12	2,300
Cuautitlán	19	40	99	11	2,240
Chalco de Díaz Covarrubias	19	16	98	54	2,240
Chapa de Mota	19	49	99	32	2,600
Chapultepec	19	12	99	34	2,580
Chiautla	19	33	98	53	2,260

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	msnm
Chicoloapan de Juárez	19	25	98	54	2,230
Chiconcuac de Juárez	19	33	98	54	2,240
Chimalhuacán	19	25	98	57	2,240
Villa Donato Guerra	19	18	100	09	2,200
Ecatepec de Morelos	19	36	99	03	2,250
Ecatzingo de Hidalgo	18	57	98	45	2,440
Huehuetoca	19	50	99	12	2,260
Hueypoxtla	19	54	99	05	2,260
Huixquilucan de Degollado	19	22	99	21	2,680
Tlazala de Fabela	19	33	99	25	2,800
Ixtapaluca	19	19	98	53	2,250
Ixtapan de la Sal	18	51	99	41	1,880
Ixtapan del Oro	19	16	100	16	1,640
Ixtlahuaca de Rayón	19	34	99	46	2,540
Xalatlaco	19	11	99	25	2,720
Jaltenco	19	45	99	06	2,240

INSTITUTO
 FEDERAL DE ESTADÍSTICA
 Y GEOGRAFÍA

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud msnm
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Jilotepec de Molina Enríquez	19	57	99	32	2,440
Santa Ana Jilotzingo	19	32	99	24	2,750
Jiquipilco	19	33	99	36	2,750
Jocotitlán	19	42	99	47	2,680
Joquicingo de León Guzmán	19	03	99	32	2,630
Juchitepec de Mariano Rivapalacio	19	06	98	53	2,540
Lerma de Villada	19	17	99	31	2,560
Malinalco	18	57	99	30	1,740
Melchor Ocampo	19	42	99	09	2,240
Metepec	19	15	99	36	2,610
San Mateo Mexicaltzingo	19	13	99	35	2,590
San Bartolo Morelos	19	47	99	40	2,720
Naucalpan de Juárez	19	28	99	14	2,300
Ciudad Nezahualcóyotl	19	24	98	59	2,220
Santa Ana Nextlalpan	19	44	99	04	2,240
Villa Nicolás Romero	19	37	99	19	2,390

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud msnm
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Nopaltepec	19	47	98	42	2,450
Ocoyoacac	19	16	99	28	2,580
Ocuilan de Arteaga	18	59	99	25	2,340
Oro de Hidalgo, El	19	48	100	08	2,740
Otumba de Gómez Farías	19	42	98	45	2,360
Otzoloapan	19	07	100	18	1,380
Villa Cuauhtémoc	19	25	99	33	2,580
Ozumba de Alzate	19	02	98	48	2,340
Papalotla	19	34	98	51	2,260
Reyes Acaquilpan, Los	19	22	98	59	2,210
Polotitlán de la Ilustración	20	13	99	49	2,320
Santa María Rayón	19	09	99	35	2,580
San Antonio la Isla	19	10	99	34	2,580
San Felipe del Progreso	19	43	99	57	2,560
San Martín de las Pirámides	19	42	98	50	2,300
San Mateo Atenco	19	16	99	32	2,570



Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	msnm
San Simón de Guerrero	19	01	100	00	2,120
Santo Tomás de los Plátanos	19	11	100	16	1,360
San Francisco Soyaniquilpan	20	01	99	32	2,400
Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras	18	51	99	58	2,300
Tecámac de Felipe Villanueva	19	43	98	58	2,260
Tejupilco de Hidalgo	18	54	100	09	1,330
Temamatla	19	12	98	52	2,260
Temascalapa	19	49	98	54	2,350
Temascalcingo de José María Velasco	19	55	100	00	2,380
Temascaltepec de González	19	03	100	02	1,740
Temoaya	19	28	99	36	2,680
Tenancingo de Degollado	18	58	99	36	2,020
Tenango del Aire	19	09	98	51	2,380
Tenango de Arista	19	06	99	35	2,600
Teoloyucan	19	45	99	11	2,270

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	msnm
Teotihuacan de Arista	19	41	98	52	2,270
Tepetlaoxtoc de Hidalgo	19	34	98	49	2,300
Tepetlixpa	19	02	98	49	2,320
Tepotztlán	19	43	99	13	2,300
Tequixquiac	19	55	99	09	2,200
Texcaltitlán	18	56	99	56	2,400
San Mateo Texcalyacac	19	08	99	30	2,590
Texcoco de Mora	19	30	98	53	2,250
Tezoyuca	19	35	98	55	2,250
Santiago Tianguistenco de Galeana	19	11	99	28	2,620
San Andrés Timilpan	19	52	99	45	2,690
Tlalmanalco de Velázquez	19	12	98	48	2,400
Tlalnepantla	19	32	99	13	2,250
Tlatlaya	18	37	100	12	1,820
Toluca de Lerdo	19	17	99	40	2,660
Tonatico	18	48	99	40	1,640

TPOC CON
 FALTA DE DATOS

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud msnm
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Tultepec	19	41	99	08	2,240
Tultitlán de Mariano Escobedo	19	39	99	10	2,240
Valle de Bravo	19	12	100	08	1,800
San José Villa de Allende	19	22	100	09	2,380
Villa del Carbón	19	44	99	28	2,600
Villa Guerrero	18	58	99	38	2,160
Villa Victoria	19	26	100	00	2,570
Xonacatlán	19	24	99	32	2,580
Zacazonapan	19	04	100	15	1,370
Zacualpan	18	43	99	47	2,060
San Miguel Zinacantepec	19	17	99	44	2,740
Zumpahuacán	18	50	99	35	1,660
Zumpango de Ocampo	19	48	99	06	2,250
Cuautitlán Izcalli	19	39	99	13	2,280
Xico	19	16	98	56	2,240

Fuente: INEGI. Carta Topográfica. 1:50,000. msnm: metros sobre el nivel del mar.

2. ANEXO 2

MUNICIPIOS Y CABECERAS MUNICIPALES

DEL ESTADO DE MÉXICO

Clave	Municipio	Cabecera municipal
001	Acambay	Acambay
002	Acolman	Acolman de Nezahualcóyotl
003	Aculco	Aculco de Espinoza
004	Almoloya de Alquisiras	Almoloya de Alquisiras
005	Almoloya de Juárez	Villa de Almoloya de Juárez
006	Almoloya del Río	Almoloya del Río
007	Amanalco	Amanalco de Becerra
008	Amatepec	Amatepec
009	Amecameca	Amecameca de Juárez
010	Apaxco	Apaxco de Ocampo
011	Atenco	San Salvador Atenco
012	Atizapán	Santa Cruz Atizapán
013	Atizapán de Zaragoza	Ciudad López Mateos
014	Atlacomulco	Atlacomulco de Fabela

TESIS CON
FALLA DE JUREN

Clave	Municipio	Cabecera municipal
015	Atlautla	Atlautla de Victoria
016	Axapusco	Axapusco
017	Ayapango	Ayapango de Gabriel Ramos Millán
018	Calimaya	Calimaya de Díaz González
019	Capulhuac	Capulhuac de Mirafuentes
020	Coacalco de Berriozábal	San Francisco Coacalco
021	Coatepec Harinas	Coatepec Harinas
022	Cocotitlán	Cocotitlán
023	Coyotepec	Coyotepec
024	Cuautitlán	Cuautitlán
025	Chalco	Chalco de Díaz Covarrubias
026	Chapa de Mota	Chapa de Mota
027	Chapultepec	Chapultepec
028	Chiautla	Chiautla
029	Chicoloapan	Chicoloapan de Juárez
030	Chiconcuac	Chiconcuac de Juárez
031	Chimalhuacán	Chimalhuacán

Clave	Municipio	Cabecera municipal
032	Donato Guerra	Villa Donato Guerra
033	Ecatepec	Ecatepec de Morelos
034	Ecatzingo	Ecatzingo de Hidalgo
035	Huehuetoca	Huehuetoca
036	Hueypoxtla	Hueypoxtla
037	Huixquilucan	Huixquilucan de Degollado
038	Isidro Fabela	Tlazala de Fabela
039	Ixtapaluca	Ixtapaluca
040	Ixtapan de la Sal	Ixtapan de la Sal
041	Ixtapan del Oro	Ixtapan del Oro
042	Ixtlahuaca	Ixtlahuaca de Rayón
043	Xalatlaco	Xalatlaco
044	Jaltenco	Jaltenco
045	Jilotepec	Jilotepec de Molina Enríquez
046	Jilotzingo	Santa Ana Jilotzingo
047	Jiquipilco	Jiquipilco
048	Jocotitlán	Jocotitlán

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clave	Municipio	Cabecera municipal
049	Joquicingo	Joquicingo de León Guzmán
050	Juchitepec	Juchitepec de Mariano Rivapalacio
051	Lerma	Lerma de Villada
052	Malinalco	Malinalco
053	Melchor Ocampo	Melchor Ocampo
054	Metepec	Metepec
055	Mexicaltzingo	San Mateo Mexicaltzingo
056	Morelos	San Bartolo Morelos
057	Naucalpan de Juárez	Naucalpan de Juárez
058	Nezahualcóyotl	Ciudad Nezahualcóyotl
059	Nextlalpan	Santa Ana Nextlalpan
060	Nicolás Romero	Villa Nicolás Romero
061	Nopaltepec	Nopaltepec
062	Ocoyoacac	Ocoyoacac
063	Ocuilan	Ocuilan de Arteaga
064	Oro, El	Oro de Hidalgo, El
065	Otumba	Otumba de Gómez Farías

Clave	Municipio	Cabecera municipal
066	Otzoloapan	Otzoloapan
067	Otzolotepec	Villa Cuauhtémoc
068	Ozumba	Ozumba de Alzate
069	Papalotla	Papalotla
070	Paz, La	Reyes Acaquilpan, Los
071	Polotitlán	Polotitlán de la Ilustración
072	Rayón	Santa María Rayón
073	San Antonio la Isla	San Antonio la Isla
074	San Felipe del Progreso	San Felipe del Progreso
075	San Martín de las Pirámides	San Martín de las Pirámides
076	San Mateo Atenco	San Mateo Atenco
077	San Simón de Guerrero	San Simón de Guerrero
078	Santo Tomás	Santo Tomás de los Plátanos
079	Soyaniquilpan de Juárez	San Francisco Soyaniquilpan
080	Sultepec	Sultepec de Pedro Ascencio de Alquisiras
081	Tecámac	Tecámac de Felipe Villanueva
082	Tejupilco	Tejupilco de Hidalgo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clave	Municipio	Cabecera municipal
083	Temamatla	Temamatla
084	Temascalapa	Temascalapa
085	Temascalcingo	Temascalcingo de José María Velasco
086	Temascaltepec	Temascaltepec de González
087	Temoaya	Temoaya
088	Tenancingo	Tenancingo de Degollado
089	Tenango del Aire	Tenango del Aire
090	Tenango del Valle	Tenango de Arista
091	Teoloyucan	Teoloyucan
092	Teotihuacan	Teotihuacan de Arista
093	Tepetlaoxtoc	Tepetlaoxtoc de Hidalgo
094	Tepetlixpa	Tepetlixpa
095	Tepotzotlán	Tepotzotlán
096	Tequixquiac	Tequixquiac
097	Texcaltitlán	Texcaltitlán
098	Texcalyacac	San Mateo Texcalyacac
099	Texcoco	Texcoco de Mora

Clave	Municipio	Cabecera municipal
100	Tezoyuca	Tezoyuca
101	Tianguistenco	Santiago Tianguistenco de Galeana
102	Timilpan	San Andrés Timilpan
103	Tlalmanalco	Tlalmanalco de Velázquez
104	Tlalnepantla de Baz	Tlalnepantla
105	Tlatlaya	Tlatlaya
106	Toluca	Toluca de Lerdo
107	Tonatico	Tonatico
108	Tultepec	Tultepec
109	Tultitlán	Tultitlán de Mariano Escobedo
110	Valle de Bravo	Valle de Bravo
111	Villa de Allende	San José Villa de Allende
112	Villa del Carbón	Villa del Carbón
113	Villa Guerrero	Villa Guerrero
114	Villa Victoria	Villa Victoria
115	Xonacatlán	Xonacatlán
116	Zacazonapan	Zacazonapan

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clave	Municipio	Cabecera municipal
117	Zacualpan	Zacualpan
118	Zinacantepec	San Miguel Zinacantepec
119	Zumpahuacán	Zumpahuacán
120	Zumpango	Zumpango de Ocampo
121	Cuautitlán Izcalli	Cuautitlán Izcalli
122	Valle de Chalco Solidaridad	Xico

Fuente: INEGI, México, Censo de Población y Vivienda 1995, Resultados Definitivos, Tabulados Básicos

3. ANEXO 3

INDICADORES DE LA POBLACIÓN, 1995

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total entidad	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y mas (%)	De 5 años y mas que hablan lengua indígena %
Estado de México	3.2	11,707,964	49.3	34.9	61.6	85.6	3.01
Acambay	1.8	52,662	49.9	42.4	52.4	15.4	17.89
Acolman	4.2	54,468	49.6	33.5	62.2	90.7	0.67
Aculco	3.0	34,378	50.4	41.8	53.2	10.0	7.25
Almoloya de Alquisiras	2.3	13,667	48.8	43.2	51.6	-	0.09
Almoloya de Juárez	2.5	96,662	50.5	40.5	55.9	26.1	0.50
Almoloya del Río	2.4	7,729	47.8	36.3	58.5	91.2	0.80
Amanalco	3.3	18,885	50.5	45.5	49.9	-	12.66
Amatepec	0.4	28,807	50.3	40.3	52.9	10.0	0.02
Amecameca	2.5	41,671	48.7	34.8	60.4	75.7	0.24
Apaxco	2.4	21,134	49.9	35.7	60.1	69.4	0.11
Atenco	5.0	27,988	49.7	34.4	61.5	74.3	0.57
Atizapán	5.3	7,147	49.1	37.3	58.2	74.2	0.52

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal (1990-1995) (%)	Total entidad	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 5 años y más que habla lengua indígena %
Atizapán de Zaragoza	5.5	427,444	49.1	32.9	64.2	99.9	1.66
Atlacomulco	3.3	65,018	48.5	41.2	55.1	50.5	19.83
Atlautla	3.2	22,634	49.7	37.6	57.2	89.3	0.11
Axapusco	2.2	17,848	50.9	35.8	58.5	54.6	0.37
Ayapango	2.4	4,858	49.8	34.5	60.3	-	0.19
Calimaya	4.5	31,902	49.3	36.3	59.3	72.3	0.23
Capulhuac	3.6	25,900	49.3	35.4	60.2	90.5	0.18
Coacalco de Berriozábal	5.4	204,674	49.0	31.8	65.4	99.1	0.60
Coatepec Harinas	1.5	30,408	49.3	43.4	52.1	19.2	0.06
Cocotitlán	2.5	9,290	50.1	32.8	62.3	84.2	0.28
Coyotepec	4.1	30,619	49.9	38.2	58.3	91.4	1.91
Cuautitlán	2.9	57,373	49.4	32.7	62.9	91.7	0.79
Chalco	9.3	175,521	50.0	39.1	58.1	97.0	1.84
Chapa de Mota	3.1	20,939	49.9	42.4	52.6	44.7	18.06
Chapultepec	5.3	5,163	48.5	34.3	61.2	84.9	0.04
Chiautla	2.1	16,602	49.0	34.5	61.2	34.9	0.46

Municipio	Tasa, media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total entidad	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 5 años y más que habla lengua indígena %
Chicoloapan	4.0	71,351	49.7	36.2	61.2	99.5	1.33
Chiconcuac	1.5	15,448	49.2	31.7	64.0	97.6	0.35
Chimalhuacán	9.9	412,014	50.0	40.3	57.8	99.5	3.49
Donato Guerra	2.5	24,787	50.2	45.8	50.2	25.9	24.68
Ecatepec de Morelos	3.2	1,457,124	49.5	33.6	63.7	99.9	1.51
Ecatzingo	3.2	6,949	50.5	42.0	53.5	72.8	0.15
Huehuetoca	4.5	32,718	49.8	39.1	58.1	68.6	0.63
Hueyoxtla	3.1	31,124	50.0	38.1	57.0	71.0	0.15
Huixquilucan	4.4	168,221	47.6	32.2	64.5	80.4	1.81
Isidro Fabela	4.4	6,606	50.7	36.3	59.5	-	0.24
Ixtapaluca	8.6	187,690	49.8	37.8	59.5	95.9	1.71
Ixtapan de la Sal	0.4	24,889	48.1	40.2	55.4	54.9	0.10
Ixtapan del Oro	-0.5	5,726	51.2	44.0	50.6	-	2.87
Ixtlahuaca	3.5	107,628	49.0	41.0	55.2	63.4	20.06
Xalatlaco	4.1	17,601	49.3	38.7	56.9	60.0	1.68
Jaltenco	2.5	25,238	49.4	34.2	63.1	97.3	0.73
Jilotepec	2.9	61,802	50.2	39.0	55.9	19.8	0.48

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total entidad	Hombres (%)	Mejores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 5 años y más que habla lengua indígena (%)
Jilotzingo	5.8	12,412	50.2	37.4	57.8	-	0.79
Jiquipilco	2.8	51,447	49.3	42.5	53.0	17.4	15.12
Jocotillán	2.1	43,994	49.6	37.4	57.8	50.9	4.48
Joquicingo	5.0	10,223	49.4	38.4	56.8	72.6	0.83
Juchitepec	3.7	17,487	49.3	36.7	58.7	95.7	0.11
Lerma	3.5	81,192	49.8	35.5	60.6	62.8	3.79
Malinalco	3.2	20,157	49.6	40.0	54.9	32.3	0.12
Melchor Ocampo	4.5	33,455	49.7	36.1	60.2	92.4	1.27
Metepec	4.3	178,096	48.8	32.8	64.3	97.4	0.40
Mexicaltzingo	3.2	8,662	48.7	36.0	59.9	80.1	0.28
Morelos	1.7	24,016	49.1	41.1	53.1	34.6	28.18
Naucalpan de Juárez	1.2	839,723	48.8	30.2	65.8	98.5	2.67
Nezahualcóyotl	-0.3	1,233,868	49.0	30.8	65.5	100.0	1.37
Nextlalpan	6.0	15,053	49.3	38.5	58.0	64.9	1.01
Nicolás Romero	4.6	237,064	49.8	35.8	61.2	92.8	1.42
Nopaltepec	3.9	6,492	50.7	34.1	60.2	84.2	0.12
Ocoyoacac	2.8	43,670	49.5	33.7	61.8	83.8	1.62

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total Población	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	% De 5 años y más que habla lengua indígena %
Ocuilán	3.3	22,869	50.4	41.1	54.5	11.5	2.17
Oro, El	2.6	29,466	49.3	42.4	52.9	17.5	18.54
Otumba	2.7	25,415	50.4	35.8	59.1	58.8	0.27
Otzoloapan	2.8	4,687	51.4	46.2	48.3	-	-
Otzolotepec	3.6	49,264	49.2	39.9	56.7	49.0	12.66
Ozumba	3.1	21,424	48.8	36.9	58.5	75.7	0.23
Papalotla	4.1	2,998	48.5	34.3	61.6	92.1	0.26
Paz, La	5.4	178,538	49.6	35.5	62.0	100.0	2.14
Polotitlán	1.4	10,525	50.3	36.0	58.5	25.9	0.15
Rayón	3.0	8,300	49.6	34.6	60.7	75.5	0.26
San Antonio la Isla	4.0	9,118	50.1	35.0	61.3	95.4	0.14
San Felipe del Progreso	1.8	155,978	49.6	46.7	50.0	27.1	27.61
San Martín de las Pirámides	4.0	16,881	50.2	34.8	60.1	60.0	0.41
San Mateo Atenco	4.6	54,089	49.5	37.2	60.0	89.3	0.25
San Simón de Guerrero	2.6	4,504	50.0	40.2	53.7	-	0.08
Santo Tomás	2.8	8,257	50.2	43.7	51.8	35.9	0.06

FALLA DE ORIGEN

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total Población	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 15 años y más que habla lengua indígena (%)
Soyaniquilpan de Juárez	0.8	8,370	51.1	36.8	57.8	-	0.04
Sultepec	1.0	24,757	49.2	43.0	51.8	-	0.06
Tecámac	3.4	148,432	49.4	34.6	62.1	97.4	1.22
Tejupilco	2.2	84,897	49.6	43.6	51.2	33.9	0.03
Temamatla	6.7	7,720	53.4	35.1	61.8	50.2	0.88
Temascalapa	4.5	24,440	50.3	37.5	57.2	67.2	0.39
Temascalcingo	2.6	59,140	49.6	42.6	52.8	37.2	28.50
Temascaltepec	-0.2	26,643	50.5	43.2	51.7	-	3.14
Temoaya	3.8	60,851	49.1	43.2	53.4	42.6	37.77
Tenancingo	1.3	64,753	49.5	38.5	57.2	52.6	0.17
Tenango del Aire	2.9	7,282	49.1	33.4	61.4	55.1	0.30
Tenango del Valle	3.2	54,789	49.2	37.0	58.8	80.5	0.13
Teoloyucan	4.7	54,454	49.8	36.9	59.8	87.4	0.62
Teotihuacan	4.5	39,183	50.1	35.5	60.6	86.9	1.32
Tepetlaoxtoc	3.3	19,380	50.2	36.3	59.0	43.1	0.39
Tepetlixpa	3.2	15,181	49.8	36.4	58.3	72.9	0.59

Análisis de la Accesibilidad a las Cabeceras Municipales del Estado de México Mediante el Planteo de un Algoritmo

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total cantidad	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 5 años y más que habla lengua indígena (%)
Tepotzollán	5.8	54,419	49.5	36.4	60.2	88.1	0.67
Tequixquiac	3.2	24,766	49.8	36.8	59.1	88.2	0.21
Texcallitlán	2.0	13,970	49.5	43.4	51.0	-	0.03
Texcalyacac	4.2	3,744	48.9	34.7	59.4	90.4	0.72
Texcoco	3.8	173,106	50.2	32.8	63.4	92.9	1.91
Tezoyuca	5.0	16,338	49.8	34.6	61.0	92.5	1.12
Tianguistenco	3.4	51,149	48.9	37.3	58.3	64.8	1.97
Timilpan	2.5	13,871	50.1	38.1	55.8	-	6.32
Tlalmanalco	2.7	38,396	49.3	32.8	62.8	80.5	0.19
Tlalnepantla de Baz	0.3	713,143	49.0	29.0	66.8	99.9	1.38
Tlatlaya	-0.4	33,170	49.1	43.7	49.8	-	0.02
Toluca	2.6	564,476	48.5	34.2	62.2	90.6	4.70
Tonatico	0.5	9,966	47.2	35.5	57.2	63.7	0.12
Tultepec	8.7	75,996	49.5	37.6	60.1	93.3	0.91
Tultitlán	7.0	361,434	49.3	35.4	62.3	99.4	0.97
Valle de Bravo	5.0	47,502	49.6	39.0	56.8	57.7	1.08
Villa de Allende	4.6	37,105	49.7	45.7	50.3	19.6	8.21

TESIS CON
FALLA DE CALIDAD

Municipio	Tasa media de crecimiento anual intercensal 1990-1995 (%)	Total Población	Hombres (%)	Menores de 15 años (%)	De 15 a 64 años (%)	Residentes en localidades de 2,500 habitantes y más (%)	De 5 años y más que habla lengua indígena (%)
Villa del Carbón	2.1	30,726	50.5	41.6	53.5	31.4	1.67
Villa Guerrero	1.8	43,283	49.3	42.6	53.4	30.6	0.04
Villa Victoria	1.6	63,978	50.2	46.5	50.2	4.3	8.25
Xonacatlán	4.1	36,141	49.6	36.1	60.0	65.4	4.38
Zacazonapan	5.0	3,161	51.7	42.4	51.9	-	0.04
Zacualpan	-0.3	14,115	48.7	41.0	52.3	18.1	0.06
Zinacantepec	4.3	105,566	49.7	37.5	59.1	71.7	0.97
Zumpahuacán	2.4	13,178	48.9	44.2	51.4	27.9	0.10
Zumpango	4.5	91,642	50.1	36.2	60.1	85.1	0.55
Cuautlilán Izcalli	4.4	417,647	49.2	32.8	64.4	98.9	0.63
Valle de Chalco Solidaridad	6.8	287,073	50.3	40.3	58.0	99.9	3.79

Fuente: INEGI, México, Censo de Población y Vivienda, Resultados Definitivos, 1995, Tabulados Básicos, México, 1996.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN