

2121
6



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE
ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLÁN"**

**DIAGNÓSTICO DE PELIGROS, IDENTIFICACIÓN
DE RIESGOS DE DESASTRES Y CAPACIDAD DE
REACCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA
REPUBLICA MEXICANA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
CIVIL.**

P R E S E N T A

J. GUADALUPE DE LA CRUZ RUIZ

ASESOR: M.I. JAIME F. GÓMEZ VEGA.

STA. CRUZ ACATLÁN, EDO. MÉXICO, OCTUBRE DE 2003



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue elaborado en honor a las personas más maravillosas que he conocido, mi padre **Pedro Cipriano** y mi madre **Guadalupe**, que me han mostrado el lado humano, bueno y malo de las cosas que me rodean, que me han guiado en la vida para ser hijo, hermano, amigo y profesionista.

A mis padres gracias por enseñarme que con trabajo, esfuerzo y dedicación se puede cumplir una meta.

A mis hermanos por su apoyo moral y por estar unidos siempre.

A mis profesores por compartir sus conocimientos conmigo y dedicarme su tiempo para la elaboración de esta obra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

↗

PAGINACION

DISCONTINUA

CONTENIDO

OBJETIVO Y ALCANCES	3
OBJETIVO	3
ALCANCE	3
INTRODUCCIÓN.....	5
CAPÍTULO 1 RIESGOS GEOLÓGICOS.....	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 SISMOS.....	12
1.2.1 Antecedentes.....	12
1.2.2 La teoría de tectónica de placas.....	12
1.2.3 Marco tectónico en la República Mexicana.....	14
1.2.4 Intensidad y Magnitud.....	16
1.2.4 Sismicidad en México.....	18
1.2.5 Periodos de retorno de aceleraciones del terreno.....	21
1.2.6 Regionalización sísmica.....	22
1.2.7 Efectos de sitio.....	23
1.3 TSUNAMIS.....	26
1.3.1 Antecedentes.....	26
1.3.2 Origen y Características de los Tsunamis.....	26
1.3.3 Propagación y tiempo de desplazamiento de los Tsunamis.....	27
1.3.4 Los tsunamis en México.....	28
1.4 VOLCANES.....	34
1.4.1 Antecedentes.....	34
1.4.2 El fenómeno volcánico.....	34
1.4.3 La actividad volcánica en México.....	38
1.4.4 Peligro Volcánico.....	42
1.4.5 Zonificación del riesgo volcánico.....	45
1.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	46
1.5.1 Objetivos y Estrategias.....	46
1.5.2 Proyectos Específicos.....	48
CAPÍTULO 2 RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	51
2.1 ANTECEDENTES.....	51
2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL.....	52
2.2.1 Antecedentes.....	52
2.2.2 Tipos de precipitación.....	53
2.2.3 Distribución de la lluvia en México.....	53
2.3 CICLONES TROPICALES.....	57
2.4 ESCURRIMIENTO.....	65
2.5 ESCURRIMIENTOS SÚBITOS.....	68
2.6 INUNDACIONES.....	70
2.7 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	73
2.7.1 Objetivos y Estrategias.....	73
2.7.2 Proyectos Específicos.....	74
CAPÍTULO 3 RIESGOS QUÍMICOS.....	77
3.1 ANTECEDENTES.....	77
3.2 DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y ACCIDENTES DE ORIGEN QUÍMICO.....	78
3.3 ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES DONDE SE HAN VISTO INVOLUCRADAS SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	79
3.4 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE PELIGRO.....	81
3.4.1 Zonas industriales.....	81
3.4.2 Industria petroquímica.....	84
3.4.3 Tuberías de transporte de gas.....	86
3.4.4 Estaciones de servicio.....	87

3.5	ACCIDENTES RELACIONADOS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS	89
3.5.1	Accidentes carreteros (fuentes móviles).....	89
3.5.2	Accidentes químicos en fuentes fijas.....	92
3.6	RESIDUOS PELIGROSOS	94
3.6.1	Sitios contaminados	97
3.7	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	97
3.7.1	Objetivos y Estrategias	98
3.7.2	Proyectos Específicos	98

CAPÍTULO 4 CAPACIDAD DE REACCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL 101

4.1	ANTECEDENTES.....	101
4.2	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INFRAESTRUCTURA CONSTRUCTIVA.....	101
4.2.1	El XV Censo Industrial. Censos económicos 1999. Industria de la Construcción, tabulados básicos.....	102
4.2.2	La Encuesta Nacional de la Industria de la Construcción	102
4.2.3	Valor total de la producción por entidad federativa.....	106
4.2.4	Valor total de las compras de materiales para la construcción.....	108
4.2.5	Personal ocupado.....	110
4.3	PROPUESTA LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO DE CAPACIDAD CONSTRUCTIVA.....	112
4.3.1	Evaluación de los requerimientos para mitigar el desastre.....	112
4.3.2	Objetivos de los subsistemas ante un desastre.....	114
4.3.3	Propuesta de aprovisionamiento.....	114
4.4	ESTUDIO DE CASO: HURACÁN "ISIDORE".....	118
4.4.1	Descripción breve del evento.....	118
4.4.2	Daños en los subsectores e infraestructura.....	119
4.4.3	Evaluación de daños: Apreciación de conjunto, estado de Yucatán.....	120
4.4.4	Evaluación de daños: apreciación de conjunto, estado de Campeche.....	121
4.4.5	Aplicación de la metodología propuesta.....	122

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 125

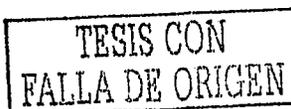
ANTECEDENTES.....	125
RESUMEN	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
TRABAJOS FUTUROS.....	128

REFERENCIAS..... 129

GLOSARIO..... 131.

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE UNIDADES 133

ANEXOS..... 136



OBJETIVO

El objetivo general del presente trabajo es conocer el riesgo de desastre existente en la República Mexicana debido a fenómenos perturbadores de origen geológico, hidrometeorológico y químico, así como conocer la capacidad de reacción de la ingeniería civil mediante un análisis de sus recursos humanos, financieros y materiales.

Los objetivos particulares de la tesis son los siguientes:

1. Llevar a cabo estudios de cada uno de los diferentes fenómenos perturbadores que impactan regularmente a la República Mexicana.
2. Conocer los procesos de generación, la clasificación y el impacto de riesgos de tipo geológico así como proponer medidas de prevención y mitigación de sus efectos.
3. Identificar los riesgos de tipo hidrometeorológico, su clasificación y su impacto afin de proponer mecanismos de prevención y mitigación.
4. Analizar los diferentes riesgos de tipo químico existentes en la República Mexicana, conocer sus mecanismos de generación y proponer medidas para prevenir y mitigar su impacto.
5. Localizar la infraestructura de la industria de la construcción en el país y proponer una logística de aprovisionamiento para contribuir a mitigar el impacto del desastre.
6. Llevar a cabo un estudio de caso de un fenómeno real y proponer la logística más adecuada para el regreso a la normalidad.

ALCANCE

Este documento se ha dividido en cinco capítulos. En esta introducción se presenta un resumen del diagnóstico de peligros naturales en la República Mexicana, así como una aproximación al significado del riesgo, se incluyen resultados de la evaluación socioeconómica de los daños causados por desastres en los últimos 20 años. Se describen además las ramas de la ingeniería civil que se concatenan en el estudio de la prevención de desastres y de manera práctica en la atención de la emergencia, además de presentar el objetivo y alcances de este trabajo.

En el primer capítulo se realizará una clasificación de los riesgos geológicos presentes en el país, se describen los mecanismos que los generan principalmente los sismos, volcanes y tsunamis, se presenta una clasificación de los mismos y se enumeran aquellos que han impactado de manera extraordinaria a República Mexicana, adicionalmente se mencionan estrategias generales de prevención y mitigación del riesgo de desastre.

El diagnóstico de los riesgos de tipo hidrometeorológicos se precisa en el segundo capítulo, aquí se clasifican y se mencionan de manera general las precipitaciones pluviales, los ciclones tropicales, los escurrimientos y las inundaciones que han impactado en el territorio nacional, finalmente se proponen políticas para la prevención y mitigación para esta clase de fenómenos.

En el capítulo 3 se conocerán los tipos de riesgos y accidentes de origen químico tales como localización o generación por movimiento, también se seleccionarán medidas de mitigación.

En el capítulo 4 se hará un análisis de la capacidad de reacción de la ingeniería civil, a través de localizar la infraestructura de la industria de la construcción en el país, se propondrá una

logística de aprovisionamiento para contribuir a mitigar el impacto del desastre y se llevará a cabo un estudio de un caso.

Finalmente se presentarán las conclusiones del trabajo y algunas recomendaciones puntuales para la reducción del riesgo de desastre en la República Mexicana.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Los conceptos sobre prevención de desastres y protección civil en la República Mexicana son relativamente recientes, éstos han tomado relevancia después de los sismos de 1985, donde la gran pérdida de vidas humanas y el altísimo impacto socioeconómico provocaron el mayor desastre natural documentado en la historia del país.

A partir de este evento, la Secretaría de Gobernación estableció el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), definido como un "Conjunto orgánico y articulado de estructuras y relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establezcan las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos privados y sociales y con las autoridades de los estados y municipios a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de ciudadanos contra peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre" (Secretaría de Gobernación, 1986).

La República Mexicana está sujeta a una gran cantidad de fenómenos ya sea naturales o antropogénicos (causados por el hombre), en la Tabla 1 se presenta un resumen de los fenómenos que han causado mayor número de muertes y pérdidas económicas en los últimos 20 años.

Tabla 1 Efectos económicos de desastres documentados en México, en millones de dólares (Bitrán, 2001)

Año	Fenómenos documentados	Muertos	Total de daños
1980	Sequías en el norte del país y otros	3	310.4
1982	Huracán Paul, erupción Chichonal y otros	50	314.0
1984	Explosión San Juanico y otros	1,000	26.3
1985	Sismo Ciudad de México, lluvias Nayarit y otros	aprox. 5,000	4,159.8
1986	Incendios	0	1.5
1987	Nevadas	6	0.3
1988	Huracán Gilberto, flamazo oleoducto y otros	692	2,092.9
1989	Incendios	0	648.0
1990	Huracán Diana y otros	391	94.5
1991	Explosión planta petrolera y otros	11	167.5
1992	Explosión Guadalajara y otros	276	192.5
1993	Huracán Gert y otros	28	125.6
1994	Sequías y otros	0	3.8
1995	Huracanes Opal e Ismael, sismo Guerrero-Oaxaca, explosión gasoductos y otros	364	689.6
1996	Heladas y otros	224	5.3
1997	Huracán Paulina y otros	228	447.8
1998	Lluvias Chiapas y otros	199	2,478.8
1999	Sismos e inundaciones	313	1,100.0

Con base en lo anterior, en este trabajo se justificará la importancia de la participación de la ingeniería civil en los programas de protección civil y en los subprogramas que la componen: prevención, auxilio y recuperación. Es importante señalar que la estructura y funcionamiento del SINAPROC está diseñada para ser aplicada a los 3 niveles de acción (federal, estatal y municipal), y que contempla la participación de los diferentes sectores (público, privado y social). De aquí que el estudio de las condiciones físicas, la atención a la emergencia y la rehabilitación y reconstrucción del sistema afectado sea realizado de manera directa por grupos multidisciplinarios, con una participación preponderante de la ingeniería civil.

Existen diversas clasificaciones de los riesgos de desastres. En la República Mexicana, el SINAPROC ha tomado una clasificación basada en el tipo de agente perturbador que los produce.

Así los riesgos se clasifican en los de origen geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario y socio-económicos. En la Tabla 2 se presenta un resumen de daños y número de víctimas por tipo de evento, cabe mencionar que se consideraron 75 eventos (fenómenos de origen geológicos, hidrometeorológicos y químicos) de magnitud significativa, del análisis de esta podemos observar . Que el mayor número de muertos se debe a fenómenos de tipo geológico (60 %) y que las pérdidas económicas considerando los fenómenos de tipo hidrometeorológico y geológico son de alrededor del 90 % del total. Haciendo un promedio anual durante éstas dos últimas décadas podemos considerar pérdidas de alrededor de 500 vidas humanas y 7,000 millones de pesos.

Tabla 2 Síntesis de víctimas y daños ocurridos por desastres en México de 1980 a 1999 por tipo de evento, en millones de dólares (Bitrán, 2001)

Tipo de fenómeno	Muertos	Daños directos	Daños indirectos	Total
Hidrometeorológico	2,767	4,402.3	144.9	4,547.2
Geológicos	6,097	4,043.7	516.4	4,560.1
Químicos y - Ambientales	1,250	1,149.7	133.6	1283.3
Total	10,114	9,595.7	794.9	10,390.6

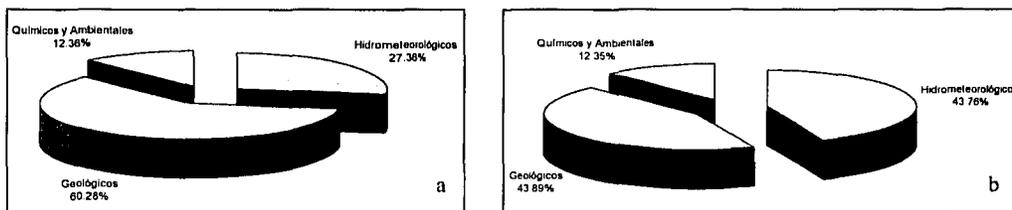


Figura 1 Porcentaje de a) víctimas y b) pérdidas económicas por tipo de evento.

Para conocer más sobre nociones fundamentales del riesgo, se harán algunas precisiones. Se llama peligro P, a la probabilidad de que se presente un fenómeno de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños. Se define como grado de exposición E, a la cantidad de personas, bienes materiales, servicios públicos, vías de comunicación y cultivos que se encuentran en el sitio considerado y que es factible sean dañados por el evento. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión del grado de exposición a ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad de daño. Finalmente, el riesgo es el resultado de los tres factores, que se obtiene como

$$R = P \times E \times V \quad (1)$$

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad} \quad (2)$$

En este esquema, el riesgo se expresa como un resultado posible de un evento; ya que P y V son dos probabilidades; si E se puede expresar en términos monetarios, R resulta igual a la fracción del costo total de los sistemas expuestos que se espera sea afectada por el evento en cuestión.

Como ejemplo, tomemos el riesgo de daño por incendio en el estado de Yucatán (Zepeda, 2003). El peligro es la probabilidad de que se presenten en el sitio incendios de gran intensidad; para obtener el riesgo hay que multiplicar esa probabilidad (en este caso tomada como presencia de material combustible) por la densidad de población que existe en el sitio y por la fracción de esa densidad de población que es de esperarse sea afectada por un incendio. En la Figura 2 se presenta de manera gráfica una aplicación derivada de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la obtención de un índice de riesgo por incendios en Yucatán, siguiendo la metodología antes descrita.

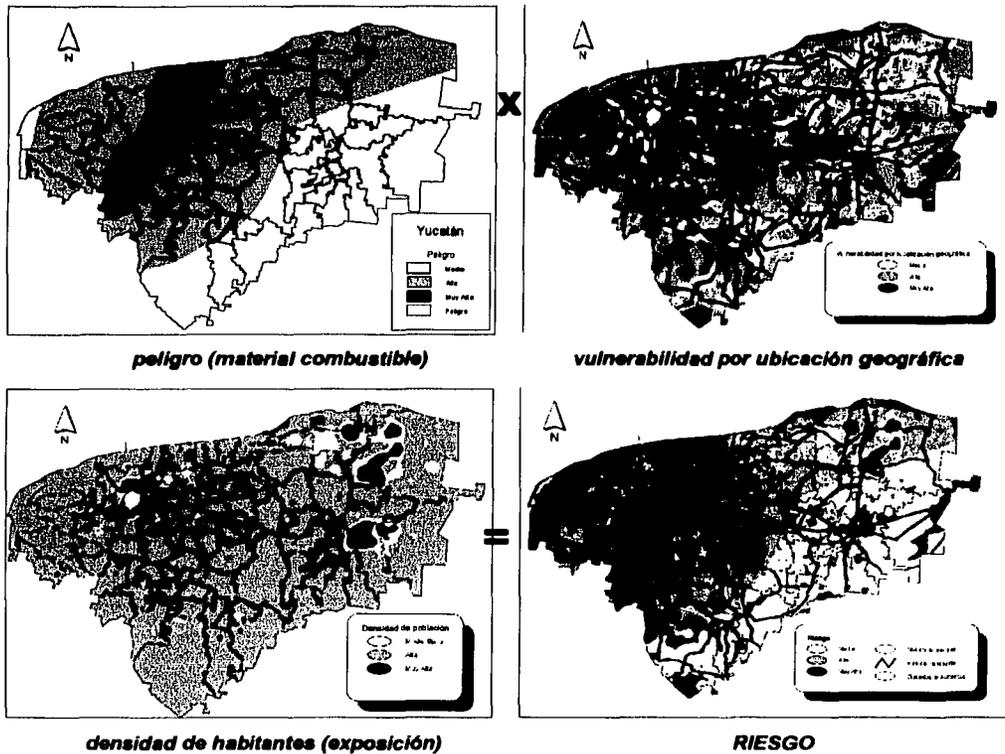


Figura 2 Descripción gráfica de la obtención del índice de riesgo para incendios forestales en el estado de Yucatán

La forma más común de representar el carácter probabilístico del fenómeno es en términos de un periodo de retorno (o de recurrencia), que es el lapso que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad. Por ejemplo, se pueden representar en un mapa curvas de velocidad de viento con un periodo de retorno de 100 años, lo que significa que en un sitio al que corresponde la curva marcada con 120 km/h, se presenta en promedio cada 100 años un viento con una velocidad igual o superior a dicho valor. De manera semejante puede hablarse de una precipitación pluvial de 150 mm/día, que tiene un periodo de retorno de 50 años en cierto sitio, o de un sismo de intensidad IX en la escala de Mercalli que tiene un periodo de retorno de 500 años en cierto lugar, o que cierto escenario eruptivo de un volcán, que implique flujos piroclásticos en una zona determinada, tiene un periodo de retorno de 5000 años.

Los estudios para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos se basan principalmente en las estadísticas que se tienen sobre la incidencia de los mismos. Los servicios meteorológicos, sismológicos, etc., realizan el monitoreo y llevan estadísticas de los fenómenos, de las que se pueden derivar estimaciones de probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas. En muchos casos las estadísticas cubren lapsos mucho menores que aquellos necesarios para determinar los periodos de retorno útiles para diagnóstico de riesgo. Por ello, es necesario recurrir a fuentes de información indirecta para deducir la frecuencia con que se han presentado ciertos eventos extremos.

Por ejemplo, para los grandes terremotos y las erupciones volcánicas permanecen evidencias geológicas de su ocurrencia y es factible estimar fechas aproximadas de los distintos eventos de gran intensidad que han ocurrido y de allí los periodos de retorno correspondientes.

El concepto de período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años.

Si se considera que una de las acciones más efectivas en la etapa de prevención de desastres es la identificación de riesgos derivados del impacto de los principales fenómenos, tenemos entonces, que la participación del ingeniero civil, especialista en ingeniería sísmica, hidráulica, en mecánica de suelos o ambiental, sea muy importante y a que para realizar un diagnóstico de peligros y sea a escala nacional o a un nivel regional se requiere conocer la problemática que pueda existir e identificar de manera adecuada las regiones que requieren de una atención prioritaria ante la ocurrencia de cualquier tipo de fenómeno destructivo. La República Mexicana está sujeta a una gran cantidad de fenómenos (Secretaría de Gobernación, 1991), de aquí que el estudio de las condiciones físicas y socioeconómicas particulares del lugar a diagnosticar sea realizado de manera directa por investigadores de diversas áreas. La participación del ingeniero civil en la parte de investigación y desarrollo tecnológico ha ido en aumento, partiendo del estudio de las causas del fenómeno, se ha pasado a las propuestas, medidas y desarrollo de planes que contribuyen a la reducción del impacto sobre los sistemas afectables.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de las acciones que relacionan las diversas ramas de la ingeniería civil con los subprogramas que integran la protección civil: prevención, auxilio y recuperación, así como una pequeña reseña de las actividades con las que se involucra directamente el ingeniero civil.

Tabla 3 Ramas de la Ingeniería Civil que confluyen en la prevención de desastres, la mitigación de sus efectos y en las labores de reconstrucción

Rama	Subprograma	Fenómenos	Actividades
Ambiental	prevención auxilio recuperación	socio-organizativos químicos	Análisis y diagnóstico de riesgos ambientales, Estudios sobre la capacidad instalada para el manejo, transporte, tratamiento, destrucción o disposición final de residuos peligrosos Estudios de impacto ambiental Construcción de vivienda e infraestructura de acuerdo a códigos de construcciones
Construcción	prevención recuperación	geológicos hidrometeorológicos	Respuesta inmediata para la reconstrucción de sistemas afectados por fenómenos destructivos
Costos	recuperación	todos	Evaluación del impacto de los fenómenos destructivos Actualización de códigos de construcciones
Estructural	prevención auxilio recuperación	geológicos hidrometeorológicos	Evaluación estructural de la vivienda e infraestructura tras el impacto de un fenómeno Análisis y diagnóstico de peligro y riesgo por fenómenos hidrometeorológicos
Hidráulica	prevención auxilio recuperación	hidrometeorológicos	Evaluación del impacto en sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado Diseño de obras hidráulicas de prevención Diseño de obras hidráulicas para contención
Mecánica de suelos	prevención recuperación	geológicos hidrometeorológicos	Análisis y diagnóstico de fenómenos relacionados con la mecánica de suelos
Sísmica	prevención	geológicos	Análisis y diagnóstico de peligro y riesgo sísmico Análisis de rutas de evacuación
Transporte	prevención auxilio recuperación	todos	Diseño de planes integrales de transporte de sustancias peligrosas Evaluación del impacto de un fenómeno en Infraestructura de transporte
Planeación, Sistemas e Investigación de operaciones	prevención auxilio recuperación	todos	Actualización del Sistema Nacional de Protección Civil Implementación de programas y metodologías para intervención óptima después de un desastre Diagnóstico de la capacidad de respuesta de la Industria constructora del país

Sin embargo, donde incide de manera directa y efectiva la ingeniería y el ingeniero puede apoyar de manera importante a la reducción del riesgo, es en la disminución de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, ya que sabemos que el entorno físico, que es donde transcurre la vida humana, debe ser, de manera instintiva, seguro y construido de manera que no se vea afectada la vida humana además de proporcionarle protección a sus bienes y no para constituir en sí mismo una fuente latente de peligro.

Parte importante de la ingeniería civil es el diseño e implementación de planes de prevención y procedimientos de aprovisionamiento e implementación de logística, a través de

- Conocimiento de la topografía, vías de comunicación, número de habitantes, número de viviendas, tipo de clima, etc. de la zona en donde se registró el impacto del fenómeno
- Revisión, actualización y/o elaboración de reglamentos de construcciones y de normas técnicas complementarias, que contribuyen con su aplicación a que las construcciones se lleven a cabo con niveles mucho más elevados de seguridad ante diferentes fenómenos.
- El desarrollo y planeación de sistemas que incluyan la capacidad constructiva en los estados del país, así como la localización y capacidad de respuesta de la industria de la construcción en su ámbito material, financiero y humano.

Otro de los campos en los que la ingeniería civil concreta es llevando a cabo evaluaciones muy precisas de la vulnerabilidad, haciendo énfasis en la vulnerabilidad física (hospitales, escuelas, líneas vitales, presas, sistema carretero, etc.), cabe mencionar que estas evaluaciones de la vulnerabilidad requieren de estudios detallados y de visitas a campo por parte de personal técnico especializado.

Para este trabajo el sistema afectable a considerar es la Republica Mexicana, que según datos del XII Censo General de Población y Vivienda 2000(INEGI), en el territorio nacional hay edificadas 21 948 060 viviendas particulares habitadas por 97 361 711 ocupantes, establecidos en un área de 1 964 375 km². Según datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO) se establece que en las 151 ciudades con mayor riesgo sísmico 32.1 millones de habitantes están expuestos a este evento; de los 35 volcanes activos en el país, 14 se consideran de alto riesgo y amenazan a alrededor de 20 millones de personas y los ciclones pueden afectar a 74 ciudades en las que habitan 12 millones de personas.

Se precisa que parte importante de este trabajo está basado en dos obras editadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, la primera es el "Diagnóstico de Peligro e Identificación de Riesgos de Desastre en México" y la segunda el "Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre 2001-2006", además de bibliografía especializada y datos estadísticos del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) y de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).

La aportación del alumno se basa en la investigación , recopilación de información y el estudio de los diferentes fenómenos presentados en este trabajo.

CAPÍTULO 1

RIESGOS GEOLÓGICOS

1.1 ANTECEDENTES

Los fenómenos geológicos son los relacionados con la dinámica del interior o de la superficie terrestre. Las calamidades de tipo geológicas se clasifican en: agrietamiento, colapso de suelos, deslave y deslizamiento de talud, erosión, flujo de lodo, hundimiento regional, maremoto (tsunami), sismo o terremoto y vulcanismo (Gelman, 1996).

La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas; el peligro generado por este tipo de fenómenos se pueden conocer de manera más o menos precisa ya que se manifiestan en áreas o regiones delimitadas.

Los tsunamis, también conocidos como maremotos, son una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un sismo. Pueden arribar a los costas con gran altura y provocar efectos destructivos, la gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos cuyo epicentro se encuentra a pocos kilómetros de la costa del Océano Pacífico en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino.

Otro tipo de fenómenos son los que se presentan en la superficie de la tierra y que tienen su origen por la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad (deslizamientos o colapsos), o a la extracción del agua del subsuelo (hundimientos y/o agrietamientos locales y/o regionales).

Los daños ocasionados por fenómenos de tipo geológico en la República Mexicana han sido ligeramente superiores a los de tipo hidrometeorológico e inmensamente mayores a cualquier otro tipo de fenómeno. Las pérdidas promedio ocasionadas por este tipo de amenazas ascienden a por lo menos 230 millones de dólares anuales y en cuanto al número de muertos, escapa de la estadística ya que un solo evento sobrepasó de manera importante el número de muertos producido por cualquier otro fenómeno (sismo 1985).

Tabla 1.1 Síntesis de víctimas y daños por fenómenos de tipo geológico de 1980 a 1999, en millones de dólares (Bitrán, 2001)

Evento	No. muertos	Daños directos	Daños indirectos	Daños totales
Erupción del Volcán Chichonal 1982	42	117.0	-	117.0
Sismo, 1985	6,000	3,589.0	515.0	4,104.0
Erupciones Popocatepetl 1993-1998	5	12.0	-	12.0
Sismo en Guerrero y Oaxaca 1995	n.d.	21.1	-	21.1
Sismo en Puebla y Oaxaca, 1999	15	139.9	11.2	151.1
Sismo en Oaxaca, 1999	35	153.6	1.4	155.0
Otros	15	151.0	-	151.0
Total	6,097	4043.7	516.4	4560.1

n.d.= no disponible

En los siguientes subcapítulos se presenta una recopilación de información relevante sobre sismos, volcanes y tsunamis, considerando de manera general, que el conocimiento sobre las amenazas y sus efectos pueden orientar los esfuerzos en materia de prevención y mitigación del riesgo de desastre hacia la preservación de la vida humana y los bienes materiales.

1.2 SISMOS

1.2.1 Antecedentes

Por su ubicación geográfica, La Republica Mexicana se encuentra permanentemente sujeta a sismos que en el transcurso de la historia han tenido un significado especial para sus habitantes, tanto por su frecuencia como por los fuertes daños que han ocasionado, particularmente los ocurridos en la Ciudad de México en septiembre de 1985.

En la dinámica de la naturaleza de nuestro país, la presencia de fallas geológicas activas y la acción de las placas tectónicas son factores siempre presentes. En la ciudad capital, y en otras ciudades del país, a estos elementos se adicionan características adversas del subsuelo y gran densidad poblacional, las cuales propician riesgo sísmico.

1.2.2 La teoría de tectónica de placas

Para esbozar esta teoría consideremos en primer lugar la estructura interna de la Tierra. En la Figura 1.1 podemos ver esquemáticamente su constitución. El núcleo terrestre está compuesto en gran parte por elementos metálicos como el de hierro y el níquel. El manto terrestre tiene una composición a base de silicatos abundantes en potasio, sodio y calcio. El cascarón más externo de la Tierra, el cual comprende la corteza y parte del manto, con un espesor de aproximadamente 100 Km, parece comportarse como un cuerpo rígido "flotando" en el resto del manto en donde pueden presentarse movimientos como si se tratara de un fluido. Esta conducta semejante a la de un fluido tiene sentido solamente en tiempos geológicos, es decir, en tiempos del orden de millones de años.

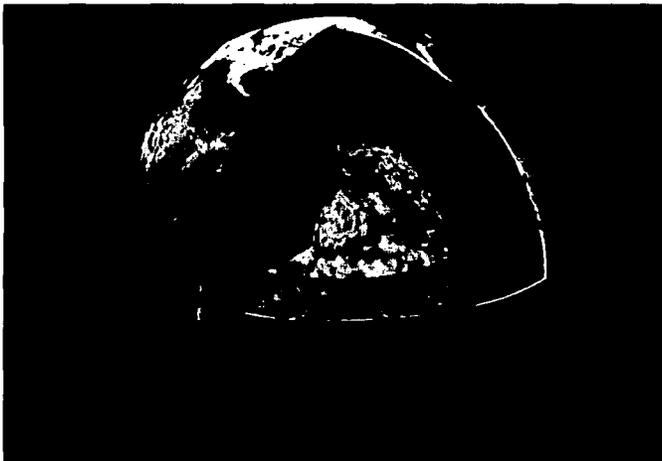


Figura 1.1 Esquema de la composición interna de la tierra (modelo de Calvin J. Hamilton)

En éste modelo del interior de la tierra, podemos apreciar las capas de la tierra, en diferentes colores. En el centro se encuentra el núcleo interno de 2 400 Km. Por encima de éste se encuentra el núcleo externo (marrón claro). Rodeando al núcleo externo, encontramos al manto (marrón oscuro). Y finalmente sobre el manto está situada la corteza.

Aunque por la apariencia texturizada; el interior pueda parecer sólido, cabe recordar que tanto el manto como el núcleo externo son cámaras líquidas, densas y viscosas.

El cascarón exterior llamado litósfera no es continuo sobre la superficie de la Tierra, sino que está formado por diferentes "placas", que hacen contacto unas con otras, como los gajos de una pelota de fútbol. Las placas sufren movimientos relativos, debidos a fuerzas de origen aún no completamente conocido, aplicadas a lo largo de las mismas. Como la superficie del planeta esta cubierta por las placas, el movimiento relativo entre ellas solo se logra si en algunos de los márgenes de las mismas se está creando nueva litosfera mientras que en otros márgenes algunas de ellas "cabalgan" o se enciman sobre otras; un proceso al que se conoce actualmente como subducción (Figura 1.2).

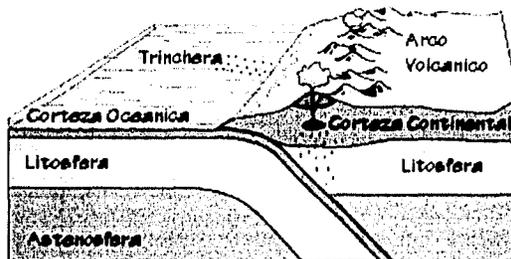


Figura 1.2 Convergencia de placas tectónicas

Debido a estos movimientos los continentes han variado su posición relativa a través del tiempo geológico y se cree que en un tiempo estuvieron todos reunidos en un gran continente llamado Pangea. Esto nos explica el ajuste que existe entre, por ejemplo, las costas de Sudamérica y África. La Figura 1.3 nos muestra, la distribución geográfica de estas placas. Las zonas de creación de nueva litosfera se presentan como cordilleras submarinas y las zonas de subducción forman a menudo trincheras submarinas de gran profundidad. Podemos también notar que las diferentes placas no coinciden con los continentes y los océanos, sino que pueden tener corteza continental y oceánica.



Figura 1.3 Distribución actual de las placas tectónicas

No se sabe con certeza qué causa los esfuerzos que producen los movimientos de las placas, pero se cree que éstos son producidos por transferencia convectiva de calor, término que significa que el calor es llevado de un lugar a otro por el movimiento mismo del medio. Un ejemplo de este proceso, mas cercano a nuestra experiencia, ocurre cuando se hierve agua o cualquier otro líquido. El fluido más cercano a la fuente de calor se expande, se vuelve menos denso y tiende por lo tanto a subir a la superficie donde se enfría y es desplazado hacia el fondo por las nuevas parcelas ascendentes. De esta manera se establece un proceso continuo de ascenso y descenso del liquido en celdas permanentes formadas por las corrientes del fluido, ver Figura 1.4.

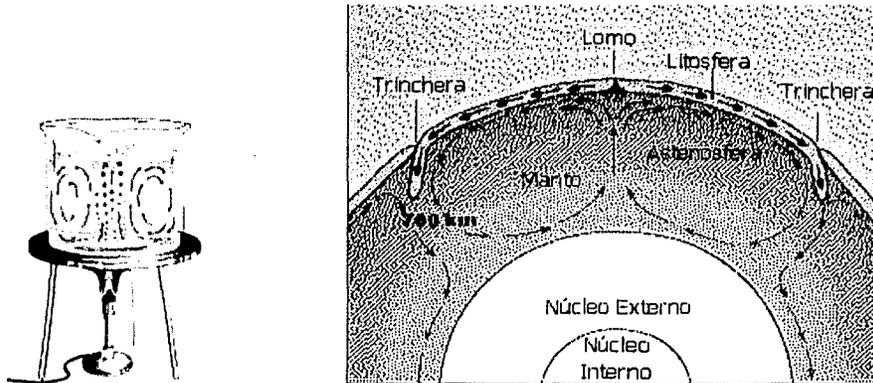


Figura 1.4 Fenómeno de convección en el interior de la tierra

1.2.3 Marco tectónico en la República Mexicana

México es uno de los países del mundo con mayor actividad sísmica debido a que se encuentra localizado dentro del Cinturón Circumpacífico. Según datos estadísticos, se registran más de 90 sismos por año con magnitud superior a cuatro grados en la escala de Richter (OPS, 1987), lo que equivale a un 60 % de todos los movimientos telúricos que se registran a nivel mundial.

El territorio nacional, asociado al Cinturón Circumpacífico, se encuentra afectado por la movilidad de cuatro placas tectónicas: la de Norteamérica, Cocos, Rivera y del Pacífico. En la Figura 1.5 se muestra la configuración de estas placas; las flechas indican las direcciones y velocidades promedio de desplazamiento relativo entre ellas.

El mecanismo de generación de los temblores con mayor magnitud en México se debe, básicamente, a dos tipos de movimiento entre placas. A lo largo de la porción costera de Jalisco hasta Chiapas, las placas de Rivera y Cocos penetran por debajo de la Norteamericana, ocasionando el fenómeno de subducción. Por otra parte, entre la placa del Pacífico y la Norteamericana se tiene un desplazamiento lateral cuya traza, es visible en la superficie del terreno; esto se verifica en la parte norte de la península de Baja California y a lo largo del estado de California, en los Estados Unidos.

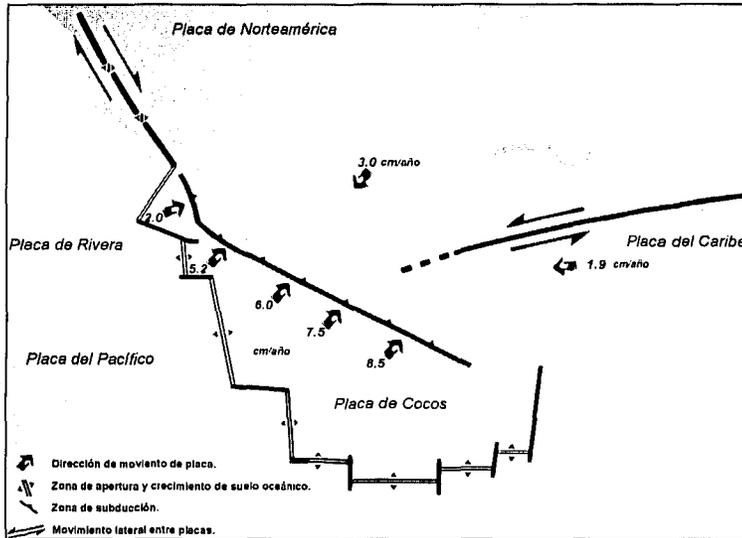


Figura 1.5 Mecanismo de generación de sismos por movimiento de placas tectónicas en México

Otro tipo de sismos, que aunque menos frecuentes que los anteriores son los que se generan en la parte interna de las placas (intraplaca), lejos de sus bordes, aun en zonas donde se ha llegado a suponer un nivel ínfimo de sismicidad. La energía liberada por estos temblores así como las profundidades en las que se originan, son similares a las de eventos interplaca. Los ejemplos más importantes de este tipo son los sismos de Bavispe, Sonora, en 1887, Acambay, Estado de México, en 1912 (Figura 1.6) y enero de 1931 en Oaxaca.

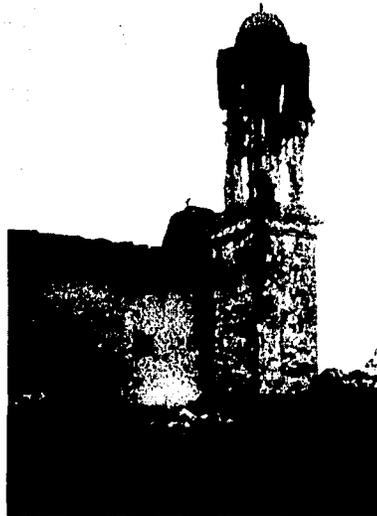


Figura 1.6 Iglesia de San Juan de los Jarros dañada por el sismo del 19 de noviembre de 1912 (Mw 7.8) en Acambay, Estado de México

1.2.4 Intensidad y Magnitud

Generalmente, al describir un gran sismo, además de su epicentro se mencionan valores de magnitud e intensidad: estos dos últimos términos aluden a fenómenos distintos y son frecuentemente confundidos.

1.2.4.1 Intensidad

Se refiere a un lugar determinado; se asigna en función de los efectos causados por el sismo en el sistema afectable (principalmente en sus construcciones e infraestructura). Esta medición resulta subjetiva, ya que la manera de clasificar los efectos depende de la sensibilidad y de la apreciación particular de los efectos.

En 1902 Giuseppe Mercalli propuso una escala con doce grados, la cual fue modificada en 1931 por H. Hood y F. Newmann, para construcciones más modernas, ésta se le conoce como Escala de Mercalli Modificada. En la Tabla 1.2 se presenta la escala y la descripción de sus grados.

Tabla 1.2 Escala de intensidad Mercalli-Modificada abreviada

I.	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II.	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III.	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV.	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas, y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V.	Sentido por casi todos, muchos se asustan y salen ala exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de calda de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VI.	Todo el mundo corre al exterior. Daño significativo en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerables en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII.	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX.	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X.	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI.	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII.	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

(Bolt, 1978)

Para poder conocer y localizar geográficamente los daños producidos por cualquier sismo de cierta magnitud resulta de especial importancia la representación cartográfica de mapas de intensidades sísmicas. En éstos se presentan áreas definidas por curvas de igual grado de intensidad, denominadas Isosistas y permiten llevar a cabo comparaciones geográficas de los niveles de daño y las áreas de afectación producidas por un sismo específico. En la Figura 1.7 se presenta las Isosistas producidas por el sismo del 19 de septiembre de 1985, al analizarse de manera empírica se observa

que las intensidades disminuyen conforme se alejan del epicentro del sismo, sin embargo resulta aleccionador que en algunos sitios las intensidades incrementaron su valor ostensiblemente con respecto a las que las rodeaban, específicamente en la Ciudad de México y Ciudad Guzmán, Jalisco donde los daños y efectos se incrementaron de manera parecida a la región epicentral, debido a condiciones particulares del terreno,

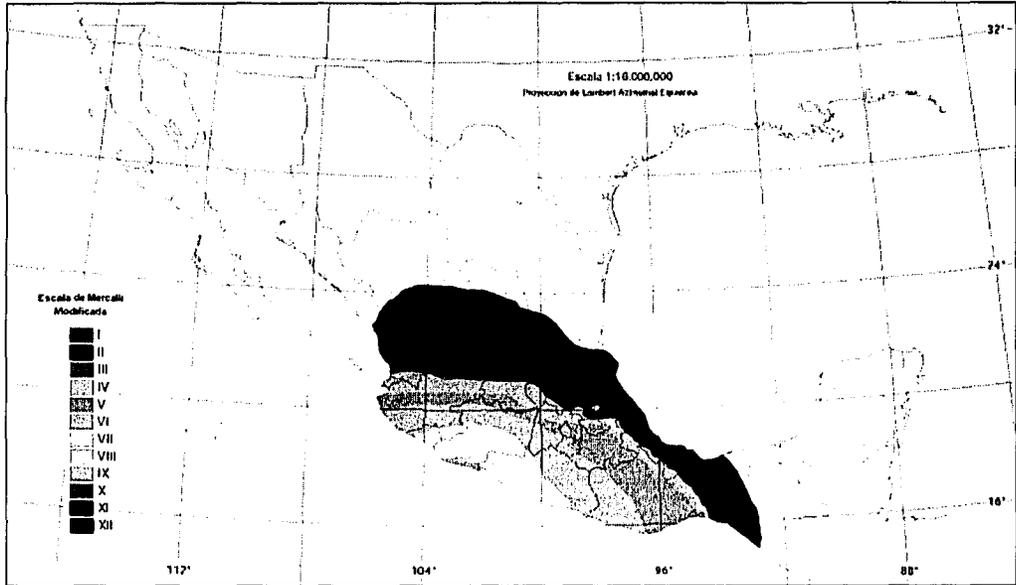


Figura 1.7 Isosistas del 19 de septiembre de 1985 (A. Martínez y C. Javier)

1.2.4.2 Magnitud

Magnitud : Es una medida cuantitativa del tamaño de un sismo, independientemente del lugar de observación. Se calcula a partir de mediciones de amplitud registradas en sismogramas y se expresa en una escala logarítmica en números arábigos y decimales. La escala de magnitud que más se usa es la de Richter y se denota por M. Esta definida como.

$$M = \log A - \log A_0$$

Donde A es la amplitud máxima de la traza registrada por un instrumento estándar para un sismo dado a una distancia dada y A₀ es la amplitud máxima para un sismo particular seleccionado como estándar. Los sismólogos miden la magnitud en términos de diferentes tipos de movimiento del suelo, tales como ondas de cuerpo, Mb, u ondas de cortante, Ms. dichos valores son muy parecidos La magnitud más grande registrada hasta ahora es de M=8.9

Con el objeto de tener certeza en el tamaño de los sismos, se necesita de una medida que no dependa de características particulares del entorno fisiográfico. Una manera de evaluar el tamaño efectivo de un temblor es por medio de la implementación de instrumentos que registren el total de energía liberada por el sismo, independientemente de su localización.

La deformación liberada durante un sismo se considera proporcional a la raíz cuadrada de la energía liberada. La relación entre energía E (en ergios), y magnitud M para sismos superficiales, según Richter es

$$\log_{10} E = 11.4 + 1.5 M$$

La magnitud de un sismo se puede comparar con las explosiones nucleares por ejemplo una bomba de un megaton libera aproximadamente 5×10^{22} ergios, sin embargo, solamente una pequeña fracción de ella se convierte en ondas sísmicas. Sería necesario aproximadamente 50 megatones para producir una energía sísmica del orden de un sismo de magnitud de 7.3 en la escala de Richter.

En 1932, Charles Richter desarrollo una escala estrictamente cuantitativa. Preciso la escala de magnitud (M), basada en la evaluación de sismos en la costa de California.

Esta escala implica que una diferencia de un grado de magnitud entre dos sismos, en términos de energía liberada implica una diferencia de 32 veces. Así, un sismo de magnitud 8 equivale de manera aproximada, en términos de energía liberada, a

32	sismos de magnitud	7
1000	sismos de magnitud	6
32,000	sismos de magnitud	5
ó 1'000,000	de magnitud	4

1.2.4 Sismicidad en México

Durante el siglo XX en la república Mexicana han ocurrido 71 sismos de gran magnitud ($M \geq 7.0$), Figura 1.7 Aproximadamente el 70 % de esos eventos tuvo su origen a profundidades menores de 40 km, lo que conjuntamente a sus magnitudes y frecuencia de ocurrencia implica un nivel de peligro considerable. En la Tabla 1.3 se presentan las característica y fechas de estos sismos. Para cada evento se presenta el valor máximo de magnitud de una de las tres escalas más usadas en la investigación sismológica, m_b (magnitud de ondas de cuerpo), M_s (magnitud de ondas superficiales) o M_w (magnitud de momento sísmico), de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, Además se presentan de manera particular las magnitudes M_s para la mayoría de los eventos, en vista que son las más utilizadas en estaciones de riesgo sísmico reportadas generalmente por los medios de comunicación como valores en la escala de Richter

En Vulcanología en contraste con la sismología en la que se mide el tamaño de un temblor en función de la energía elástica que libera en forma de ondas sísmicas.

Para medir el tamaño de una erupción volcánica es un problema que no esta del todo resuelto Walker (1980) sugirió que se necesitan cinco parámetros para caracterizar adecuadamente la naturaleza y tamaño de una erupción explosiva.

Magnitud de masa.- es la masa total del material eruptado

Intensidad.- es la razón a la que el magma es expulsado (masa / tiempo)

Poder Dispersivo.-es el área sobre la cual se distribuyen los productos volcánicos y esta relacionada con la columna eruptiva.

Violencia.-es una medida de la energía cinética liberada durante las explosiones, relacionada con el alcance de los fragmentos lanzados.

Poder Destructivo.-es una medida de la extensión de la destrucción de edificaciones, tierras cultivables y vegetación, producida por una explosión.

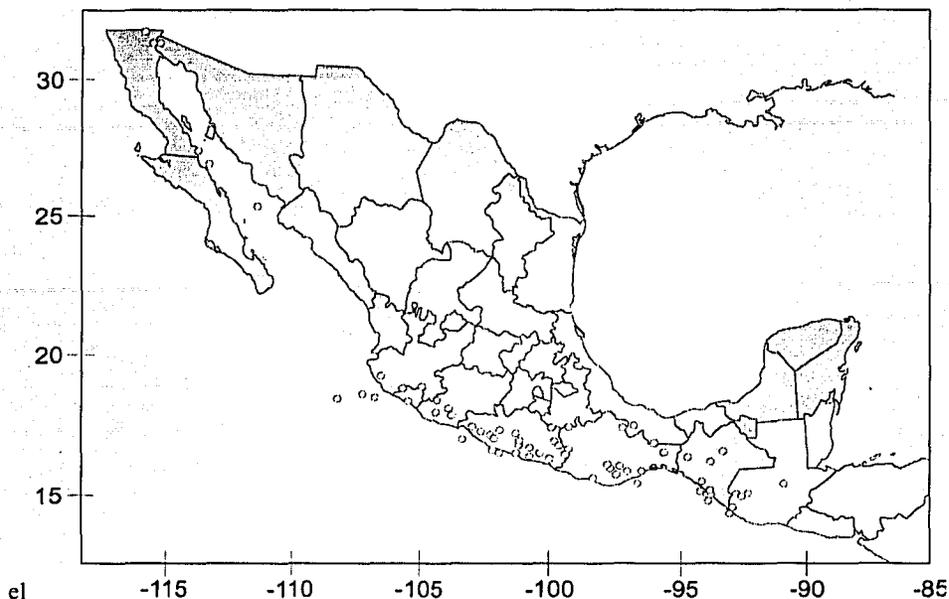


Figura 1.8 Sismos con magnitud mayor a 7 ocurridos durante el siglo XX en México

Tabla 1.3 Escala de intensidad Mercalli-Modificada abreviada

Año	Mes	Día	Lat°N	Long°W	Prof (Km)	M _{MAX}	M _s	Región
1900	01	20	20.000	105.000	33	7.4	7.3	Jalisco
1901	12	9	26.000	110.000	S	7.0	7.0	Golfo de México
1902	01	16	17.620	99.720	S	7.0	7.0	Guerrero
1902	04	19	14.900	91.500	25	7.5	7.4	Guatemala. (A 70 km de la frontera con México)
1902	09	23	16.500	92.500	25	7.7	7.7	Chiapas
1902	12	12	29.000	114.000	S	7.1	7.0	Baja California Norte
1903	01	14	15.000	93.000	S	7.6	7.6	Costa de Chiapas
1907	04	15	16.700	99.900	33	7.6	7.6	Costa de Guerrero
1907	10	16	28.000	112.500	10	7.1	7.1	Golfo de California
1908	03	26	16.700	99.200	33	7.5	7.5	Costa de Guerrero
1908	03	27	17.000	101.000	33	7.0	7.0	Costa de Guerrero
1909	07	30	16.800	99.900	33	7.2	7.2	Costa de Guerrero
1911	06	7	17.500	102.500	33	7.6	7.6	Jalisco
1911	12	6	16.900	100.700	50	7.5	7.5	Costa de Guerrero
1912	12	9	15.500	93.000	S	7.0	7.0	Costa de Chiapas
1914	03	30	17.000	92.000	150	7.2		Chiapas
1915	11	21	32.000	115.000	10	7.0	7.0	Baja California Norte
1916	06	2	17.500	95.000	150	7.0		Sur de Veracruz
1921	02	4	15.000	91.000	120	7.4		Guatemala. (A 120 km de la frontera con México)
1925	11	16	18.00	107.000	S	7.0		A 260 Km de las costas de Jalisco
1925	12	10	15.500	92.500	S	7.0	7.0	Chiapas
1928	03	22	15.670	96.100	33	7.5	7.3	Oaxaca
1928	06	17	16.330	96.700	33	7.6	7.6	Oaxaca
1928	08	4	16.830	97.610	33	7.4	7.4	Oaxaca
1928	10	9	16.300	97.300	33	7.5	7.4	Oaxaca
1931	01	15	16.340	96.870	40	7.8	7.6	Oaxaca

Tabla 1.3 Escala de intensidad Mercalli-Modificada abreviada (continuación).

Año	Mes	Día	Lat°N	Long°W	Prof (Km)	M _{MAX}	M _s	Región
1932	06	18	19.500	103.500	33	7.8	7.8	Jalisco
1934	11	30	19.000	105.310	33	7.0	7.0	Costa de Jalisco
1934	12	31	32.000	114.750	S	7.1	7.1	Baja California Norte
1935	12	14	14.750	92.500	S	7.3	7.2	Costa de Chiapas
1937	07	26	18.450	96.080	85	7.3	7.2	Oaxaca-Veracruz
1937	12	23	17.100	98.070	33	7.4	7.3	Oaxaca-Guerrero
1940	05	19	32.700	115.500	S	7.1	7.1	Baja California Norte
1941	04	15	18.850	102.940	33	7.6	7.5	Michoacán
1942	08	6	14.800	91.300	50	7.9	7.7	Guatemala. (A 80 km de la frontera con México)
1943	02	22	17.600	101.100	33	7.4	7.3	Guerrero
1944	06	28	15.000	92.500	S	7.1	7.1	Chiapas
1948	01	6	17.000	98.000	80	7.0	7.0	Oaxaca
1950	09	29	19.000	107.000	60	7.0	6.6	A 200 Km de Jalisco
1950	10	23	14.300	91.800	33	7.2	7.2	Guatemala. (A 50 km de la frontera con México)
1950	12	14	17.220	98.120	33	7.2	7.1	Oaxaca
1951	12	12	17.000	94.500	100	7.0		Oaxaca-Veracruz
1954	04	29	28.500	113.000	S	7.0	7.0	Golfo de California
1957	07	28	17.110	99.100	33	7.8	7.5	Guerrero
1962	05	11	17.250	99.580	33	7.2	7.0	Guerrero
1962	05	19	17.120	99.570	33	7.1	6.9	Guerrero
1964	07	6	18.030	100.770	55	7.2		Guerrero
1965	08	23	16.178	95.877	12	7.6	7.6	Oaxaca
1968	08	2	16.600	97.800	16	7.3	7.2	Oaxaca
1970	04	29	14.463	92.683	44	7.3	7.1	Costa de Chiapas
1973	01	30	18.412	103.019	24	7.6	7.3	Costa de Michoacán
1973	08	28	18.248	96.551	82	7.3	7.1	Oaxaca-Veracruz
1976	02	4	15.262	89.198	13	7.5	7.5	Guatemala. (A 150 km de la frontera con México)
1978	11	29	16.013	96.586	23	7.6	7.6	Oaxaca
1979	03	14	17.750	101.263	25	7.4	7.4	Guerrero
1980	10	24	18.174	98.222	65	7.1		Oaxaca-Puebla
1981	10	25	18.088	102.061	21	7.3	7.3	Costa de Guerrero
1982	06	7	16.516	98.339	19	7.0	7.0	Oaxaca-Guerrero
1983	12	2	14.032	91.956	35	7.0		Guatemala. (A 70 km de la frontera con México)
1985	09	19	18.419	102.468	15	8.1	8.1	Costa de Michoacán
1985	09	21	17.828	101.681	17	7.6	7.6	Costa de Michoacán
1986	04	30	18.361	103.045	22	7.0	7.0	Costa de Michoacán
1993	09	10	14.800	92.687	34	7.2	7.2	Costa de Chiapas
1995	09	14	16.752	98.667	21	7.3	7.2	Oaxaca-Guerrero
1995	10	9	18.993	104.245	25	8.0	7.3	Colima-Jalisco
1995	10	21	16.811	93.474	160	7.1		Chiapas
1996	02	25	15.880	97.980	15	7.1	6.9	Costa de Oaxaca
1997	01	11	18.340	102.580	40	7.1	6.9	Michoacán
1999	06	15	18.133	97.539	63	7.0	6.5	Puebla
1999	09	30	16.010	97.000	42	7.5	7.5	Oaxaca

Del análisis de la Figura 1.8 podemos observar que los sismos se concentran principalmente en la costa occidental de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, así como en la parte noreste de la península.

Como complemento importante para la figura anterior, se muestra en la Figura 1.9 la distribución de la sismicidad en el país durante 1997, elaborada por el Servicio Sismológico Nacional. Puede observarse que la distribución típica de la sismicidad de baja magnitud tiene, en general, una relación directa con la de los eventos de gran magnitud. También conviene volver a señalar que en regiones distintas a las fronteras entre placas, también se presentan eventos sísmicos con magnitudes que sólo en algunos casos llegan a representar un peligro mayor.



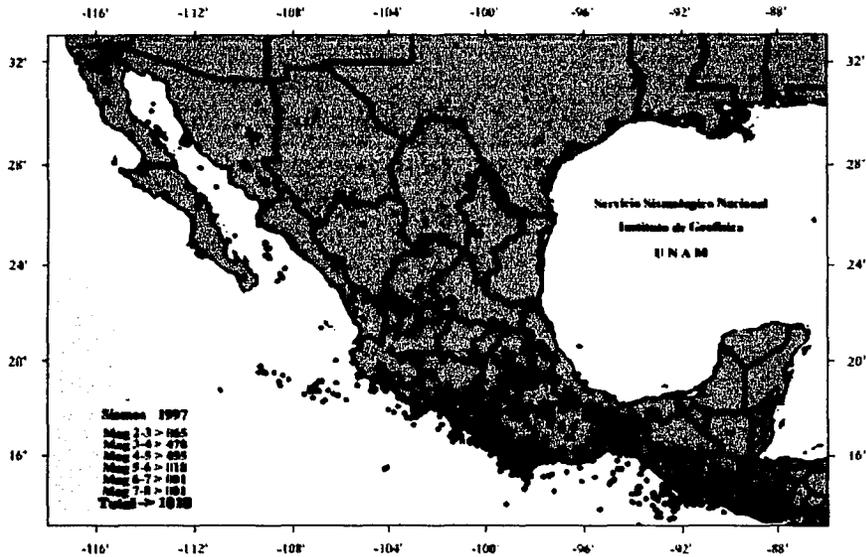


Figura 1.9 Sismicidad en México durante 1997

1.2.5 Periodos de retorno

Una manera real de representar el peligro por grandes sismos, es el cálculo de aceleraciones máximas posibles del terreno. Para el caso de México, se ha observado que aquellas aceleraciones que rebasan el 15% del valor de la aceleración de la gravedad ($g=9.81 \text{ m/seg}^2$), producen daños y efectos de consideración, sobre todo para los tipos constructivos que predominan en México. En la Figura 1.10 se muestran los periodos promedio con que pueden repetirse, para distintas regiones valores de aceleración de 0.15 g, o mayores. Se presenta, para distintas regiones, el número de años promedio que puede tardar en repetirse una aceleración del terreno de al menos 15 % de la aceleración de la gravedad.

Dichos valores representa un nivel de intensidad de movimiento del terreno a partir del cual pueden esperarse efectos y daños de importancia en el terreno natural y/o en las construcciones.

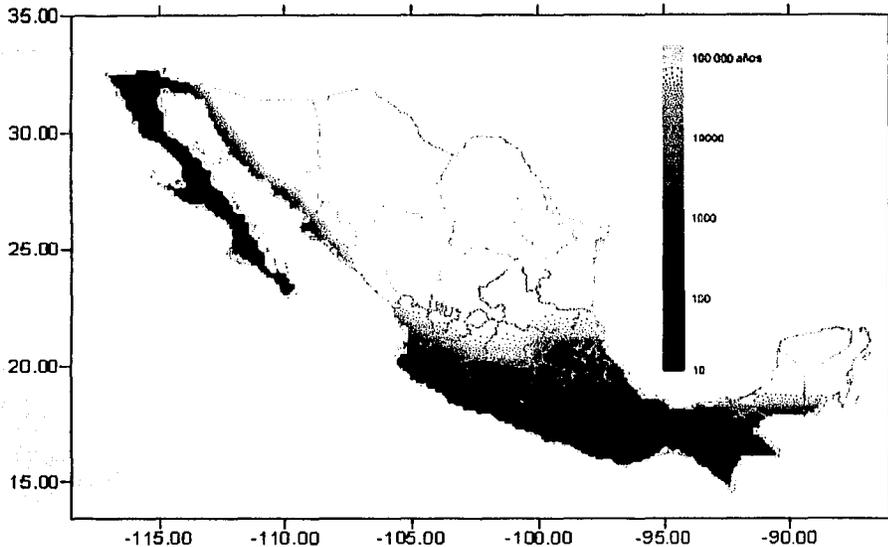


Figura 1.10 Períodos de retorno para aceleraciones mayores o iguales a 0.15 g (M. Ordaz)

1.2.6 Regionalización sísmica

Para conocer el nivel de peligro sísmico que tiene una región en particular, se recurre a la regionalización sísmica propuesta por la Comisión Federal de Electricidad a través de su Manual de Obras Civiles. La regionalización se clasifica en cuatro niveles (Figura 1.11). Esta clasificación del territorio se emplea en los reglamentos de construcción para fijar los requisitos (espectros de diseño) que deben seguir los ingenieros estructuralistas o especialistas para diseñar las edificaciones y obras civiles de tal manera que se encuentren dentro de los estados límite de diseño.

Otras fuentes para conocer la regionalización sísmica son: Regionalización Sismotécnica de la República Mexicana " Informe del Instituto de Geofísica a (CFE, UNAM de Zúñiga R y Tapia 1992), El Instituto de Ingeniería de la UNAM y el Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Empleando los registros históricos de grandes sismos en la República Mexicana, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud, se ha definido la Regionalización Sísmica de la República Mexicana.

Ésta se clasifica en cuatro zonas, La Zona A es aquella donde no se tienen registros históricos, no se han reportado sismos grandes en los últimos 80 años y donde las aceleraciones del terreno se esperan menores al 10 % del valor de la gravedad ($g=9.81 \text{ m/seg}^2$). En la zona D han ocurrido con frecuencia temblores mayores y las aceleraciones del terreno se esperan que sean superiores al 70 % de g. Las zonas B y C, intermedias a las dos anteriores, presentan sismicidad con menor frecuencia, o bien, están sujetas a aceleraciones del terreno que no rebasan el 17 % de g.

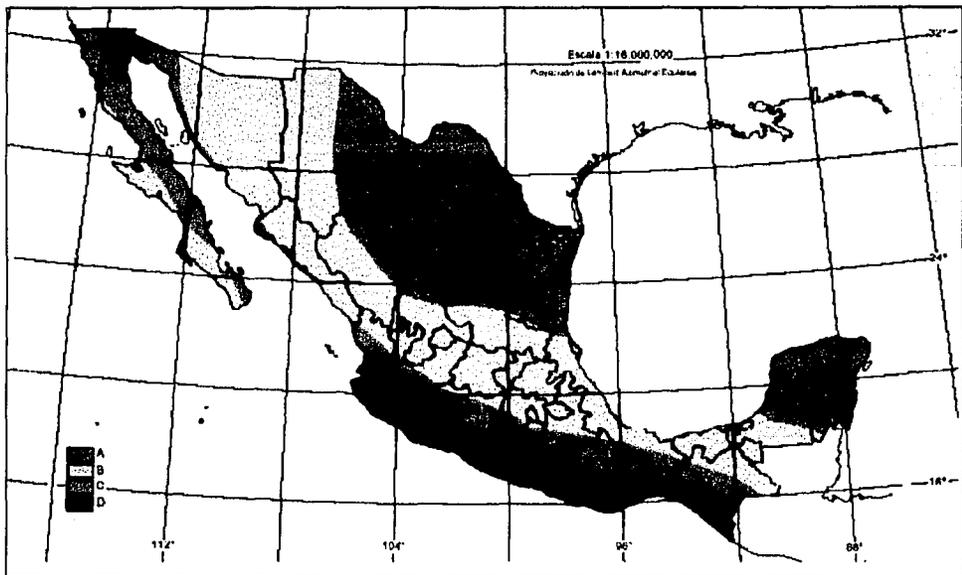


Figura 1.11 Regionalización sísmica de México (CFE)

1.2.7 Efectos de sitio

Como se mencionó anteriormente se ha podido comprobar que en algunas ocasiones la distribución de daños por sismos en áreas urbanas presenta variaciones debido al tipo de suelo donde se encuentran las edificaciones. Los daños son más severos en zonas con sedimentos poco consolidados, normalmente con grandes espesores en cuencas aluviales o depósitos de barra.

En la regionalización sísmica no se encuentran representadas aquellas áreas, generalmente valles aluviales, antiguas zonas lacustres, etc., donde el movimiento sísmico será amplificado, produciendo intensidades mayores a las del entorno, como se mostró en el mapa de Isosistas del 19 de septiembre de 1985 para la Ciudad de México y Ciudad Guzmán. Habitualmente se recurre a estudios de microzonificación y los correspondientes mapas detallados de la distribución de peligro sísmico a escala local

Por lo anterior, es necesario que para todas aquellas ciudades importantes o donde ya se hayan observado efectos de sitio, se realicen estudios que definan la distribución y características de los materiales superficiales, y en particular su respuesta dinámica, así como la presencia de laderas inestables o de fallas activas.

Como ejemplo de la distribución de materiales aluviales en valles se muestra, en la Figura 1.12, la zonificación geotécnica de la Ciudad de México. Los daños por sismos se han concentrado en la zona de lago, por esa razón se ha colocado la mayor cantidad de acelerógrafos con fines de investigación.

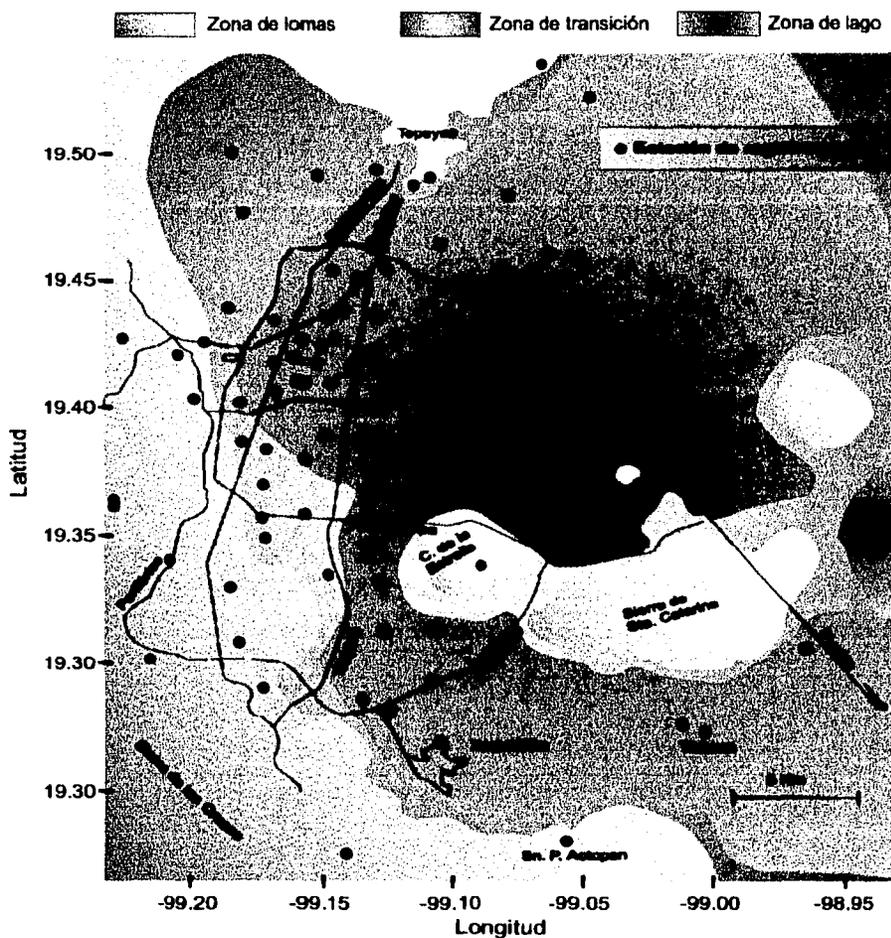


Figura 1.12 Zonificación geotécnica de la Ciudad de México

El terreno del valle de México se ha clasificado en tres tipos tomando en cuenta principalmente, su deformidad y resistencia.

I.- Terreno Firme o de lomas se localiza en las partes mas altas de la cuenca del valle de México, esta formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles.

II.- Terreno de Transición presenta características entre la zona 1 y la zona 3

III.- Terreno en zona del Lago se localiza en las regiones donde antiguamente se encontraban los lagos de Texcoco y de Xochimilco. El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos, con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas.

En la zona de lago, y en menor medida en la de transición, se presentan grandes amplificaciones de las ondas sísmicas, que hacen mucho más grave el peligro sísmico.

Nótese que la zona del lago es aquella donde se ha desarrollado la Ciudad de México (delegaciones Iztapalapa, Xochimilco, Tlahuac) y los daños por grandes sismos han sido mayores. Por tal motivo, como se puede ver en la figura, la instrumentación sísmica en esa zona se ha intensificado en los últimos años, Esto ha permitido conocer con mayor detalle el comportamiento del terreno ante la ocurrencia de grandes sismos.

Tabla 1.3.1. Espectros de diseño para estructuras del grupo B

Zona Sísmica	Tipo de suelo	A_0	c	T_a (s)	T_b (s)	r
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6	1/2
	II	0.04	0.16	0.3	1.5	2/3
	III	0.05	0.20	0.6	2.9	1
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6	1/2
	II	0.08	0.30	0.3	1.5	2/3
	III	0.10	0.36	0.6	2.9	1
C	I	0.36	0.36	0.0	0.6	1/2
	II	0.64	0.64	0.0	1.4	2/3
	III	0.64	0.64	0.0	1.9	1
D	I	0.50	0.50	0.0	0.6	1/2
	II	0.86	0.86	0.0	1.2	2/3
	III	0.86	0.86	0.0	1.7	1

Espectros para Diseño Sísmico (del Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo, CFE)

Las ordenadas del espectro de aceleraciones para diseño sísmico (a), expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, están dadas por las siguientes expresiones.

$$a = a_0 + (c - a_0) T / T_a ; \text{ si } T < T_a$$

$$a = c ; \text{ si } T_a \leq T \leq T_b$$

$$a = c (T_b / T)^r ; \text{ si } T > T_b$$

Donde a_0 es el coeficiente de aceleración del terreno, c el coeficiente sísmico y T es el periodo natural de interés; T_a y T_b son dos periodos característicos que delimitan la meseta y r un exponente que define la parte curva del espectro de diseño. Ver tabla de espectros de diseño para estructuras del grupo B. Para estructuras del grupo A multiplicar estos valores por 1.5 a fin de tener en cuenta la importancia de la estructura. Estos espectros de diseño son validos para estructuras de edificios.

1.3 TSUNAMIS

1.3.1 Antecedentes

El término tsunami es japonés: internacionalmente se usa para designar el fenómeno que en español se denomina maremoto. Es una secuencia de olas que se generan cuando cerca o en el fondo del océano ocurre un terremoto; a las costas pueden arribar con gran altura y provocar efectos destructivos: pérdidas de vidas y daños materiales. La gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en la zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino.

Los tsunamis de energía inicial extraordinaria pueden atravesar distancias enormes del Océano Pacífico hasta costas muy alejadas; por ejemplo, los originados en aguas de Chile en mayo de 1960 y de Alaska en marzo de 1964, que arribaron a litorales de México y causaron daños menores. Toda la costa del Pacífico de México está expuesta al arribo de estos maremotos de origen lejano.

Sin embargo, para México un riesgo aún mayor son los tsunamis generados por sismos en la Fosa Mesoamericana, que es la zona de hundimiento de la placa de Cocos y de la placa de Rivera bajo la Placa de Norteamérica, adyacente al litoral suroccidental.

El grado de desarrollo actual de la sismología no permite pronosticar cuándo ocurrirá un tsunami. Sin embargo, mediante acciones preventivas, de autoprotección y prudencia, si podemos disminuir y mitigar sus efectos.

1.3.2 Origen y Características de los Tsunamis

La gran mayoría de los casos el movimiento inicial que provoca la generación de los tsunamis es una dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano, ocasionada por un sismo. En el transcurso del siglo actual, éste ha sido el origen de aproximadamente el 94 % de los 450 tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico. Otros agentes causales menos frecuentes han sido: erupciones de volcanes sumergidos, impacto de meteoritos, deslizamientos submarinos y explosiones nucleares.

En su zona de generación, mientras se desplazan por aguas profundas mas afuera, las olas de los tsunamis son de gran longitud (cientos de kilómetros) y exigua altura (centímetros). No obstante que se propagan a gran velocidad (cientos de kilómetros/hora), visualmente eso los hace indetectables desde embarcaciones y aviones. Sus periodos (tiempo entre el paso de dos olas sucesivas) son de 15 a 60 minutos. No se les ha de confundir con las olas cortas de tormentas

generadas por el viento, que comúnmente llegan a las costas, ni con las ondas mucho más extensas de las mareas que una a dos veces arriban todos los días.

Para que un sismo genere un tsunami, es necesario que: a) el hipocentro del sismo, o una parte mayoritaria de su área de ruptura, esté bajo el lecho marino, a una profundidad menor a 60 km (sismo superficial), b) ocurra en una zona de hundimiento de placas tectónicas; es decir, que la falla tenga movimiento vertical; que no sea solamente de desgarre con movimiento lateral y c) que en cierto lapso de tiempo el sismo libere suficiente energía, y que ésta se transmita eficientemente,

Los Tsunamis se clasifican en el lugar de arribo a la costa, según la distancia (o el tiempo de desplazamiento) desde su lugar de origen, en:

Tsunamis locales. El lugar de arribo a la costa está muy cercano o dentro de la zona de generación (delimitada por el área de dislocación del fondo marino) del maremoto por tiempo de desplazamiento: a menos de una hora

Tsunamis regionales. El litoral invadido está a no más de 1,000 km o a pocas horas de la zona de generación.

Tsunamis lejanos (o remotos, transpacíficos o teletsunamis). El sitio de arribo está muy alejado, en el Océano Pacífico, a más de 1,000 kms de distancia de la zona de generación, a aproximadamente medio día o más.

1.3.3 · Propagación y tiempo de desplazamiento de los Tsunamis

La longitud de las olas de los maremotos (varios cientos de kilómetros) es mucho mayor que la profundidad de las aguas oceánicas por las que se desplazan, Esta propiedad (denominada de onda superficial) hace que, en su primera aproximación, su velocidad de propagación dependa exclusivamente de la profundidad. Esto permite determinar la velocidad de propagación correspondiente a todos los puntos oceánicos de los que se tengan datos batimétricos (profundidad), y a su vez cuantificar el tiempo de desplazamiento del tsunami entre dos lugares (en particular el de origen y el de arribo a la costa), a lo largo de una trayectoria que una esos puntos. La más cercana a la realidad es el arco de círculo máximo común a ambos puntos.

En la Tabla 1.4 se anotan los tiempos reales (cronometrados) de viaje desde su origen hasta su arribo a Acapulco de varios tsunamis transpacíficos ya ocurridos, los cuales son muy similares a los indicados en la Figura 1.13 donde se muestra la carta de tiempos de propagación de un maremoto originado en la Fosa Mesoamericana frente a Acapulco.

En un sistema de alerta para poder avisar a tiempo a la población de la llegada de un tsunami cuya generación ya se haya confirmado, estas cartas constituyen un recurso muy útil.

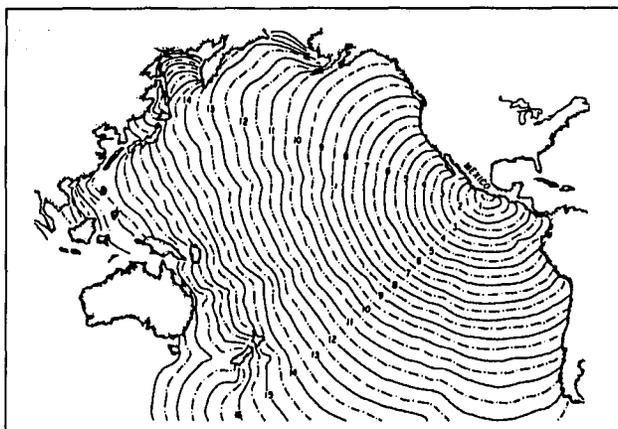


Figura 1.13 Carta de tiempos de propagación para un tsunami en la Fosa Mesoamericana frente a Acapulco.

Tabla 1.4 Tiempos de propagación de tsunamis transpacíficos desde su origen hasta su arribo a Acapulco

Fecha	Origen	Tiempo de viaje (hr)
09/06/1957	I. Aleutianas	10:51
22/05/1960	Chile	09:49
13/10/1963	I. Kuriles	15:22
28/03/1964	Alaska	09:29
16/05/1968	Japón	16:31
29/11/1975	Hawaii	08:11
14/01/1976	Kermadec	14:02

1.3.4 Los tsunamis en México

La estadística de maremotos ocurridos en la costa occidental de México es poco precisa, ya que excepto algunos lugares, por ejemplo Acapulco, antes del siglo XIX esta región tuvo una muy escasa población y, por otra parte, la operación de la red de mareógrafos con que se registran tales fenómenos comenzó a funcionar hasta 1952.

En las Tablas 1.5 y 1.6 se listan los tsunamis de origen local en México, a partir de 1732, y los de origen lejano desde 1952.

Las zonas de origen y arribo de tsunamis se ilustran en la Figura 1.14. Para las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa se considera en términos generales que la altura de ola máxima esperable es de 3 m, mientras que en el resto de la costa occidental dicha altura es hasta de 10 m.

Dado que en el Golfo de California el movimiento entre placas es lateral y el componente vertical en el movimiento del fondo marino es mínimo, se esperaría que no se produjeran tsunamis locales. La zona señalada en la Figura 1.14 como generadora de tsunamis locales en la desembocadura del río Colorado, se debe a la altura de olas de 3 m reportada en 1852, por un sismo cuyo epicentro se ubicó en el área de Cerro Prieto (Balderman et al., 1978). Muy probablemente este tsunami fue ocasionado por un deslizamiento de grandes dimensiones de los sedimentos que constituyen el delta del Río Colorado.

Como ejemplos de los patrones de inundación que pudieran producirse en sitios específicos, en las Figuras 1.15 a 1.17 se muestran los mapas para Ensenada, Zihuatanejo y Salina Cruz.

Tabla 1.5 Tsunamis de origen local observados o registrados en México

Fecha (GMT)	Epicentro del sismo (°N, °W)	Zona del sismo	Magnitud del sismo	Lugar de registro del Tsunami	Altura máx. de olas (m)
25-feb-1732	No definido	Guerrero	-	Acapulco	4.0
1-sep-1754	No definido	Guerrero	-	Acapulco	5.0
28-mar-1787	No definido	Guerrero	>8.0(?)	Acapulco	3.0-8.0
3-abr-1787	No definido	Oaxaca	-	Puerto Ángel	4.0 (*)
4-may-1820	17.2°, 99.6°	Guerrero	7.6	Acapulco	4.0
10-mar-1833	No definido	Guerrero	-	Acapulco	(*)
11-mar-1834	No definido	Guerrero	-	Acapulco	(*)
7-abr-1845	16.6°, 99.2°	Guerrero	-	Acapulco	-
29-nov-1852	No definido	B. California	-	Río Colorado	3.0 (*)
4-dic-1852	No definido	Guerrero	-	Acapulco	-
11-may-1870	15.8°, 96.7°	Oaxaca	7.9	Puerto Ángel	(*)
23-feb-1875	No definido	Colima	-	Manzanillo	(*)
15-abr-1907	16.7°, 99.2°	Guerrero	7.6	Acapulco	2.0
30-jul-1909	16.8°, 99.8°	Guerrero	7.2	Acapulco	-
16-nov-1925	18.5°, 107.0°	Guerrero	7.0	Zihuatanejo	7.0-11.0
22-mar-1928	15.7°, 96.1°	Oaxaca	7.5	Puerto Ángel	(*)
17-jun-1928	16.3°, 96.7°	Oaxaca	7.6	Puerto Ángel	-
				Manzanillo	2.0
3-jun-1932	19.5°, 104.3°	Jalisco	8.2	San Pedrito	3.0
				Cuyutlán	-
				San Blas	-
18-jun-1932	19.5°, 103.5°	Jalisco	7.8	Manzanillo	1.0
22-jun-1932	19.0°, 104.5°	Jalisco	6.9	Cuyutlán	9.0-10.0
		Manzanillo	-		
29-jun-1932	No definido	Jalisco	-	Cuyutlán	(*)
4-dic-1948	22.0°, 106.5°	Nayarit	6.9	Islas Marias	2.05-5.0
14-dic-1950	17.0°, 98.1°	Guerrero	7.2	Acapulco	0.3
				Acapulco	2.6
28-jul-1957	16.5°, 99.1°	Guerrero	7.8	Salina Cruz	0.3
11-may-1962	17.2°, 99.6°	Guerrero	7.2	Acapulco	0.8
19-may-1962	17.1°, 99.6°	Guerrero	7.1	Acapulco	0.3
23-ago-1965	16.3°, 95.8°	Oaxaca	7.6	Acapulco	0.4
				Acapulco	0.4
				Manzanillo	1.1
30-ene-1973	18.4°, 103.2°	Colima	7.5	Salina Cruz	0.2
				La Paz	0.2
				Mazatlán	0.1
29-nov-1978	16.0°, 96.8°	Oaxaca	7.6	Pto. Escondido	1.5(*)
14-mar-1979	17.3°, 101.3°	Guerrero	7.4	Acapulco	1.3
25-oct-1981	17.8°, 102.3°	Guerrero	7.3	Manzanillo	0.4
				Acapulco	
				Lázaro Cárdenas Ixtapa-	2.5
19-sep-1985	18.1°, 102.7°	Michoacán	8.1	Zihuatanejo	3.0
				Playa Azul	2.5
				Acapulco	1.1
				Manzanillo	1.0
21-sep-1985	17.6°, 101.8°	Michoacán	7.6	Acapulco	1.2
				Zihuatanejo	2.5
				Manzanillo	2.0
				Barra de Navidad	5.1
				Melaque	4.5
				Cuastecomate	4.4
				La Manzanilla	0.4
9-oct-1995	18.9°, 104.1°	Colima- Jalisco	8.0	Boca de Iguanas	5.1
				El Tecuán	3.8
				Punta Careyes	3.5
				Chamela	3.2
				San Mateo	4.9
				Pérula	3.4
				Punta Chalcatepec	2.9

Tabla 1.6 Tsunamis de origen lejano posteriores a 1950, registrados en México

Fecha (GMT)	Epicentro del sismo(°N,°W)	Zona del sismo	Magnitud del sismo	Lugar de registro del Tsunami	Altura máx. de olas (m)
4-nov-1952	52.8 °N,159.5 °E	Kamchatka	8.3	La Paz, B.C.	0.5
				Salina Cruz, Oax.	1.2
				Ensenada, B.C.	1.0
				La Paz, B.C.	0.2
9-mar-1957	51.3 °N,175 °W	I. Aleutianas	8.3	Guaymas, Son	<0.1
				Mazatlán, Sin.	0.2
				Salina Cruz, Oax.	0.4
				Manzanillo, Col.	0.6
				Acapulco, Gro.	0.6
				Ensenada, B.C.	2.5
				La Paz, B.C. Guaymas, Son.	1.5
22-may-1960	39.5 °S,74.5 °W	Chile	8.5	Topolobampo, Sin.	0.2
				Mazatlán, Sin. Acapulco, Gro.	1.1
				Salina Cruz, Oax.	1.9
20-nov-1960	6.8 °S,80.7 °W	Perú	6.8	Salina Cruz, Oax.	1.6
				Acapulco, Gro.	0.1
13-oct-1963	44.8 °N,149.5 °E	I. Kuriles	8.1	Acapulco, Gro.	0.5
				Salina Cruz, Oax.	0.5
				Mazatlán, Sin.	0.1
				La Paz, B.C.	<0.1
				Ensenada, B.C.	2.4
				La Paz, B.C.	0.5
28-mar-1964	1.1 °N,147.6 °W	Alaska	8.4	Guaymas, Son.	0.1
				Mazatlán, Sin.	0.5
				Salina Cruz, Oax.	0.8
				Manzanillo, Col.	1.2
				Acapulco, Gro.	1.1
				Mazatlán, Sin.	0.1 (*)
4-feb-1965	51.3 °N,179.5 °E	I. Aleutianas	8.2	Manzanillo, Col.	0.3
				Acapulco, Gro.	0.4
17-oct-1966	10.7 °S,78.6 °W	Perú	7.5	Salina Cruz, Oax.	0.5
				Salina Cruz, Oax.	0.2
16-may-1968	41.5 °N,142.7 °E	Japón	8.0	Ensenada, B.C.	0.3
				Mazatlán, Sin.	0.1
				Manzanillo, Col.	0.4
				Acapulco, Gro.	0.4
				Ensenada, B.C.	0.5
29-nov-1975	19.4 °N,155.1°W	Hawaii	7.2	Isla Guadalupe	0.4
				San Lucas, B.C.S.	0.3
				Loreto, B.C.S.	0.1
				Manzanillo, Col.	0.3
				P. Vallarta, Jal.	0.2
				Acapulco, Gro.	0.3
				Salina Cruz, Oax.	0.3
				San Lucas, B.C.S.	0.1
Pto. Vallarta, Jal.	0.1				
14-ene-1976	29.0 °S,178.0°W	Pacífico Sur	7.3	Manzanillo, Col. Acapulco, Gro.	0.2
				Salina Cruz, Oax.	0.2
12-dic-1979	1.6 °N,79.4 °W	Colombia	7.9	Acapulco, Gro.	0.3
1-sep-1992	11.8 °N,87.4 °W	Nicaragua	7.2	Isla Socorro	0.29
30-Jul-1995	24.2 °S,70.7 °W	Chile	7.8	Cabo San Lucas, B.C.S.	0.28
				Isla Socorro	0.23
21-feb-1996	9.6 °S,80.2 °W	Perú	7.8	Cabo San Lucas, B.C.S.	0.1
				Isla Socorro	0.25

(*) Tsunami probable



Figura 1.16 Áreas de posible inundación por tsunami con distinto grado de riesgo en Zihuatanejo, Guerrero

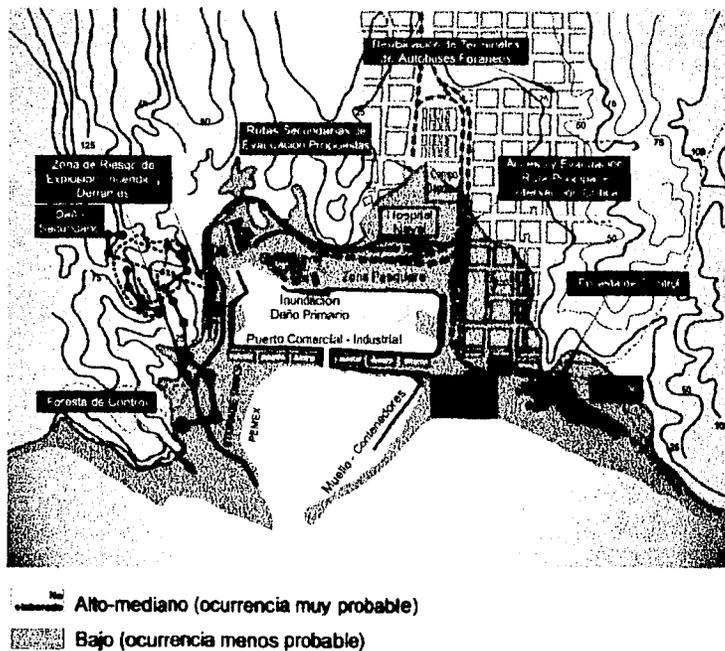


Figura 1.17 Áreas de posible inundación por tsunami con distinto grado de riesgo en Salina Cruz, Oaxaca



Figura 1.18. Efecto deTsunami en el puerto de Hilo, Hawai en 1946 como consecuencia de un sismo en las Islas Aleutianas

1.4 VOLCANES

1.4.1 Antecedentes

En México los volcanes son parte característica del paisaje de muchas regiones del país, particularmente en una faja central que se extiende desde Nayarit hasta Veracruz. A lo largo de la historia, poblaciones establecidas cerca de los casi 600 volcanes activos en distintas partes del mundo han soportado los efectos de la actividad volcánica, que globalmente promedia unas 50 erupciones por año. Se estima que cerca de 270,000 personas (SINAPROC) han perecido en distintos lugares del mundo por efecto de desastres volcánicos desde el año 1,700 de nuestra era. El potencial destructivo de los volcanes representa actualmente una amenaza a la vida y propiedades de millones de personas.

Es difícil estimar el valor de los daños materiales ocasionados por las erupciones, pero con frecuencia éstas han involucrado el colapso de las economías de las regiones afectadas por largos períodos, especialmente cuando ocurren en países relativamente pequeños, en los que el valor de los daños puede llegar a ser comparable o incluso exceder su Producto Interno Bruto. La Figura 1.19, obtenida a partir de datos publicados por UNDRO/UNESCO (1985), nos muestra la distribución del número global de víctimas causadas por efecto de manifestaciones volcánicas directas (flujos de ceniza, de lodo y de lava) en lapsos de 50 años desde 1550.

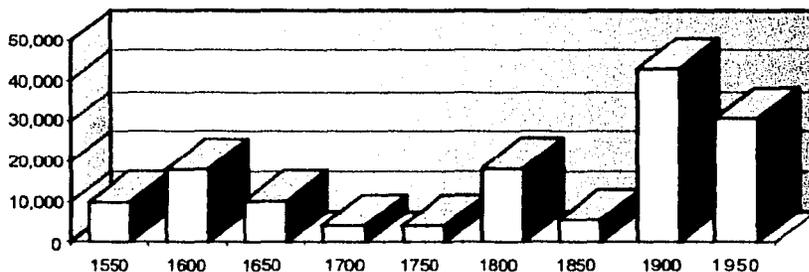


Figura 1.19 Víctimas de erupciones desde 1550

En esta gráfica no se muestran decesos causados por efectos secundarios derivados de las erupciones. La figura indica que el número de víctimas causadas directamente por efecto de erupciones ha aumentado al presente. Esto indica que, no obstante los avances en materia de ciencia y tecnología en el campo de la vulcanología y ciencias afines, que se han traducido en una crecientemente exitosa capacidad de pronóstico de la actividad eruptiva, desastres volcánicos continúan ocurriendo en distintos lugares del mundo, además del aumento global de la población. Es necesario entonces identificar y eliminar o al menos reducir las causas de esos desastres.

Este subcapítulo busca proporcionar información básica referente al riesgo volcánico en México, la forma como se distribuye, las manifestaciones que puede tener y sus posibles efectos.

1.4.2 El fenómeno volcánico

Las erupciones volcánicas son emisiones de mezclas de roca fundida rica en materiales volátiles (magma), gases volcánicos que se separan de éste (vapor de agua, bióxido de carbono, bióxido de azufre y otros) y fragmentos de rocas de la corteza arrastrados por los autotones. Estos

materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la presión de los gases provenientes del magma o de agua subterránea sobrecalentada por el mismo. Cuando la presión dentro del magma se libera a una tasa similar a la que se acumula, el magma puede salir a la superficie sin explotar. En este caso se tiene una erupción efusiva. La roca fundida emitida por un volcán en estas condiciones sale a la superficie con un contenido menor de gases y se llama lava. Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas crecen hasta tocarse y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una erupción explosiva.

Los volcanes que se forman por la acumulación de materiales emitidos por varias erupciones a lo largo del tiempo geológico se llaman poligenéticos o volcanes centrales. Existe otro tipo de volcanes que nacen, desarrollan una erupción que puede durar algunos años y se extinguen sin volver a tener actividad. En lugar de ocurrir otra erupción en ese volcán, puede nacer otro volcán similar en la misma región. A este tipo de volcán se le denomina monogenético y es muy abundante en México. Los volcanes Xitle, Jorullo y Parícutín (Figura 1.20) son de este tipo, y se encuentran en regiones donde abundan conos monogenéticos similares. Generalmente, los volcanes de este tipo son mucho más pequeños que los volcanes centrales y en su proceso de nacimiento y formación producen erupciones menos intensas.



Figura 1.20 Erupción monogenética del volcán Parícutín, iniciada en 1943

Los materiales emitidos durante una erupción pueden causar diferentes efectos sobre el entorno, dependiendo de la forma como se manifiestan. Las principales manifestaciones volcánicas son:

1.4.2.1 Flujos de lava

La roca fundida emitida por una erupción efusiva puede avanzar con velocidades que dependen de la topografía del terreno, y de su composición y temperatura, pero que por lo general son de 5 m/h a 30 m/h. Esto permite a la gente ponerse a salvo y contar con tiempo suficiente para desalojar sus bienes. Sin embargo, los terrenos y las construcciones invadidas por la lava son destruidos y no pueden volver a ser utilizados (Figura 1.21).



Figura 1.21 Flujos de lava de bloques incandescentes generados en el volcán de Colima

1.4.2.2 Flujos piroclásticos

Durante las erupciones explosivas, pueden generarse avalanchas formadas por mezclas de fragmentos o bloques grandes de lava, ceniza volcánica (magma finamente fragmentado), y gases muy calientes, que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades y pueden llegar a ser muy destructivas y peligrosas. Estas avalanchas reciben varios nombres: flujos piroclásticos, nubes ardientes, flujos de ceniza caliente (Figura 1.21).



Figura 1.22 Flujo piroclástico de gran tamaño y poder destructivo, generado durante la erupción del volcán El Chichón, el 3 de abril de 1982.

1.4.2.3 Flujos de lodo (lahares)

La mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro escombros con agua puede producir avenidas muy potentes de lodo y escombros, que tienen un poder destructivo similar a los flujos piroclásticos y por lo general mayor alcance. El agua que forma la mezcla puede tener varios orígenes, tales como lluvia intensa, fusión de nieve o glaciares, o lagunas (Figura 1.23). Estas avenidas se mueven con rapidez, siguiendo las barrancas que forman el drenaje del volcán y pueden ocurrir durante o después de las erupciones.



Figura 1.23 Generación de flujos de lodo o lahares. En este caso, el agua de la lluvia se mezcla con la ceniza volcánica de la erupción del Chichón en 1982, produciendo grandes cantidades de lodo.

1.4.2.3 Lluvias de fragmentos

Las erupciones explosivas lanzan al aire grandes cantidades de gases calientes y fragmentos de todos tamaños. Los gases calientes pueden arrastrar las partículas hasta grandes alturas (en la erupción de El Chichón de 1982, la columna eruptiva alcanzó cerca de 20 km de altura). Los fragmentos más grandes caen cerca del volcán y los fragmentos más finos pueden ser arrastrados por el viento sobre grandes distancias, produciendo lluvias de ceniza sobre grandes extensiones (Figura 1.24). Cuando la ceniza depositada se humedece o se compacta, su peso puede producir hundimientos de los techos y caída de hojas y ramas de plantas y cables de todo tipo.

1.4.2.4 Derrumbes y deslizamientos

Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas, y no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto puede provocar el derrumbamiento de material acumulado en las partes altas del volcán y esto producir una avalancha de escombros, que puede llegar a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado, de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.

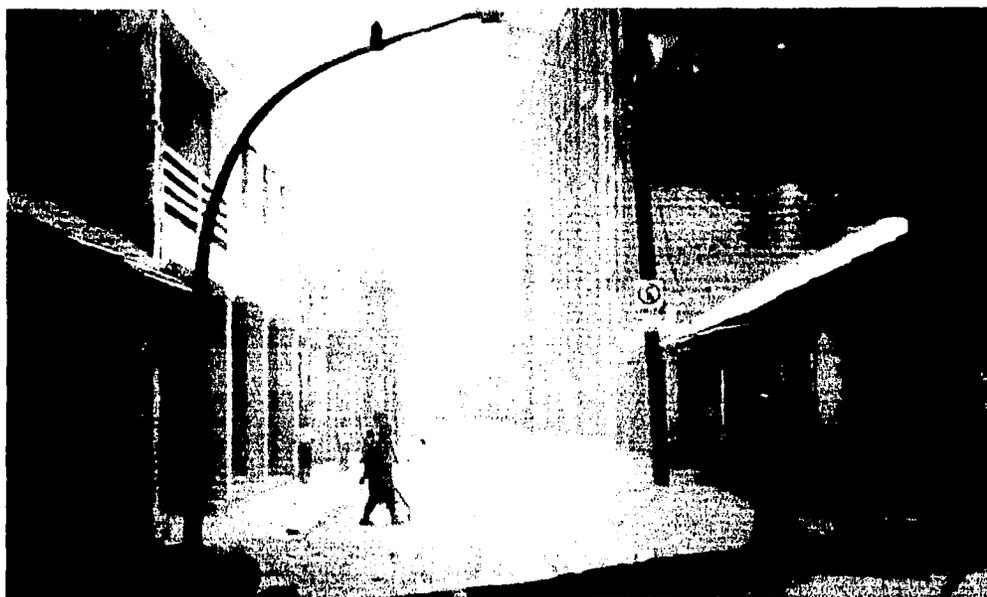


Figura 1.24 Fragmentos duros de las erupciones de 1982 del Chichón se acumularon sobre las calles y los techos de poblaciones a decenas de kilómetros del Volcán.

1.4.3 La actividad volcánica en México

México, como muchas otras naciones de América Latina, es un país rico en volcanes localizado en la región circumpacífica. La tasa de erupción promedio en México durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo. De esas, algunas han sido muy destructivas, como las del Colima de 1576 y 1818 o las del San Martín Tuxtla de 1664 y 1793 o recientemente la del volcán El Chichón (Chiapas) en 1982, que causó numerosas víctimas; éste devastó 150 km² de áreas boscosas y de cultivo y destruyó varios miles de cabezas de ganado. Otras erupciones, como el nacimiento del volcán monogenético Parícutín (Michoacán), han producido flujos de lava, provocando la destrucción de poblaciones y tierras cultivables, pero sin causar víctimas. En la Figura 1.25 se muestran los volcanes mexicanos que han desarrollado algún tipo de actividad eruptiva en tiempos geológicamente recientes y en las tablas 1.7 a 1.18 se describen las erupciones más importantes que han ocurrido en tiempos históricos.

No se mencionan en esta recopilación otros volcanes importantes que pueden ser considerados activos, pero de los que no existen reportes de erupciones históricas. No se intenta representar la totalidad del vulcanismo geológicamente activo de México.

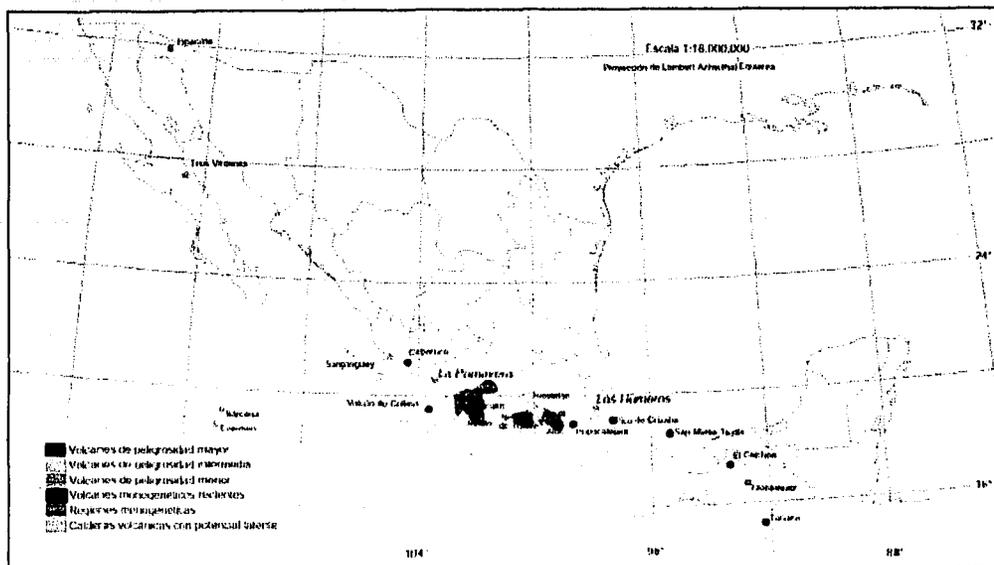


Figura 1.25 Vulcanismo activo, calderas y regiones monogenéticas

Tabla 1.7. Volcán Tres Virgenes

Estratovolcán traquítico basáltico	Localización: 27. 47° N, 112.66° O (B.C.S)	Altura: 1946 manm
Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos	
Erupciones poco documentadas.	Se ignoran daños	

Tabla 1.8 Volcán Fuego de Colima

Estratovolcán andesítico	Localización: 9.51° N, 103.62° O (Jalisco-Colima)	Altura: 3,826 manm
Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos	
1560	Erupción menor poco documentada	
1576	Abundante caída de ceniza, estragos, posibles pérdidas humanas	
10/01/1585	Abundante caída de ceniza a distancias de hasta 100 km. Se reporta gran pérdida de ganado.	
14/01/1590	Erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza.	
25/11/ y 13/12/1606	Erupciones grandes, con abundante caída de ceniza hasta Michoacán.	
15/04/1611	Actividad explosiva con abundante lluvia de ceniza.	
08/06/1622	Gran erupción con intensas lluvias de cenizas a distancias de 200 km	
1690 y 1771	Erupciones explosivas con importantes lluvias de ceniza	
1765	Erupción con emisiones de lava.	
25/03/1806	Fujos de bloques y ceniza.	
15/02/1818	Gran erupción con extensas lluvias de ceniza, que llegan hasta Guadalajara, Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí y Ciudad de México.	
12/06/1869	Varias erupciones forman un nuevo cono adventicio en el flanco NE del volcán (Volcancito).	
26/02/1872	Erupción explosiva del Volcancito, con abundante lluvia de ceniza	
06/01/1896, 26/10/1889	Erupciones explosivas con lluvias de ceniza y flujos de lava.	
16/02/1890	Erupción explosiva importante, con lluvia de ceniza sobre distancias mayores de 100 km.	
1891 - 1893	Repetidas erupciones con frecuentes emisiones moderadas de ceniza. Se instala un observatorio vulcanológico.	
15/02 al 31/03/1903	Erupciones explosivas con lluvias de ceniza al N y NE del volcán y flujos piroclásticos.	
18/12/1908, 04/02/1909	Erupciones explosivas, lluvias de ceniza. Fragmentos incandescentes lanzados, causan incendios en las faldas de los volcanes	
20/01/1913	Gran erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Algunas víctimas.	

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos continuación
1960	Se inicia un nuevo episodio de crecimiento de domo.
14/02/1991	La Red Sísmica de Colima detecta una considerable actividad sísmica en el volcán de Colima. Se alerta a los sistemas de protección civil de Colima, Jalisco y Nacional
01/03/ al 17/04/1991	Se inicia la extrusión de un domo de lava, que genera numerosas avalanchas de rocas incandescentes y algunos flujos de bloques y ceniza sobre los flancos sur y suroeste del volcán. Se toman medidas preventivas que incluyen simulacros de evacuación
21/07/1994	La red de monitoreo volcánico RESCO detecta un incremento en la actividad sísmica desde el 15 de julio de 1995, que culmina con una explosión el 21 de julio del mismo año alrededor de la media noche que destruye parte del domo y forma un cráter de 135 m de diámetro.
1998	Desde marzo se detecta actividad sísmica creciente. El 17 de noviembre se evacuan las poblaciones más cercanas al volcán. El 20 de noviembre se observa un nuevo domo de lava creciendo en la cumbre. Posteriormente, ocurren derrames de bloques de lava, flujos piroclásticos menores y explosiones.
1999	Se registran explosiones aisladas. Una mayor ocurre el 10 de febrero, que lanza fragmentos incandescentes y produce incendios en la vegetación de las faldas del volcán y algunos flujos de bloques y ceniza. Se efectúa una segunda evacuación de las poblaciones más cercanas. Otra explosión similar se registra el 10 de mayo, motivando una tercera evacuación.

Tabla 1.9 Volcán Sangangüey

Estratovolcán andesítico Localización: 21.45° N, 104.72° O (Nayarit) Altura: 2,340 msnm

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos.
1742 y 1859	Erupciones poco documentadas

Tabla 1.10 Volcán Popocatepetl

Estratovolcán Abdesítico-dacítico Localización: 19.02° N, 98.62° O (México, Puebla y Morelos.) Altura: 5,454 msnm

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
Entre 3200 y 2800 a.C.	Erupciones plinianas con intensos flujos piroclásticos, algunos derrames de lava generación de grandes
Entre 800-200 a.C.	Erupción pliniana similar
Entre 700-1100 d.C.	Erupción pliniana, similar a las anteriores.
1347	Erupción poco documentada .
1354 y 1363	Episodios de actividad eruptiva moderada.
1509, 1512	Emisión de fumarolas.
1518-1528 y 1530	Episodios de actividad eruptiva moderada, con fumarolas, explosiones y esporádicas emisiones de rocas incandescentes.
1539-1540	Erupciones moderadas, similares a las anteriores
1548	Erupción moderada, con algunas explosiones y emisión de material incandescente.
1571-1592	Actividad persistente. Emisiones de gases y cenizas.
20/10/1697	Explosión moderada.
1720	Actividad moderada.
19/02/1919-1927	Episodio de actividad eruptiva consistente de la emisión y destrucción de domos de lava en el interior del cráter. A lo largo de varios años se manifestaron explosiones, emisiones de ceniza y materiales incandescentes y fumarolas. Hubo una víctima y dos heridos entre miembros de una expedición al borde del cráter, al ocurrir una explosión el 25/03/1921.
1989	Se instala la primera estación de monitoreo sísmico del volcán
1993-1994	Aumento en la actividad microsísmica y fumarólica. A las 01:31 del 21/12/ 1994, ocurren cuatro explosiones seguidas por una emisión creciente de gases y ceniza. En esa ocasión, se evacuaron unas 20,000 personas en poblaciones del Estado de Puebla al pie del volcán. Las emisiones de ceniza o exhalaciones continuaron en 1995 y 1996. En marzo de 1996, ocurre otro episodio de emisión intensa de gases y cenizas. A finales de marzo, se detecta un domo creciente de lava en el interior del cráter. Las explosiones subsiguientes se hacen más intensas y lanzan fragmentos incandescentes alrededor el cráter. El 30/04/1996, una explosión causa la muerte de 5 alpinistas cerca del labio inferior del cráter y lluvias de ceniza y arenilla en poblaciones cercanas. En 1997, continúa el crecimiento del domo de lava y la actividad de exhalaciones y explosiones. La de mayor intensidad, el 30 de junio de 1997, produce una columna eruptiva de 8 km sobre la cima y una leve lluvia de ceniza en la Ciudad de México. Otras explosiones en 1997, 1998 y 1999 lanzaron cantidades importantes de fragmentos incandescentes y causaron incendios en la vegetación de las faldas del volcán, provocando la destrucción parcial del domo.
21/12/1994	

Tabla 1.11 Volcán Ceboruco**Estratovolcán andesítico Localización: 21.13° N, 104.51° O (Nayarit) Altura: 2,280 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
c. 1000 d.C.	Gran erupción pliniana produjo abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos. Se ignoran daños.
16/02/1870	Erupción con emisión de ceniza y lava.
1870-1875	Erupción efusiva produce 1.1 km de lava, con la destrucción de algunas tierras cultivables.

Tabla 1.12 Volcán Citlaltépetl o Pico de Orizaba**Estratovolcán andesítico Localización: 19.03° N, 97.27° O (Puebla - Veracruz) Altura: 5,700 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
1533-1539	Emisiones de ceniza
1545	Flujos de lava y ceniza
1566	Emisiones de lava
1569-1589-1687-1846	Emisiones de ceniza
1864-1867	Fumarolas y emisiones de ceniza

Tabla 1.13 Volcán San Martín Tuxtla**Cono basáltico Localización: 18.56° N, 95.19° O (Veracruz) Altura: 1,600 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
15/01/1664	Erupción explosiva con lluvias de ceniza.
02/03/1793	Erupción explosiva con abundante lluvia de ceniza. Se mantuvo actividad menor hasta 1805.
1838	Actividad menor.

Tabla 1.14 Volcán El Chichón o Chichonal**Complejo dómico andesítico Localización: 17.36° N, 93.23° O (Chiapas) Altura: 1,070 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
c. 300, 680 y 1300	Erupciones explosivas (plinianas) con abundantes lluvia de ceniza y flujos piroclásticos.
28/03/1982	Gran erupción explosiva (vulcaniana) con una duración de 5 a 6 horas y altura de unos 17 km con abundante lluvia de ceniza. Aproximadamente 20 víctimas por derrumbes de techos, producidos por acumulación de cenizas de calda libre.
03/04/ - 04/04/1982	Dos grandes erupciones explosivas (plinianas) con columnas eruptivas de más de 20 km de altura, abundante lluvia de ceniza y flujos piroclásticos destructivos. Numerosas víctimas, aproximadamente 150 km ² de tierras cultivadas devastadas, grandes pérdidas de ganado en un radio de 10 km a la redonda y de cultivos de plátano y cacao en un radio de 50 km. Cerca de 20,000 damnificados. El domo en la cumbre del volcán fue destruido, formándose un cráter de cerca de 1 km de diámetro y casi 200 m de profundidad.

Tabla 1.15 Volcán Tacaná**Cono andesítico Localización: 15.13° N, 92.10° O (Chiapas-Guatemala) Altura: 4,060 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
1855-1878-1900-1903-949-951	Episodios de actividad fumarólica, acompañada en ocasiones de pequeñas explosiones freáticas.
08/05/1986	Después de algunos meses de actividad sísmica precursora, ocurrió una explosión freática mediana, que abrió una fisura alargada de unos 20 m en el flanco NO del volcán a 3,600 msnm. Esto produjo una fumarola de vapor y gases que continúa hasta la fecha.

Tabla 1.16 Volcán Bárcena**Cono Cínerítico Localización: 19.29° N, 110.81° O (Islas San Benedicto, Colima) Altura: 381 msnm**

Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
01/08/1952	Nace este volcán en la isla San Benedicto del archipiélago de las Revillagigedo, es habitada en esa época. La actividad fue principalmente de tipo stromboliano y se prolongó hasta marzo de 1953.

Tabla 1.17 Volcán Evermann o Socorro

Volcán de escudo	Localización: 18.78° N, 110.95° O (Isla Socorro, Colima)	Altura: 1,235 msnm
Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos	
1848, 1896, 1905 y 22/05/1951	Erupciones poco documentadas.	
01/02/1993	Leve actividad eruptiva por una ventila submarina en el flanco oeste del volcán, a una profundidad de unos 300 m. Algunos fragmentos de pómez emitidos por esta actividad fueron vistos flotando en la superficie del mar	

Tabla 1.18 Volcanes monogenéticos**Conos cineríticos**

Nombre y Fecha (D/M/A)	Tipo de erupción y efectos
Paricutín 20/02/1943 Localización: 19.49° N, 102.25° O (Michoacán)	Nace de una fisura abierta en un campo de cultivo; a las 24 horas forma un pequeño cono de 50 m de alto y para febrero 6 alcanza 150 m. A los 12 días llega a más de 400 m y produce grandes cantidades de cenizas y lava. La actividad eruptiva termina en 1952 y emite un total de 1.3 km ² de ceniza y 0.7 km ² de lava. Dos poblaciones y cerca de 25 km ² de tierras cultivables son destruidas por los flujos de lava. No se reportan víctimas.
Jorullo 29/09/1759 Localización: 18.97° N, 101.72° O (Michoacán)	En forma similar al Paricutín, nace de una fisura abierta en terrenos de la hacienda El Jorullo en el Estado de Michoacán. Emite abundantes cantidades de ceniza y lava. En las etapas iniciales posiblemente produjo algunas víctimas entre la población de una hacienda, que se encontraba aislada y muy cerca del lugar de nacimiento del volcán. Las erupciones continuaron hasta 1774. Los flujos de lava destruyeron aldeas y 9 km ² de tierras cultivables.
Xitle c. 470 a.C. Localización: 19.25° N, 99.22° O (D.F.)	En forma análoga al Paricutín y el Jorullo, nace de una fisura en el campo Volcánico monogenético de la Sierra de Chichinautzin. Emite abundantes cantidades de ceniza, y de lava que forman el pedregal de San Ángel, D.F. Causa la destrucción de la ciudad de Cuicuilco. El campo de lava formado por esa erupción cubre un área de 72 km ²

1.4.4 Peligro Volcánico

El peligro volcánico puede representarse de varias formas. La más utilizada es en forma de un mapa, donde se muestran los alcances probables de las diferentes manifestaciones volcánicas. Para su elaboración, primero se identifican, con base en la información geológica disponible obtenida del estudio de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas (que es un indicador de lo que el volcán en estudio ha sido capaz en el pasado), las regiones que han sido afectadas por erupciones previas.

La información anterior, conjuntamente con los datos topográficos que permiten prever las trayectorias de algunos de los productos volcánicos, se integra en un mapa de peligros o amenazas volcánicas, incluye las bases para delimitar las zonas de riesgo: las fuentes de datos, las suposiciones e hipótesis hechas durante la elaboración y las condiciones en las que puede aplicarse el mapa. Los mapas de peligro o amenaza distinguen entre los riesgos primarios, como los flujos piroclásticos, o las lluvias de fragmentos, describiendo sus velocidades, alcances y efectos sobre el hombre y el medio, y los riesgos secundarios posibles, incluyendo todos aquellos efectos que surgen después de la erupción, como flujos de lodo o impactos sobre el medio. Normalmente estos mapas se presentan en escalas entre 1:50 000 y 1: 250 000. Como ejemplos de mapas de peligros volcánicos, se incluyen aquí versiones reducidas y simplificadas de los mapas de peligro para el volcán Popocatepetl (Figura 1.26), y para el volcán de Colima (Figura 1.27). Ambos mapas han sido publicados por el Instituto de Geofísica de la UNAM.

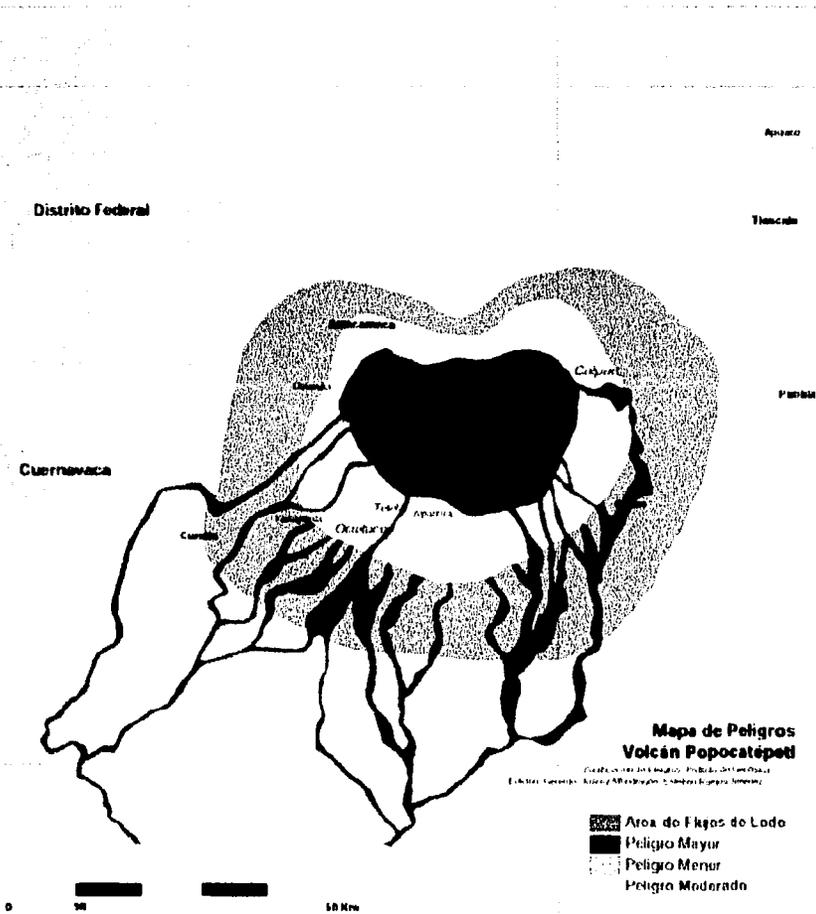


Figura 1.26 Mapa de peligros del Volcán Popocatepetl

Mapa de peligros del volcán Popocatepetl, reducido y adaptado del mapa publicado por el Instituto de Geofísica de la UNAM en 1995. Este mapa fue diseñado para ser usado en foros académicos así como por las autoridades de Protección Civil y la población en general como un medio de información en la eventualidad de una erupción del Volcán Popocatepetl. Fue elaborado basándose en la información geológica disponible hasta enero de 1995, considerando la extensión máxima de los depósitos originados por erupciones volcánicas pasadas que se clasificaron en tres diferentes magnitudes. Los límites entre las tres áreas indicadas en el mapa fueron trazados con base en el alcance máximo de los productos originados por estas erupciones y en las distancias máximas de los flujos modelados por computadora. Además, el borde de cada área fue incrementado en varios kilómetros como margen de seguridad.

El mapa muestra cuatro diferentes áreas, que definen regiones de acuerdo con su peligrosidad. Cada una de las áreas marcadas del 1 al 3 incluye los distintos tipos de peligro volcánico asociado respectivamente a erupciones volcánicas grandes, medianas y pequeñas.

El área 1, que es la más cercana a la cima del volcán, representa un mayor peligro porque es la más frecuentemente afectada por erupciones, independientemente de su magnitud. Esta área encierra peligros tales como flujos piroclásticos de material volcánico a altas temperaturas que descienden del volcán a velocidades extremadamente altas (100-400 km/h) y flujos de lodo y rocas que se mueven siguiendo los cauces existentes a velocidades menores (<100 km/h). En esta área han ocurrido dos eventos o erupciones importantes cada 1,000 años en promedio.

El área 2, representa un peligro menor que el área 1 debido a que es afectada por erupciones con menor frecuencia. Sin embargo, las erupciones que han alcanzado a esta área producen un grado de peligro similar al del área 1. La frecuencia con que ocurren eventos volcánicos que afectan a esta área es de 10 veces cada 15,000 años en promedio.

El área 3, abarca una zona que ha sido afectada en el pasado por erupciones extraordinariamente grandes. Erupciones de tal magnitud son relativamente raras por lo que el peligro dentro de estas áreas es menor en relación con el de las áreas 1 y 2, más cercanas al volcán. Los tipos de peligro en el área 3 son esencialmente los mismos que los de las otras áreas. En los últimos 40,000 años, han ocurrido 10 erupciones de este tipo.

Las regiones marcadas área 4 (en café) están expuestas al peligro por flujos de lodo e inundaciones derivadas de un posible arrastre de depósitos volcánicos por agua proveniente de lluvias torrenciales o de una fusión catastrófica del glaciar del Popocatepetl.

La totalidad de esta versión reducida del mapa cubre aproximadamente la zona que también podría ser afectada por lluvias de ceniza volcánica y pómez, para erupciones de máxima intensidad. La influencia de los vientos dominantes controlaría la distribución de las cenizas.

El mapa de peligros del volcán de Colima, reducido y adaptado del mapa publicado por el Instituto de Geofísica en 1995 se presenta en la Figura 1.27. En esta versión reducida no se muestran los efectos de caída de ceniza ni algunos otros detalles. Las áreas de peligros señaladas se calcularon con base en estudios geológicos y geomorfológicos así como en registros históricos de observaciones sobre las erupciones anteriores y sus efectos. Un margen de 2 km fue agregado a las áreas amenazadas por flujos piroclásticos con mayor movilidad.

Las áreas frecuentemente afectadas por flujos piroclásticos y lahares secundarios están marcadas en rojo. Estos flujos ocurren por lo menos una vez cada 100 años. Los lahares pequeños o ríos de lodo pueden presentarse varias veces en una década mientras que los lahares grandes están asociados a erupciones fuertes que ocurren aproximadamente cada 100 años. La parte superior del cono también está sujeta a explosiones y a la caída de fragmentos balísticos.

En naranja se marcan las áreas que pueden ser alcanzadas por flujos piroclásticos y nubes de ceniza con gran movilidad. Estas nubes pueden sobrepasar cerros como ocurrió en la parte sureste del volcán. Sin embargo, este tipo de flujo es poco frecuente.

En café se marcan las áreas sujetas a inundaciones por acumulación de productos volcánicos que obstruyen el flujo de agua.

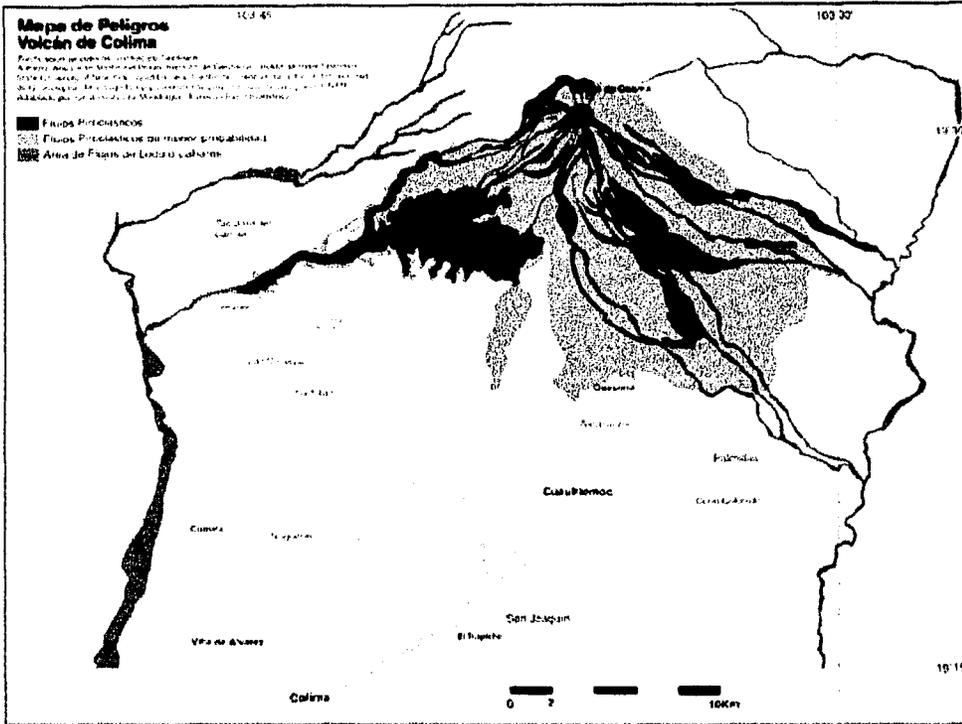


Figura 1.27 Mapa de peligros del Volcán de Colima

1.4.6 Zonificación del riesgo volcánico

El concepto de riesgo volcánico involucra al peligro volcánico tal como se describe arriba, más la distribución y vulnerabilidad de la población y de la infraestructura de producción, y comunicaciones alrededor del volcán, definida como la susceptibilidad de esos sistemas de ser afectados por el fenómeno natural. También puede representarse esta información en un mapa, pero considerando el gran número de datos que comprende, es más conveniente procesarla y representarla por medio de un sistema computarizado de información geográfica (SIG). Actualmente, se encuentran en desarrollo sistemas de este tipo en varias instituciones, tanto para la región del Popocatepetl como para otros volcanes de México.

La Figura 1.28 muestra una versión reducida de un mapa de riesgos para el volcán Popocatepetl que sirve de base para la planeación de emergencias en la eventualidad de una erupción mayor. Las regiones de peligro definidas en el mapa de la Figura 1.28, han sido divididas en sectores. La lista de poblaciones en los distintos sectores se incluye a la derecha del mapa.

Con la información de los mapas de peligro volcánico, la base de datos topográficos a una escala adecuada y los datos de la distribución de la población, es posible elaborar una microzonificación del riesgo representada en mapas detallados al nivel de municipios o poblaciones individuales, en los que puedan identificarse los sitios vulnerables a peligros específicos.

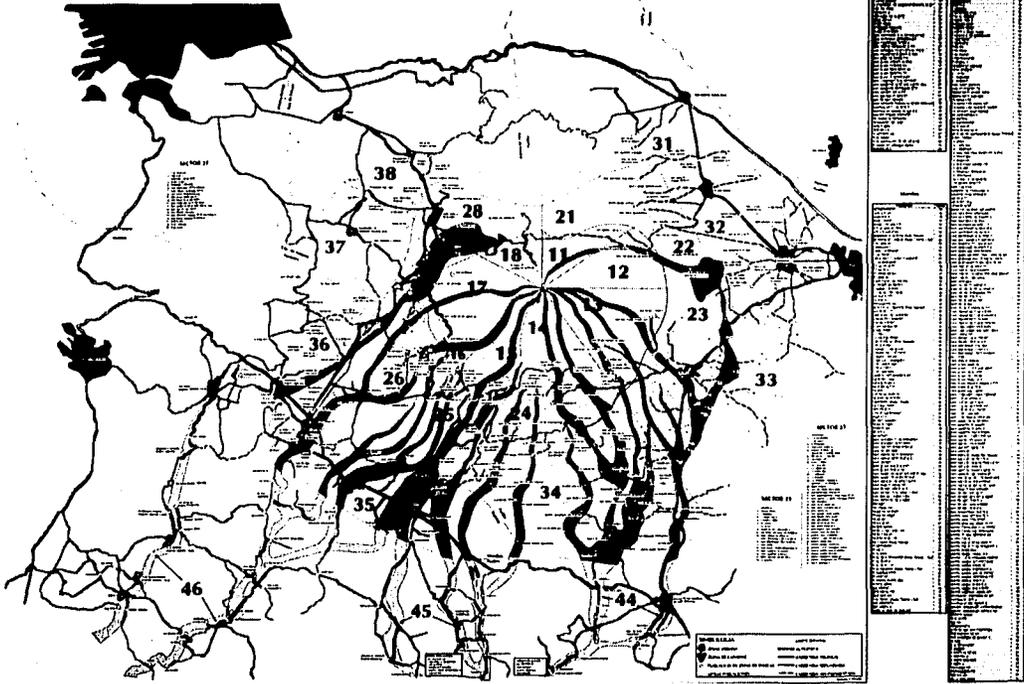


Figura 1.28 Mapa de planeación de emergencias del Volcán Popocatepetl

1.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El diseño de estrategias que contemplen políticas para la prevención y mitigación del riesgo de desastre no solamente deberán incorporar la visión reductiva en términos de vidas y los pérdidas o daños en los bienes y el entorno, sino que deberán incorporar políticas generales tendientes a la consolidación de medidas preventivas y de corresponsabilidad de los diferentes niveles de gobierno, sector social y privado, y de la población en general. El esquema propuesto en este subcapítulo está basado en el Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre 2001-2006, (Cenapred, 2001).

1.5.1 Objetivos

Objetivo 1: Ampliar el conocimiento de amenazas y riesgos a cierto nivel para lograr el conocimiento de éstos por la sociedad en su conjunto.

Objetivo 2: Promover la reducción de la vulnerabilidad física

Objetivo 3: Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para mitigar los riesgos

Estrategias: a. Promover la elaboración de cartografía mediante de sistemas de información geográfica sobre riesgos geológicos a niveles estatal, regional y nacional.

- a.1 Desarrollar metodologías para la elaboración de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo sobre fenómenos geológicos para los ámbitos regional y local. Apoyándose en tecnología de la información y en sistemas de información geográfica a escala regional con diferentes niveles de precisión y exactitud.
 - a.2 Ejecutar estudios de microzonificación sísmica de ciudades con mayor riesgo sísmico y número de habitantes en el país.
 - a.3 Identificar el riesgo volcánico e instrumentar los ocho volcanes más peligrosos del país (Popocatepetl, Citlaltépetl, Tacaná, Volcán de Fuego, Chichón, Seboruco, Parícutín – Tancitaro, y San Martín Tuxtla)
 - a.4 Elaborar regionalizaciones y micro-regionalizaciones de zonas susceptibles a inestabilidad de laderas, apoyándose en mapas de geología superficial y edafología, así como en percepción remota e interferometría de radar.
- b. Elaborar un modelo de pérdidas por desastres en México
- b.1 Elaborar un sistema para postular escenarios de pérdidas por desastre de origen geológico; para ello se desarrollarán bases de datos con las características y consecuencias de los fenómenos perturbadores de origen geológico.
- c. Fomentar el desarrollo y aplicación de reglamentos y normas de construcción más estrictos
- c.1 Proponer requisitos mínimos de seguridad estructural y normas de diseño para diferentes materiales para las construcciones del país.
- d. Evaluar y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura, con énfasis en aquella que sea crítica para la protección civil.
- d.1 Se evaluará la vulnerabilidad y se desarrollarán tecnologías y metodologías para la reducción de la vulnerabilidad de: presas, carreteras y caminos, monumentos históricos, vivienda económica y rural, infraestructura pública y privada de educación, infraestructura pública y privada de salud, edificación urbana, infraestructura eléctrica y de comunicaciones, acueductos y ductos de transporte de combustibles, y edificaciones destinadas a la planeación y atención de emergencias.
- e. Investigar sobre los fenómenos y las medidas para reducir sus efectos
- e.1 Fortalecer los laboratorios de estructuras, materiales y suelos del Centro Nacional de Prevención de Desastres, de universidades del interior del país, y de todo tipo de instituciones que participen en el desarrollo de normas de diseño de aplicación local.
- f. Establecer y operar sistemas de alerta temprana
- f.1 Generar un sistema de estimación temprana de intensidades sísmicas que permita conocer el grado y distribución de daños inmediatamente después de la ocurrencia de un sismo.

- f.2 Reforzar y modernizar la Red Sísmica Mexicana.
- f.3 Desarrollar un sistema de alertamiento para las comunidades vecinas al volcán Popocatepetl.
- f.4 Diseñar y aplicar sistemas de instrumentación de laderas inestables para fines de alertamiento.

1.5.2 Proyectos Específicos

En la Tabla 1.19 se presenta una lista de proyectos que definen de manera particular los objetivos y estrategias planteadas con anterioridad.

Tabla 1.19 Proyectos específicos para la prevención y mitigación de riesgo de desastre de tipo geológico

No.	Proyecto
1	Diseño de un Sistema de Estimación Temprana de Intensidades Sísmicas (SETIS) y generación en tiempo real de mapas de daños por sismo
2	Reforzamiento y modernización de la instrumentación sísmica. Creación de la Red Sísmica Mexicana
3	Estudios de microzonificación sísmica en áreas urbanas
4	Gula para la reducción de vulnerabilidad de monumentos históricos
5	Requisitos de seguridad estructural y normas de diseño para las construcciones mexicanas
6	Vulnerabilidad de la vivienda económica y rural en México
7	Acción de la vulnerabilidad de la infraestructura pública y privada de educación en México
8	Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura pública y privada de salud en México
9	Gula para rehabilitar edificios existentes
10	Fortalecimiento del equipo de ensayos del Laboratorio de Estructuras Grandes y del Laboratorio de Dinámica de Suelos del CENAPRED y de los equipos de ensayos de las instituciones participantes en los proyectos conjuntos
11	Plan operativo de personal técnico ante sismos en México
12	Capacitación para el incremento de la seguridad de la autoconstrucción
13	Reducción de la vulnerabilidad de la infraestructura eléctrica en México
14	Educación de la vulnerabilidad de la infraestructura de comunicaciones en México
15	Reducción de la vulnerabilidad de acueductos en México
16	Reducción de la vulnerabilidad de ductos de transporte de combustibles en México
17	Reducción de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones destinadas a la planeación y atención de emergencias
18	Volcán Popocatepetl, Instrumentación y mapas de peligros
19	Volcán Citlaltépetl, Instrumentación y mapas de peligros
20	Volcán Tacaná, Instrumentación y mapas de peligros
21	Volcán de Fuego, Instrumentación y mapas de peligros
22	Volcán Chichón, Instrumentación y mapas de peligros
23	Volcán Ceboruco, Instrumentación y mapas de peligros
24	Zona volcánica Parícutín-Tancitaro, Instrumentación y mapas de peligros
25	Volcán San Martín Tuxtla, instrumentación y mapas de peligros
26	Sistema de alertamiento para comunidades del volcán Popocatepetl
27	Diseño de sistema de recarga de acuíferos para minimizar subsidencia y agrietamiento por sobreexplotación en áreas urbanas
28	Diseño y aplicación de metodologías para control de infiltración en laderas para minimizar su inestabilidad
29	Mapeo de geología superficial y edafología en zonas críticas
30	Regionalización y micro-regionalización de zonas susceptibles a inestabilidad de laderas
31	Regionalización de zonas susceptibles a inestabilidad de laderas a través de percepción remota (imágenes de satélite) e interferometría de radar (imágenes de radar). Atención de casos especiales en tiempo real para toma de decisiones
32	Instrumentación de laderas inestables

El diseño, implementación y ejecución de este tipo de proyectos supone la participación y corresponsabilidad de varias instituciones. Por ello se propone que las instituciones pertenezcan a los siguientes sectores:

- 1) Sector central
- 2) Sector paraestatal
- 3) Sector académico
- 4) Organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y sector privado

Cabe mencionar que algunos de estos proyectos se encuentran ya en etapa de instrumentación y que para el año 2006 se puedan presentar los resultados de estos. Es importante resaltar que la participación de ingenieros civiles en la propuesta de gran número de proyectos hace resaltar la importancia de la ingeniería civil en proyectos con gran visión y largo alcance, que incidirán directamente en la población.

50

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 2

RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS

2.1 ANTECEDENTES

Los fenómenos hidrometeorológicos son los que se generan en la atmósfera, aguas superficiales y subterráneas, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Las calamidades hidrometeorológicas se clasifican en: avalancha de nieve, deforestación y desertificación¹, huracán, inundación, lluvia, nevada, sequía, temperaturas extremas, tormenta de granizo, tormenta eléctrica y viento. (Gelman, 1996).

México tiene una gran variedad de climas en zonas relativamente cercanas, pasando rápidamente de regiones con poca pendiente, calientes, a regiones húmedas y a altiplanos secos. El noroeste es seco en general, pues recibe menos de 100 mm de precipitación pluvial en promedio al año, mientras que en la costa del Caribe la precipitación es de alrededor de 6,000 mm por año. La mayor generación pluvial se encuentra en el Caribe y en el Pacífico

Durante los últimos 30 años, alrededor de 60 huracanes causaron graves daños en 7 estados de la República (Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Yucatán, QuintanaRo y Baja California). El país estuvo también expuesto a casi igual número de tormentas tropicales con vientos máximos de hasta 110 km/h. Los estados más afectados han sido los del Pacífico Sur: Chiapas, Oaxaca y Guerrero. En la costa Atlántica se tiene un promedio anual de 8 huracanes, de los cuales, al menos 2 entran a tierra firme; en tanto que por el Océano Pacífico el promedio anual se eleva a 13, de los cuales 4 entran a tierra.

Los daños ocasionados por fenómenos de origen hidrometeorológicos en México son del orden de los de tipo geológico pero con una frecuencia mucho mayor y con una área de impacto superior. En un cálculo realizado sobre un total de 63 fenómenos de carácter destructivo en el periodo 1980-1999, nos arroja que, 43 de ellos son de origen hidrometeorológicos, lo que significa casi el 52 %. Las pérdidas promedio ocasionadas por este tipo de amenazas ascienden a por lo menos 230 millones de dólares anuales y la pérdida de vidas humanas alcanza a un promedio de 230 por año. Es importante destacar que se ha logrado reducir el impacto de este tipo de fenómenos gracias a la implementación de sistemas de alerta temprana.

Tabla 2.1 Síntesis de víctimas y daños por fenómenos de tipo hidrometeorológico de 1980 a 1999, en millones de dólares (Bitrán, 2001)

Evento	No. muertos	Daños directos	Daños indirectos	Daños totales
Huracán Gilbert 1988	225	76.0	-	76.0
Huracán Diana 1990	139	90.7	-	90.7
Heladas 1996	224	5.3	-	5.3
Inundaciones en Chihuahua 1990	200	2.5	-	2.5
Huracán Paulina 1997	228	447.8	-	447.8
Lluvias torrenciales en Tijuana 1998	92	65.6	-	65.6
Lluvias torrenciales en Chiapas 1998	229	602.7	-	602.7
Inundaciones en Veracruz 1999	124	216.0	77.4	293.4
Inundaciones en Puebla, 1999	263	235.3	9.5	244.8
Otros	1,243	2662.9	58.0	2720.9
Total	2,767	4402.3	1449.9	4547.2

¹ Estas calamidades se agrupan en las hidrometeorológicas debido a que su naturaleza corresponde a esta área, no obstante que el hombre constituye, también, un factor decisivo en su generación.

El conocimiento general sobre aspectos relativos a los fenómenos meteorológicos, la difusión de los riesgos que acompañan a estos y la aplicación de medidas de prevención y mitigación conducen a la reducción de los daños ocasionados por éstos.

En los siguientes subcapítulos se presenta un análisis estadístico sobre precipitaciones pluviales, ciclones tropicales, escurrimientos e inundaciones y daños. Cabe aclarar que no es el objetivo de este trabajo presentar un análisis exhaustivo sobre cada uno de los tipos de calamidades que conforman los fenómenos de origen hidrometeorológicos.

2.2 PRECIPITACIÓN PLUVIAL

2.2.1 Antecedentes

La precipitación pluvial se refiere a cualquier estado físico del agua, sólida o líquida, que cae de la atmósfera y alcanza a la superficie de la Tierra. Puede manifestarse como lluvia, llovizna, nieve, granizo o cellisca. La lluvia consiste de gotas de agua líquida con diámetro mayor a 0.5 cm. La llovizna está formada por gotas más pequeñas, de 0.25 mm o menos, que caen lentamente, pero que rara vez la precipitación de este tipo supera 1 mm/h. La nieve está compuesta de cristales de hielo que comúnmente se unen para formar copos.

Humedad Relativa.-Es el cociente de la cantidad de vapor de agua presente en el aire y la cantidad máxima de vapor de agua que podría haber a la misma temperatura en un espacio dado y se da en porcentaje.

La humedad siempre está presente en la atmósfera, aun en los días que el cielo está despejado. Ella corresponde a la cantidad de vapor de agua en el aire, cuando existe un mecanismo que enfría al aire, este vapor se condensa y se transforma al estado líquido en forma de gotas, o bien, al estado sólido como cristales de hielo; ambos estados dan lugar a cuerpos muy pequeños (su diámetro es del orden de 0.02 mm) que en conjunto constituyen las nubes.

Para propósitos prácticos, la máxima cantidad de vapor de agua que puede existir en cualquier espacio dado es función de la temperatura e independiente de la existencia de otros gases.

Cuando un espacio dado contiene la máxima cantidad de vapor de agua, para una temperatura dada, se dice que el espacio esta saturado, y la presión ejercida por el vapor de agua en ese medio se denomina presión de saturación. La temperatura a la cual se satura un espacio dado se conoce con el nombre de punto de rocío. Cualquier disminución de esa temperatura origina la condensación.

Para que ocurra la precipitación se requiere que en las nubes exista un elemento (núcleo de condensación o de congelamiento) que propicie la unión de pequeños cuerpos (gotas de agua o cristales) que forman las nubes, a un tamaño tal que su peso exceda a los empujes debidos a las corrientes de aire ascendentes. Estas gotas al caer también hacen que se junten otras por lo que el proceso se extiende como una reacción en cadena.

El ciclo del agua tiene dos partes principales. La parte terrestre del ciclo hidrológico comprende todo lo que tiene que ver con el transporte, el almacenamiento de las aguas en la Tierra y en el mar. La parte de la atmósfera en el transporte de agua, se encuentra principalmente en forma de vapor. En este esquema del ciclo del agua (Figura 2.1) son claramente visibles la parte atmosférica del ciclo (azul) y su parte terrestre (verde). Las cantidades totales de agua almacenada en las reservas de la hidrósfera (mar, atmósfera y continentes) se indican en metros cúbicos. Los procesos de transferencia de agua entre estas distintas reservas de la hidrósfera están indicadas por flechas de color malva acompañadas por la cantidad anual de agua implicada en el proceso. Los fenómenos de precipitación (P) y de evaporación (E) son mas importantes en la superficie del mar que por encima de los continentes. En la atmósfera, el flujo aéreo del vapor de agua Q se debe sobre todo al viento. En los continentes, el movimiento de las aguas puede ser superficial (Ro) o subterráneo (Ru). Toda "pérdida" de agua por parte de la rama terrestre del ciclo supone una

“ganancia” para la rama atmosférica y viceversa. Así pues es imposible considerar aisladamente las dos partes del ciclo hidrológico.

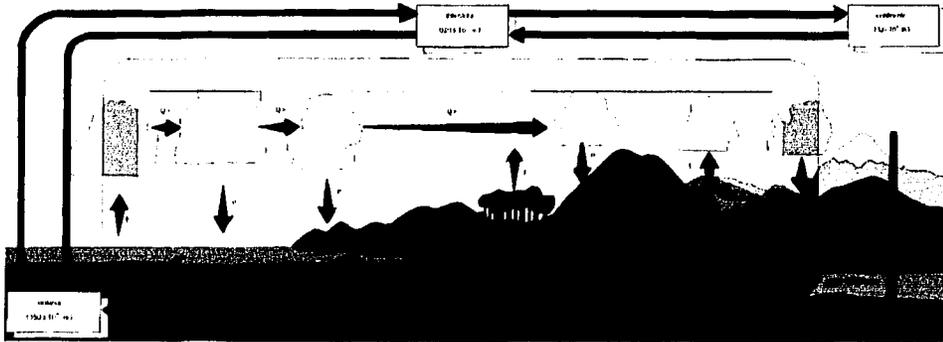


Figura 2.1 Ciclo hidrológico

2.2.2 Tipos de precipitación

La precipitación lleva el nombre del factor que causó el ascenso del aire húmedo, mismo que se enfría conforme alcanza mayores alturas. La lluvia ciclónica es resultado del levantamiento de aire por una baja de presión atmosférica. La lluvia de frente cálido se forma por la elevación de una masa de aire caliente por encima de una de aire frío. La orográfica, se da cuando las montañas desvían hacia arriba el viento, sobre todo aquel proveniente del mar. Del mismo modo, la convectiva se forma con aire cálido que ascendió por ser más liviano que el aire frío que existe en sus alrededores. Esta última se presenta en áreas relativamente pequeñas, generalmente en zonas urbanas.

2.2.3 Distribución de la lluvia en México

La distribución de la lluvia en la República Mexicana se muestra en la Figura 2.2, y en las Tablas 2.2 y 2.3 se consignan algunos valores. En ellas, se establecen las precipitaciones máximas en 24 horas y la precipitación media mensual, en las capitales de los estados de la República Mexicana, respectivamente. También se observan las precipitaciones máximas en 24 horas en la Figura 2.3.

La influencia de las sierras de México es tan marcada que los patrones de las tormentas tienden a parecerse a su conformación topográfica de la precipitación media anual. Por este motivo se llegan a producir las mayores precipitaciones en la República Mexicana (Figura 2.2).

Otro fenómeno que provoca precipitaciones de importancia sobre todo en la región noroeste, es el desplazamiento de frentes fríos que provienen de las zonas polares, que forman las llamadas tormentas de invierno o equipatas.

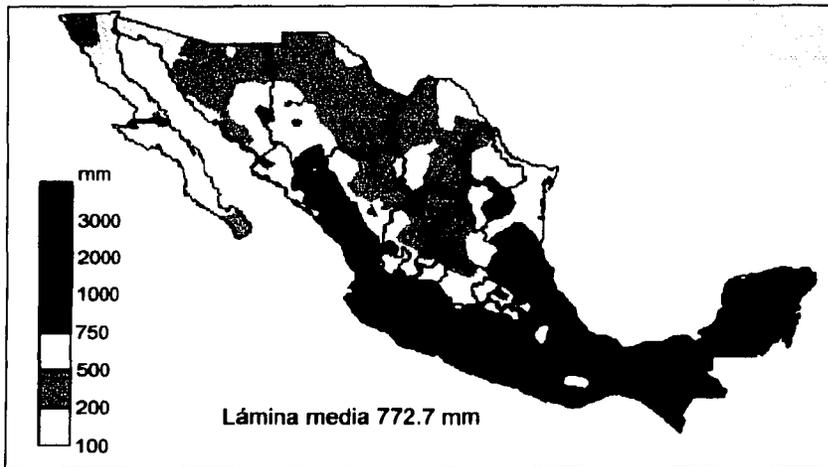


Figura 2.2 Distribución espacial de la precipitación media anual

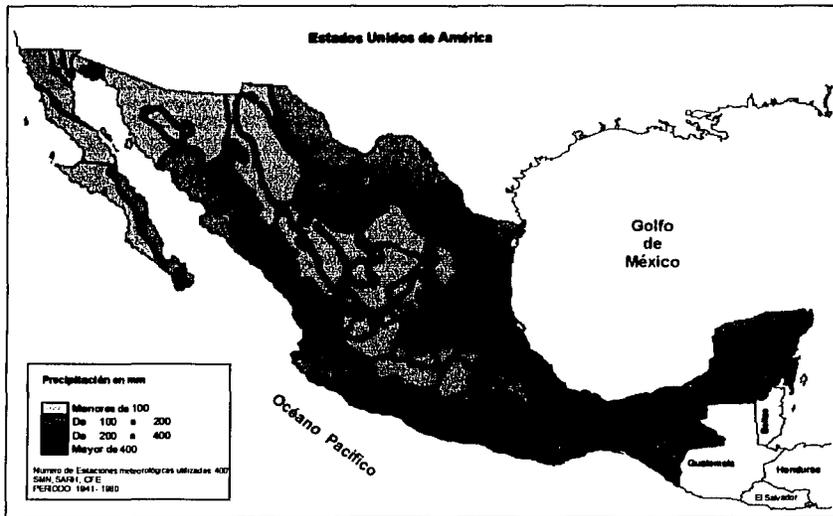


Figura 2.3 Precipitación máxima en 24 horas

Tabla 2.2 Precipitación máxima en 24 horas. (Periodo 1941 - 1997)

N°	Estado	Localidad	mm	N°	Estado	Localidad	mm
1	Aguascalientes	Aguascalientes	85	9	Baja California Sur	San José del Cabo	632
2	Aguascalientes	Jesús María	85	10	Baja California Sur	Santa Rosalía	90
3	Baja California	Ensenada	70	11	Campeche	Campeche	150
4	Baja California	Mexicali	40	12	Campeche	Cd. del Carmen	300
5	Baja California	Tecate	70	13	Campeche	Champotón	150
6	Baja California	Tijuana	70	14	Coahuila	Acuña (Ciudad Acuña)	180
7	Baja California Sur	Cabo San Lucas	200	15	Coahuila	Arteaga	80
8	Baja California Sur	La Paz	110	16	Coahuila	Frontera (Cd. Frontera)	150

Tabla 2.2 Precipitación máxima en 24 horas. (Periodo 1941 – 1997)

N°	Estado	Localidad	mm	N°	Estado	Localidad	mm
17	Coahuila	Monclova	150	82	Guanajuato	San Miguel de Allende	120
18	Coahuila	Piedras Negras	190	83	Guanajuato	Uriangato	90
19	Coahuila	Ramos Arizpe	80	84	Guanajuato	Valle de Santiago	90
20	Coahuila	Saltillo	80	85	Guanajuato	Comonfort	95
21	Coahuila	Torreón	80	86	Guanajuato	San Francisco del rincón	100
22	Coahuila	Matamoros	80	87	Guerrero	Acapulco de Juárez	411
23	Coahuila	Viesca	80	88	Guerrero	Chilpancingo de los Bravos	160
24	Colima	Colima	200	89	Guerrero	Iguala de la Independencia	100
25	Colima	Manzanillo	200	90	Guerrero	Taxco de Alarcón	100
26	Colima	Villa de Álvarez	200	91	Guerrero	Zihuatanejo - Ixtapa	200
27	Chiapas	Comitán de Domínguez	150	92	Guerrero	Quechultenango	150
28	Chiapas	Pijijapan	210	93	Guerrero	Chilapa de Álvarez	150
29	Chiapas	San Cristóbal de las Casas	180	94	Guerrero	Coyuca de Catalán	150
30	Chiapas	Tapachula	300	95	Guerrero	Cutzamala de Pinzón	100
31	Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	150	96	Guerrero	Arcelia	100
32	Chiapas	Arriaga	180	97	Guerrero	Ajuchitlán del Progreso	230
33	Chiapas	Tonalá	190	98	Guerrero	San Marcos	220
34	Chiapas	Mapastepec	250	99	Hidalgo	Atitalaquia	100
35	Chiapas	Acapetagua	250	100	Hidalgo	Atotonilco	100
36	Chiapas	Acacoyagua	210	101	Hidalgo	Mineral de la Reforma	150
37	Chiapas	Escuintla	210	102	Hidalgo	Pachuca de Soto	150
38	Chiapas	Huixtla	210	103	Hidalgo	Tepeji del Rio de Ocampo	95
39	Chiapas	Tuzatán	220	104	Hidalgo	Tlahuilpan	100
40	Chiapas	Huehuetán	250	105	Hidalgo	Tlaxcoapan	100
41	Chiapas	Mazatán	250	106	Hidalgo	Tula de Allende	100
42	Chiapas	Motuzintla de Mendoza	100	107	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	180
43	Chiapas	Chiapa de Corzo	150	108	Hidalgo	Zempoala	150
44	Chiapas	Chicoasén	180	109	Hidalgo	Meztitlán	150
45	Chiapas	El Bosque	190	110	Jalisco	Guadalajara	110
46	Chiapas	Siltepec	110	111	Jalisco	Guzmán (Ciudad Guzmán)	150
47	Chiapas	Unión Juárez	200	112	Jalisco	Lagos de Moreno	95
48	Chiapas	Frontera Hidalgo	0	113	Jalisco	Ocotlán	100
49	Chihuahua	Chihuahua	90	114	Jalisco	Puerto Vallarta	200
50	Chihuahua	Cuauhtémoc	80	115	Jalisco	Tepalitlán	90
51	Chihuahua	Delicias	85	116	Jalisco	Tala	100
52	Chihuahua	Hidalgo del Parral	95	117	Jalisco	Quitupán	90
53	Chihuahua	Juárez (Ciudad Juárez)	100	118	México	Atizapán	80
54	D.F.	Álvaro Obregón	90	119	México	Atizapán de Zaragoza	80
55	D.F.	Azcapotzalco	90	120	México	Chalco	100
56	D.F.	Benito Juárez	90	121	México	Chimalhuacán	100
57	D.F.	Coyoacán	90	122	México	Coacalco	100
58	D.F.	Cuajimalpa de Morelos	90	123	México	Cuautitlán	100
59	D.F.	Cuauhtémoc	90	124	México	Ecatepec	100
60	D.F.	Gustavo A. Madero	90	125	México	Ixtapaluca	100
61	D.F.	Iztacalco	90	126	México	Izcalli	100
62	D.F.	Iztapalapa	90	127	México	Los Reyes - La Paz	100
63	D.F.	Magdalena Contreras	90	128	México	Lerma de Villada	95
64	D.F.	Miguel Hidalgo	90	129	México	Metepec	95
65	D.F.	Miipa Alta	90	130	México	Naucalpan	100
66	D.F.	Tláhuac	90	131	México	Nezahualcóyotl	100
67	D.F.	Tlalpan	90	132	México	Nicolás Romero	100
68	D.F.	Venustiano Carranza	90	133	México	Ocoyoacac	95
69	D.F.	Xochimilco	90	134	México	San Mateo Atenco	95
70	Durango	Durango	80	135	México	Texcoco	100
71	Durango	Gómez Palacios	85	136	México	Tlalnepantla	100
72	Durango	Lerdo (Ciudad Lerdo)	90	137	México	Toluca	100
73	Guanajuato	Celaya	100	138	México	Valle de Bravo	90
74	Guanajuato	Guanajuato	150	139	México	Xonacatlán	90
75	Guanajuato	Huanimaro	100	140	México	Zinacantepec	90
76	Guanajuato	Irapuato	100	141	México	Huixquilucan de Degollado	90
77	Guanajuato	Jaral del Progreso	100	142	México	Temoaya	90
78	Guanajuato	León	120	143	México	Ixtlahuaca de Rayón	90
79	Guanajuato	Moroleón	90	144	Michoacán	Apatzingán	100
80	Guanajuato	Pénjamo	80	145	Michoacán	Jacona	90
81	Guanajuato	Salamanca	100	146	Michoacán	Lázaro Cárdenas	200
82	Guanajuato	San Miguel de Allende	120	147	Michoacán	Morelia	100

Tabla 2.2 Precipitación máxima en 24 horas. (Periodo 1941 – 1997)

Nº	Estado	Localidad	mm	Nº	Estado	Localidad	mm
148	Michoacán	Pátzcuaro	90	213	Sonora	Navjoa	150
148	Michoacán	Uruapan	100	214	Sonora	Nogales	80
150	Michoacán	Zamora	90	215	Sonora	San Luis Río Colorado	70
151	Michoacán	Ciudad Hidalgo	100	216	Sonora	Nacoazari de García	80
152	Morelos	Atlatlahucan	100	217	Tabasco	Cárdenas	390
153	Morelos	Ayala	95	218	Tabasco	Comalcalco	400
154	Morelos	Cuautila	100	219	Tabasco	Paraiso	400
155	Morelos	Cuernavaca	95	220	Tabasco	Villahermosa	300
156	Morelos	Jiutepec	90	221	Tamaulipas	Altamira	200
157	Morelos	Temixco	90	222	Tamaulipas	Ciudad Madero	200
158	Morelos	Tepoztlán	90	223	Tamaulipas	Ciudad Mante	200
159	Morelos	Tlayacapan	90	224	Tamaulipas	Ciudad Victoria	200
160	Morelos	Xochitepec	90	225	Tamaulipas	Matamoros	150
161	Morelos	Yautepec	90	226	Tamaulipas	Nuevo Laredo	150
162	Morelos	Yecapixtla	90	227	Tamaulipas	Reynosa	200
163	Morelos	Zapata	90	228	Tamaulipas	Río Bravo	200
164	Morelos	Axochiapan	100	229	Tamaulipas	Tampico	200
165	Morelos	Puente de Ixtla	90	230	Tlaxcala	Apetatitlán	90
166	Morelos	Tepalcingo	90	231	Tlaxcala	Apizaco	90
167	Morelos	Jocutla	100	232	Tlaxcala	Calpulalpan	90
168	Nayarit	Bahía de Banderas	200	233	Tlaxcala	Chiautempan	90
169	Nayarit	Tepec	200	234	Tlaxcala	Huamantla	100
170	Nayarit	Santiago Ixcuintla	200	235	Tlaxcala	Panotla	90
171	Nayarit	Tuxpan	150	236	Tlaxcala	Tetla	90
172	Nayarit	Rosamorada	200	237	Tlaxcala	Tlaxcala	100
173	Nuevo León	Linares	200	238	Tlaxcala	Totolac	90
174	Nuevo León	Monterrey	200	239	Tlaxcala	Yauhquemehcan	90
175	Nuevo León	Montemorelos	150	240	Veracruz	Alvarado	400
176	Nuevo León	Los Rayones	200	241	Veracruz	Amatlan	200
177	Nuevo León	Hualahuises	200	242	Veracruz	Banderilla	400
178	Oaxaca	Bahías de Huatulco	200	243	Veracruz	Boca de Río	400
179	Oaxaca	Oaxaca	400	244	Veracruz	Coatepec	200
180	Oaxaca	Salina Cruz	200	245	Veracruz	Coatzacoalcos	300
181	Oaxaca	Tuxtepec (San Juan Bautista)	200	246	Veracruz	Coatzintla	200
182	Oaxaca	Juchitán	210	247	Veracruz	Córdoba	200
183	Puebla	Guadalupe Victoria	90	248	Veracruz	Cosoloacaque	390
184	Puebla	Puebla	90	249	Veracruz	Emiliano Zapata	90
185	Puebla	San Martín Texmelucan	100	250	Veracruz	Fortín	390
186	Puebla	Tehuacan	95	251	Veracruz	Ixhuatlan del Sureste	300
187	Querétaro	Corregidora	95	252	Veracruz	Jalapa	300
188	Querétaro	El Marquez	95	253	Veracruz	Martínez de la Torre	390
189	Querétaro	Huimilpan	95	254	Veracruz	Minatitlán	300
190	Querétaro	Querétaro	100	255	Veracruz	Nanchital	390
191	Querétaro	San Juan del Río	90	256	Veracruz	Orizaba	200
192	Q. Roo	Benito Juárez	200	257	Veracruz	Pánuco	300
193	Q. Roo	Cacún	200	258	Veracruz	Poza Rica	350
194	Q. Roo	Chetumal	100	259	Veracruz	Río Blanco	200
195	San Luis Potosí	Ciudad Valles	200	260	Veracruz	Tihuatlán	200
196	San Luis Potosí	Diez Gutiérrez	80	261	Veracruz	Tlalnahuayocan	300
197	San Luis Potosí	San Luis Potosí	95	262	Veracruz	Tuxpan	200
198	Sinaloa	Villa de Ahome	100	263	Veracruz	Veracruz	400
199	Sinaloa	Culiacán	200	264	Veracruz	Yanga	200
200	Sinaloa	Guasave	180	265	Veracruz	Ciudad Mendoza	200
201	Sinaloa	Mazatlán	200	266	Yucatán	Conkal	100
202	Sinaloa	Mochis	100	267	Yucatán	Kanasin	100
203	Sinaloa	Guamúchil	190	268	Yucatán	Mérida	100
204	Sinaloa	Topolobampo	100	269	Yucatán	Progreso	100
205	Sinaloa	El Fuerte	180	270	Yucatán	Tixpuehual	100
206	Sinaloa	Sinaloa de Leyva	190	271	Yucatán	Ucu	100
207	Sinaloa	Guamúchil	195	272	Yucatán	Umán	100
208	Sonora	Agua Prieta	80	273	Yucatán	Valladolid	200
209	Sonora	Ciudad Obregón	100	274	Zacatecas	Rosales	80
210	Sonora	Empalme	100	275	Zacatecas	Fresnillo	80
211	Sonora	Guaymas	100	276	Zacatecas	Guadalupe	80
212	Sonora	Hermosillo	90	277	Zacatecas	Zacatecas	80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 2.3 Lámina de lluvia mensual por entidad federativa (mm)

Estado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Aguascalientes	13.3	6.3	3.4	7.5	16.4	70.8	101.4	103.3	76.9	33.2	12.5	11.1	456.1
Baja California	38.1	30.3	37.5	15.3	4.3	1.2	1.4	5.2	5.8	9.2	22.7	34.1	205.1
Baja Cal. Sur	14.5	4.7	2.3	1.0	0.6	1.0	19.3	41.7	52.0	18.5	5.9	14.0	175.5
Campeche	27.6	19.2	18.4	13.9	60.1	157.3	189.4	200.3	207.2	120.9	54.7	33.7	1102.7
Coahuila	13.5	12.2	6.3	20.2	36.1	37.1	33.2	40.3	56.2	30.2	13.2	12.3	310.8
Colima	23.5	7.6	4.0	2.5	9.1	112.8	168.4	203.4	223.2	100.8	25.2	14.8	895.3
Chiapas	83.8	59.4	49.8	56.5	133.1	270.5	272.9	265.2	342.1	230	111.6	107.5	1982.4
Chihuahua	17.6	9.6	6.9	8.2	10.3	35.4	111.4	100.8	71.1	29.4	9.3	18.7	428.7
Distrito Federal	7.8	4.7	8.9	22.6	50.7	123.9	155.1	141.7	122.6	50.4	10.5	6.1	705
Durango	22.0	10.2	5.9	5.3	11.4	60.4	119.5	120	95.3	36.4	13.7	27.4	527.5
Guanajuato	13.2	7.1	8.4	15.7	36.5	105.3	125.3	122.7	98.5	41.7	12.2	10.8	597.4
Guerrero	10.8	3	2.7	9.6	50.4	204.9	227.7	226.9	263.4	108.4	26.5	6.2	1140.5
Hidalgo	21.6	18.1	22.3	41.7	69.4	128.4	120.7	111.5	161.0	80.5	37.3	22.5	835
Jalisco	16.2	8.3	7.1	7.0	26.2	147.9	212	187.3	144.8	63.7	17.0	14.1	851.6
México	14.2	6.8	9.4	24.9	65.1	163.7	193.4	183.0	166.8	75.4	21.1	9.4	933.2
Michoacán	15.0	4.8	4.2	10.9	33.6	140.7	190.1	172.5	162.2	66.3	16.4	9.7	826.4
Morelos	10.4	3.3	4.3	13.8	53.6	182.5	173.9	157.4	183.3	66.2	13.7	4.4	866.8
Nayarit	20.6	9.1	4.8	4.3	8.7	136.9	275.3	264.5	212.7	74.8	15.2	18.6	1045.5
Nuevo León	21.4	18.1	16.2	37.7	62.1	75.1	55.2	85.2	131.7	62.4	19	17.9	602.0
Oaxaca	31.4	28	22.3	31.1	88.9	257.3	265.3	247.6	288.2	143.2	61.2	38.5	1503.0
Puebla	30.6	25.5	26	44.4	83.3	181	187.6	174.1	222.2	123.4	59.9	35.4	1193.4
Querétaro	12.7	6.0	8.5	21.2	42.6	105.2	112.2	101.5	100.9	43.6	13.1	8.0	575.5
Quintana Roo	63.3	39.3	31.5	30.7	101.1	177.5	140.9	131.9	204.4	159.7	89.5	81.8	1251.6
San Luis Potosí	20.5	17.5	16.8	36.6	69.3	156.3	149.6	150.4	209	95.4	37.3	25.9	984.6
Sinaloa	31.5	14.6	13.1	9.0	11.1	60.3	191	196.3	159.6	61.6	22.0	35.1	805.2
Sonora	26.3	15.3	11.1	4.3	3.7	20.1	121.2	111.9	55.6	26.5	12.6	27.5	436.1
Tabasco	187.3	120.4	84.1	71.8	126.3	248.7	210	246.7	381.3	346.4	212.4	197.3	2432.7
Tamaulipas	19.5	15.8	15.9	35.8	70.3	129.3	108.9	105.6	154.5	72.4	25	19.9	772.9
Tlaxcala	7.9	6.6	11.4	32.8	73.1	129.7	125.7	124	107.2	51.4	16.4	6.9	693.1
Veracruz	42.0	35.0	32.9	44.4	76.8	208.8	237.1	195.8	292.3	155.2	82.7	56.5	1459.5
Yucatán	35.7	35.3	30.4	30.8	81.8	164.4	172.5	168.5	190.1	111.3	52.1	45.5	1118.4
Zacatecas	17.4	8.4	5.9	7.6	19.0	79.7	119.0	111.7	84.7	35.3	13.4	17.9	1520.0
Nacional	27.3	18.2	15.2	19.2	40.8	104.6	140.4	136.1	142.0	72.5	31.1	30.0	777.4

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, <http://smn.cna.gob.mx/smn.html>

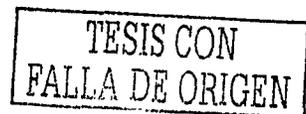
2.3 CICLONES TROPICALES

Un ciclón tropical consiste en una gran masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes mayores de 119 km/h que giran en forma de espiral alrededor de una zona central de baja presión (vientos menores a 63 km/h)

Los ciclones tropicales generan lluvias intensas, vientos fuertes, oleaje grande y mareas de tormenta.

Se originan en el mar entre las latitudes 5° a 15°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en la época que la temperatura del agua es mayor a los 26° C. Las regiones donde se originan los ciclones se les conoce como zonas ciclogénicas o matrices. Los ciclones que llegan a México provienen de la sonda de Campeche, Golfo de Tehuantepec, Caribe (alrededor de los 13° latitud norte y 65° longitud oeste) y sur de las islas Cabo Verde (cerca de los 12° latitud norte y 57° longitud oeste, región Atlántica). En la Figura 2.4 se presentan las regiones ciclogénicas de los huracanes.

La energía de un ciclón es mayor conforme es más grande la diferencia de presiones entre su centro y su periferia; esta última es del orden de 1013 mb.(1.033 kg/cm²)



Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la presión que existe en su centro o la intensidad de sus vientos. Se les denomina depresión tropical (presión de 1008 mb (1.028 kg/cm²) a 1005 mb (1.025 kg/cm²) o velocidad de los vientos menor a 63 km/h), tormenta tropical (presión de 1004 mb (1.024 kg/cm²) a 985 mb (1.004 kg/cm²) o velocidad del viento entre 63 y 118 km/h) y huracán (presión menor a 984 mb (1.0034 kg/cm²) o velocidad del viento mayor a 119 km/h). En la Tabla 2.4 se consigna la clasificación de ciclones de Saffir-Simpson y algunos de sus efectos.

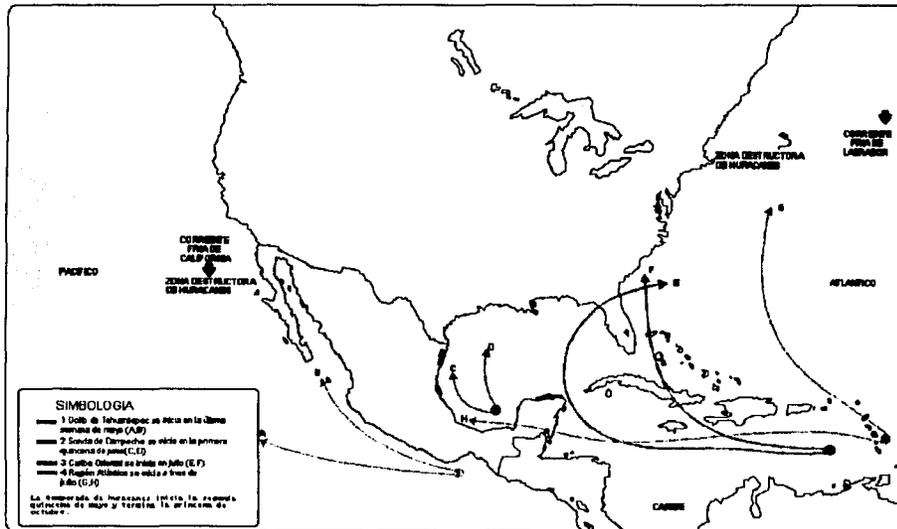


Figura 2.4 Regiones ciclogénicas de los huracanes

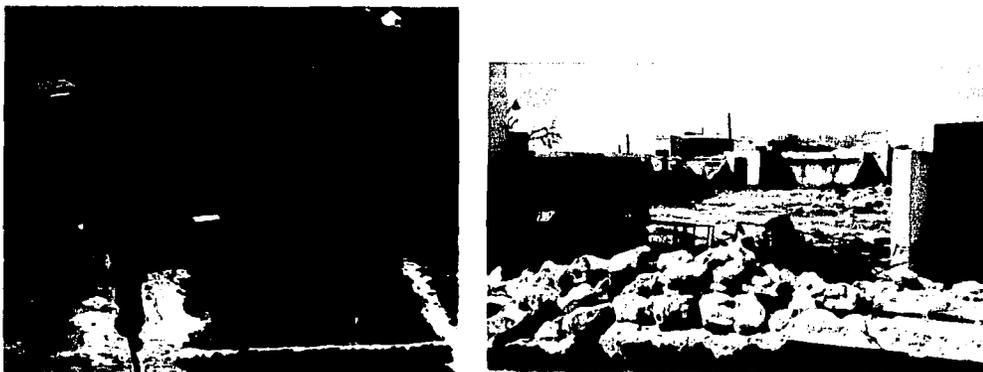


Figura 2.5 Efectos causados por el huracán Iridre en Yucatán y Campeche, 2002

Tabla 2.4 Clasificación de Huracanes

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Marea de tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones
Perturbación tropical	1008.1 a 1010			Ligera circulación de vientos.
Depresión tropical	1004.1 a 1008	< 62		Localmente destructivo.
Tormenta tropical	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos.
1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes, arbustos y árboles. También algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves en los muelles. Provoca algunos daños en los techos, puertas y ventanas de los edificios. Daños considerables a la vegetación, casas rodantes y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de la entrada del centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarras.
2	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. Los terrenos planos abajo de 1.5 m puede resultar inundados hasta 13 km de la costa o más.
3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento con derrumbe completo de toda la estructura del techo en las residencias pequeñas. Erosión importante de las playas, daños graves en los pisos bajos de las estructuras cercanas a las costa. Inundaciones de los terrenos planos bajos, abajo de 3 m situados hasta 10 km de la costa.
4	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	

La temporada de ciclones tropicales en la República Mexicana suele iniciarse en la primera quincena del mes de mayo para el océano Pacífico, mientras que en el Atlántico durante junio, terminando en ambos océanos a principios de noviembre; el mes más activo es septiembre.

Las trayectorias que describen los ciclones están en función de las condiciones climatológicas existentes y pueden entrar o no a tierra. Su patrón promedio es más o menos conocido, aunque en algunos casos se presentan ciclones con trayectorias erráticas, como sucedió con el huracán Roxanne que afectó a México en octubre de 1995.

El pronóstico de la trayectoria de los ciclones tropicales sirve de guía para la toma de decisiones sobre la protección a la población, ya que se puede tener una idea de las posiciones que tendrá el ciclón en un futuro inmediato y de la evolución de su intensidad. A partir de estos se establecen tiempos de alerta y se prepara la eventual evacuación de los habitantes en las zonas de riesgo.

República Mexicana, debido a su ubicación entre los paralelos 16° y 32° latitud norte y por la gran extensión de litorales con que cuenta, es afectada por ciclones tanto en las costas del océano Pacífico como en las del Golfo de México y el Caribe. Por lo mismo, los asentamientos humanos cercanos a las costas, están expuestos a la influencia de las perturbaciones ciclónicas. Las áreas afectadas regularmente abarcan más del 60 % del territorio nacional. Se ha observado que en México, entre mayo y noviembre, se presentan 25 ciclones en promedio con vientos mayores de 63 km/h, de los cuales aproximadamente 15 ocurren en el océano Pacífico y 10 en el Atlántico. De éstos, anualmente 4 ciclones (dos del Pacífico y dos del Atlántico) inciden a menos de 100 km del

territorio nacional. En la Figura 2,6 se muestra el mapa de peligros por incidencia de ciclones tropicales en el periodo de 1960 a 1995.

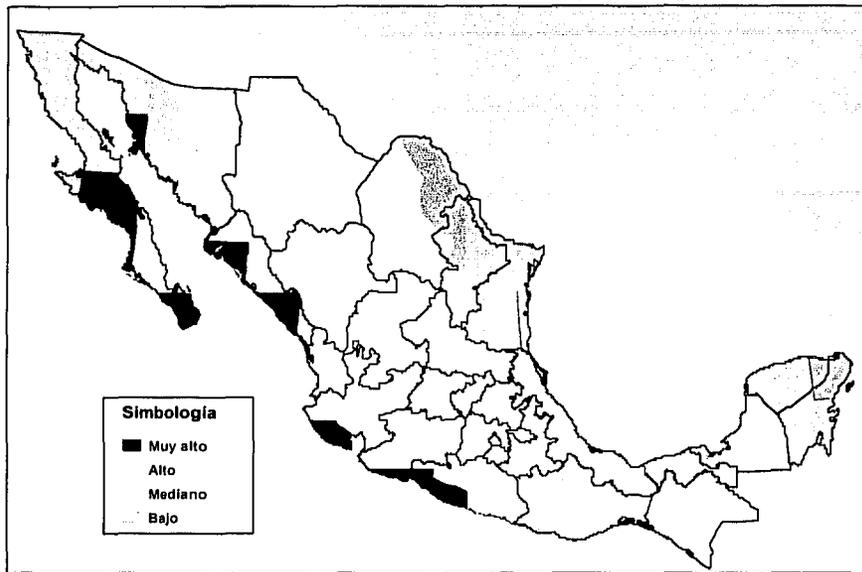


Figura 2.6 Mapa de peligros por incidencia de ciclones

El mapa de peligro por incidencia de ciclones tropicales se elaboró a partir de un estudio llevado a cabo por el área de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED, "Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México" del Dr. Oscar Fuentes Mariles y la M. en I. María Teresa Vázquez Conde, el cual consiste en analizar estadísticamente la incidencia de trayectorias de ciclones tropicales en una malla de cuadros de 2° de latitud por 2° de longitud, a partir de una base de datos con un periodo histórico que comprende de 1960 a 1995. Una vez que se determinó la malla de estudio sobre la República Mexicana se trazaron las trayectorias de ciclones tropicales sobre la misma y se calculó la probabilidad de que pase un ciclón tropical en cada uno de los cuadros, con lo cual se puede contar con un criterio para definir un nivel de peligro muy alto, alto, mediano y bajo. Además se eligió un área de estudio que comprende desde la línea de costa hasta la elevación 1000 msnm. que comprende una franja que va de los 50 a los 250 km, y que se considera como límite de influencia de los ciclones tropicales.

Un ciclón, así como cualquier fenómeno natural, puede ocasionar un desastre de diversas proporciones. Su impacto destructivo depende no sólo de su intensidad, sino también de la conformación urbana que tengan las poblaciones.

Los principales efectos de los ciclones son:

Viento. El viento distingue al ciclón de otros tipos de tormentas severas. Es el generador de otros fenómenos físicos que causan peligro: el oleaje y la marea de tormenta. Los huracanes tienen vientos mayores a los 120 km/h que son muy peligrosos para la navegación (por el oleaje que desarrolla) y generan fuerzas de arrastre que pueden levantar techados, tirar árboles y destruir casas.

En el caso del huracán Gilberto el viento alcanzó una velocidad máxima con ráfagas de 280 km/h y una velocidad máxima sostenida de 210 km/h.

Precipitación. Los ciclones tropicales traen consigo enormes cantidades de humedad, por lo que generan fuertes lluvias en lapsos cortos. Las intensidades de la lluvia son aún mayores cuando los ciclones enfrentan barreras montañosas, como sucedió con el huracán Pauline en Acapulco que presentó una intensidad máxima de precipitación de 120 mm/h y una lámina de lluvia de 411 mm en un día.

En los planos de contacto entre superficies frontales y masas de aire con diferentes temperaturas y humedad. La precipitación puede no ser frontal y puede ocurrir donde exista una depresión barométrica. El levantamiento del aire se origina por convergencia horizontal de la entrada de la masa de aire en una área de baja presión

La precipitación frontal es originada por el levantamiento de masa de aire caliente sobre masas de aire frío. Este levantamiento puede ocurrir cuando el aire caliente se mueve sobre el aire frío, se origina un frente caliente, la precipitación producida por este frente caliente se distribuye sobre una área bastante grande, es ligera y continua.

Si la masa de aire frío se mueve sobre la masa de aire caliente se dice que el frente es frío, la precipitación es intensa y de corta duración. Generalmente se distribuye cerca de la superficie frontal.

Marea de tormenta. Corresponde a la sobrelevación del nivel medio del mar (de más de 1.0 m) en la costa. Esta sobrelevación se produce por el viento que sopla en dirección normal a la masa continental. El máximo ascenso del mar ocurre cuando a la marea de tormenta se le suma la habitual (debida a la atracción de la Luna y el Sol sobre la Tierra, que se le llama astronómica). Como al incremento del nivel medio del mar se le agrega el oleaje que está produciendo el viento, no es obvio percatarse de la existencia de dicha sobrelevación. Sin embargo, a ello se debe que las olas impacten sobre estructuras que estaban tierra adentro.

Paradójicamente la marea de tormenta es la manifestación menos obvia de un ciclón para la población en general y a la vez es la que mayor número de muertes produce, ya que su efecto principal es la inundación de las zonas costeras bajas. Esta cubre una extensa franja a lo largo de la costa, afectando a las propiedades y habitantes ubicados dentro de ella.

Oleaje. Por la gran intensidad de los vientos y lo extenso de la zona en que actúan, se forman fuertes oleajes, que pueden dañar de modo importante a la zona costera. Por una parte, las estructuras en tierra, cercanas al mar quedan expuestas al oleaje al ascender el nivel medio del mar por la marea de tormenta y por otra, pueden acarrear gran cantidad de arena de la costa hacia otros sitios, con lo cual se disminuyen las playas.

En la Tabla 2.5 se hace una descripción de los daños provocados por los huracanes más importantes que se han presentado en la República Mexicana en los últimos años. De igual forma, se presentan las trayectorias de los mismos en la Figura 2.7 en cuyo fondo del mapa se aprecia en diferentes intensidades de color las probabilidades de paso de un huracán entre los 16° y 32° latitud norte y los 84° y los 116° longitud este.

Tabla 2.5 Resumen de daños provocados por algunos huracanes que han afectado a México

Fecha	Huracán	Océano	Daños y Estados Afectados
1955 ¹ 4- 6/ 09	Gladys	Atlántico	Inundaciones en las zonas bajas de la ciudad de Tampico. Veracruz y Tamaulipas.
10/ 09	Hilda		Inundación de la ciudad de Tampico, con una altura máxima de 3.30 m sobre la media marea, el 25 de septiembre. San Luis Potosí, 1200 damnificados.
21- 30/ 09	Janet		La cortina de la presa San José, S. L. P. fue sobrepasada sin fallar ésta. Parte de la Cd. de S. L. P. se inundó. Puentes dañados. Viviendas en Soledad D. Gutiérrez fueron destruidas por el desbordamiento del río Santiago el 30 de septiembre. Inundación en Tampico con un nivel máximo de 5.88 m, el 6 de octubre. Pérdidas de aproximadamente 20 000 cabezas de ganado. Yucatán y Quintana Roo. 1200 víctimas y 52, 530 damnificados
1959	Ciclón de Manzanillo	Pacífico	Una flota de tres barcos mercantiles naufragaron. 25% de las casas en Cihuatlán fueron totalmente destruidas. Carreteras dañadas trenes descarrilados. Colima y Jalisco. 1500 muertos y más de 1,600 damnificados
1967 8- 23/ 09	Beulah	Atlántico	Severas inundaciones en las ciudades de Reynosa y Matamoros. Vientos de hasta 200 km/ h. Daños severos en Cozumel con el 40 % de las casas destruidas. Fueron dañados barcos y muelles en la costa este de Yucatán. Hubo pérdida en cultivos de maíz. Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán y Quintana Roo. 19 víctimas y 100,000 damnificados
1967 29/08-2/09	Katrina	Pacífico	Daños importantes en los túneles de la presa Infiernillo por cavitación. Guerrero, Baja California, Baja California Sur, Sonora y Nayarit. 15 muertos y 30,000 damnificados.
1968 10- 13/ 09	Naomi	Pacífico	60 000 ha. de cultivo afectadas. Severas inundaciones en Torreón, Gómez Palacio, Chihuahua y otras ciudades en Jal. y Sin. Caminos y zonas agrícolas dañadas. Colima., Sinaloa., Durango., Jalisco., Coahuila., Sonora. y Chihuahua. 10 muertos y 50,000 damnificados
1976 29/ 09- 1/ 10	Liza	Pacífico	Se produjo una avenida súbita en la ciudad de La Paz con graves inundaciones. Ello se debió a la falla de un bordo de protección de la ciudad. Baja California Sur y Sonora. Más de 1,000 muertos y de 10,000 a 12,000 damnificados
1988 14- 17/ 09	Gilbert	Atlántico	Vientos de hasta 300 km/ h en Cozumel con oleaje de hasta 5 m de altura. Resultaron seriamente dañadas amplias zonas turísticas, agrícolas y boscosas. Sobrelevación del nivel medio del mar cercana a 2.5 m. Los daños por precipitación pluvial se registraron básicamente en Nuevo León Coahuila. y Tamaulipas. El mayor número de víctimas (200 muertos) se registró en la ciudad de Monterrey sobre el río Santa Catarina. Decenas de miles de viviendas afectadas. Yucatán., Q. Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León. y Coahuila. Doscientos cincuenta muertos y 150,000 damnificados
1993 17- 21/ 09	Gert	Atlántico	Se desbordó el río Tamesí. En el estado de Hidalgo se registraron 35 municipios afectados; 15 decesos; 17 390 damnificados; 4,425 viviendas afectadas; 18 carreteras; 68 caminos; 38 puentes; 35 ríos desbordados; 23 sistemas de agua potable; 67 600 hectáreas de cultivos y 361 comunidades incomunicadas. En el estado de San Luis Potosí 25 decesos; 55,000 damnificados; pérdidas en un 80% de las cosechas. Una gran cantidad de cabezas de ganado se perdieron. En Tamaulipas se inundaron 22 municipios, 17 colonias en Tampico y 11 colonias en Altamira. Veracruz resultó dañado por inundaciones sin pérdida de vidas. Veracruz., Hidalgo., San Luis. Potosí. y Tamaulipas. 40 muertos y 75,000 damnificados
1995 12- 16/ 09	Ismael	Pacífico	Una intensa lluvia se registró sobre Guasave la cual provocó la inundación de algunas áreas por espacio de varias semanas. En Ahome resultaron destruidas 373 casas por el efecto del viento. Murieron pescadores en Sinaloa. 40 embarcaciones fueron hundidas. Se interrumpieron los principales servicios públicos. 4728 casas destruidas por inundación y 21500 ha. de cultivos afectadas. Son, Sin. Y B. C. S. De 150 a 200 muertos y 24,111 damnificados
1995 27/ 09- 5/ 10	Opal	Atlántico	Diecinueve personas murieron debido a inundaciones. Se desbordaron los ríos Grijalva y Usumacinta. En Cd. del Carmen el 90% de las casas fueron dañadas. 300 reses perecieron en Campeche. Se dañaron varios puentes y carreteras. En Yucatán más de 200 embarcaciones sufrieron deterioro. Veracruz, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán. 45 muertos y 250,000 damnificados
8- 20/ 10	Roxanne	Atlántico	Los ríos Nautla, Colipa, Actopan, Misantla, Bobos, Grijalva y Usumacinta se desbordaron. Se presentó la peor marejada de Veracruz en los últimos 50 años. Cd. del Carmen se inundó en un 95%. En Campeche se perdieron el 80% de cultivos de maíz, 50% de la actividad pecuaria, 30% de la avicultura y 60% de ganadería. En Tabasco 3000 reses perecieron. En Q. Roo 60% de los 850 km de playa fueron arrasadas, 350000 ha de vegetación diversa se perdieron, se perdió el 90% de la cosecha de maíz y chile y 65000 aves murieron. La característica particular de este huracán fue su trayectoria tan irregular. Veracruz, Campeche,

1997	Pauline	Pacífico	Tabasco, Quintana Roo y Yucatán. 6 muertos y 40,000 damnificados
5-10/10			54000 casas dañadas, 122282 ha. de cultivos dañados y 80000 ha. de bosques y selva perdidos en Oaxaca. Se presentaron inundaciones, 20 puentes carreteros y varias carreteras se dañaron. Hubo 350 deslizamientos e interrupción de servicios públicos. Guerrero. y Oaxaca. 393 muertos y mas de 50,000 damnificados

Esta serie de huracanes se presentaron secuencialmente y afectaron a la cuenca del Pánico.

² Las muertes se dieron principalmente en las huastecas veracruzana y potosina. Se incluyen las muertes provocadas por el huracán Hilda.

Elaboró: Ma. Teresa Vázquez Conde

La población que puede afectarse anualmente por la presencia de un ciclón se muestra en la Tabla 2.6.

Como medidas de prevención de daños contra ciclones, el Centro Nacional de Prevención de Desastres ha desarrollado Sistemas de Alerta Temprana en varias ciudades con riesgo de inundaciones en la República Mexicana.

El objetivo de estos sistemas de alerta es avisar con anticipación de la ocurrencia de inundaciones o desbordamientos de ríos. Se basan en la medición telemétrica, de la lluvia y niveles de agua de los ríos, en varios sitios estratégicos de la ciudad y en un procesamiento hidrológico, que considera las condiciones particulares del lugar. La aplicación del sistema se muestra en las pantallas de dos computadoras personales, tanto la precipitación y niveles que están presentándose cada 10 minutos, como el estado que tendrán los arroyos y ríos más importantes e indica si se llega a valores de peligro.

Los ciclones tropicales también pueden producir efectos favorables, sobre todo porque son una de las principales fuentes de precipitación en el país y sus lluvias contribuyen a la recarga de acuíferos y aumentan el volumen de agua almacenado en las presas (especialmente en zonas con poca precipitación, como Monterrey, Nuevo León).

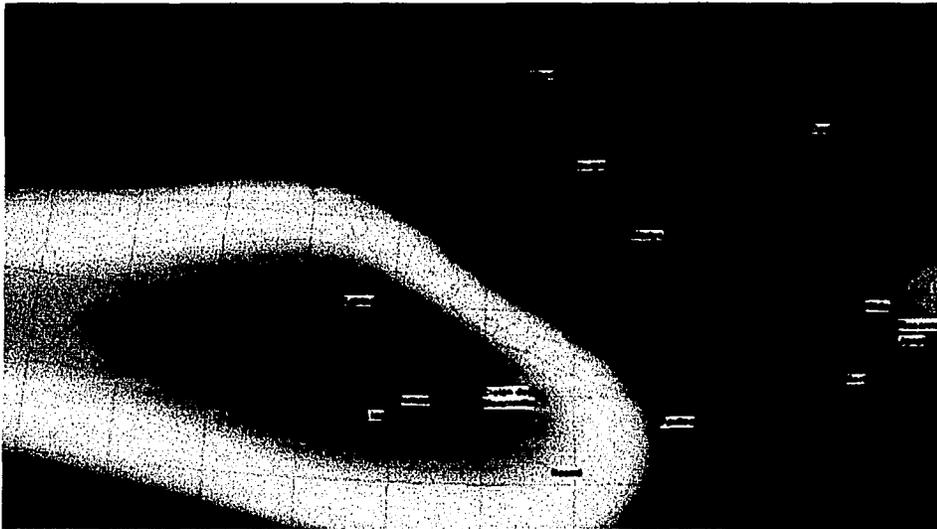


Figura 2.7 Probabilidad de paso de un huracán en el periodo de 1960 a 1995 y trayectoria de los huracanes más destructivos que han afectado al país

Tabla 2.6 Población potencialmente afectada por la ocurrencia de ciclones tropicales en México

Estado	Núm. de hab.	Población en riesgo (%)
Aguascalientes	862720	2.7
Baja California	2112140	13.0
Baja California Sur	375494	55.3
Campeche	642516	19.9
Coahuila	2173775	2.7
Colima	488028	50.1
Chiapas	3584786	10.5
Chihuahua	2793537	15.4
Distrito Federal	8489007	2.7
Durango	1431748	8
Guanajuato	4406568	10.5
Guerrero	2916567	41
Hidalgo	2112473	10.5
Jalisco	5991176	50.1
Estado de México	11707964	10.5
Michoacán	3870604	22.1
Morelos	1442662	2.7
Nayarit	896702	13
Nuevo León	3550114	13
Oaxaca	3228895	24.3
Puebla	4624365	17.7
Querétaro	1250476	10.5
Quintana Roo	703536	30.3
San Luis Potosí	2200763	10.5
Sinaloa	2425675	32.2
Sonora	2085536	15.4
Tabasco	1748769	10.5
Tamaulipas	2527328	22.1
Tlaxcala	663924	2.7
Veracruz	6737324	17.7
Yucatán	1556622	26.3
Zacatecas	1336496	8

2.4 ESCURRIMIENTO

Los flujos de agua que se forman en la superficie del terreno, ya sea por la lluvia o por agua que emana del interior del suelo reciben el nombre de escurrimiento. El superficial corresponde a aquella parte del agua que se precipita y se desplaza sobre el suelo, que llega a pequeñas corrientes, luego a arroyos y posteriormente a ríos. Estos escurrimientos pueden dar lugar a las crecidas o avenidas que se manifiestan por un cambio brusco (de horas o días) del nivel del agua en los cauces de los ríos.

En la magnitud y la variación con el tiempo del escurrimiento influye la topografía, el tipo y el uso del suelo, el área y la pendiente de la cuenca, y las condiciones de humedad del terreno antes de la ocurrencia de la precipitación.

Los recursos de agua dulce de una región están constituidos por ríos, arroyos, lagos y lagunas, así como por almacenamientos subterráneos. En México, su distribución es muy heterogénea; en la región sureste del país, que ocupa el 15% del territorio nacional, el potencial hidráulico equivale a 42% de los escurrimientos fluviales; por otra parte, el altiplano del centro y norte del país cuenta con el 36% del área y únicamente con 4% de los escurrimientos superficiales.

Dentro del territorio nacional existe un gran número de corrientes naturales y se han identificado los 42 ríos de mayor importancia en el ámbito nacional. Ellos fluyen en tres diferentes vertientes: Golfo, Pacífico e Interior (Figura 2.8 y Tabla 2.7).

Las presas tienen una función esencial en el control de inundaciones. Ellas regulan los escurrimientos de los ríos, es decir, disminuyen la magnitud de los escurrimientos cuando almacenan el agua para luego descargarla en menor cantidad cuando es más útil en la época de estiaje.

La infraestructura hidráulica de México tiene una capacidad de almacenamiento de 150,000 millones de m³, equivalente a 37% del escurrimiento medio anual del país, con lo cual se regulan las variaciones estacionales y anuales.

Por otra parte, una presa puede ser fuente de riesgo, por una ruptura o cuando desaloja un gran volumen de agua almacenada en un lapso corto. Una presa es considerada particularmente peligrosa, desde el punto de vista de vidas humanas, cuando aguas abajo de la misma existen poblaciones con más de 200 viviendas o mayores de 1000 habitantes que pueden ser afectados por las aguas desalojadas por la presa; o bien, desde el punto de vista de daños potenciales, cuando existen centros de intensa actividad industrial o áreas con un alto índice de productividad agrícola o explotación diversa, de 500 o más hectáreas, en la zona a la que pueden cubrir las aguas provenientes de estos embalses.

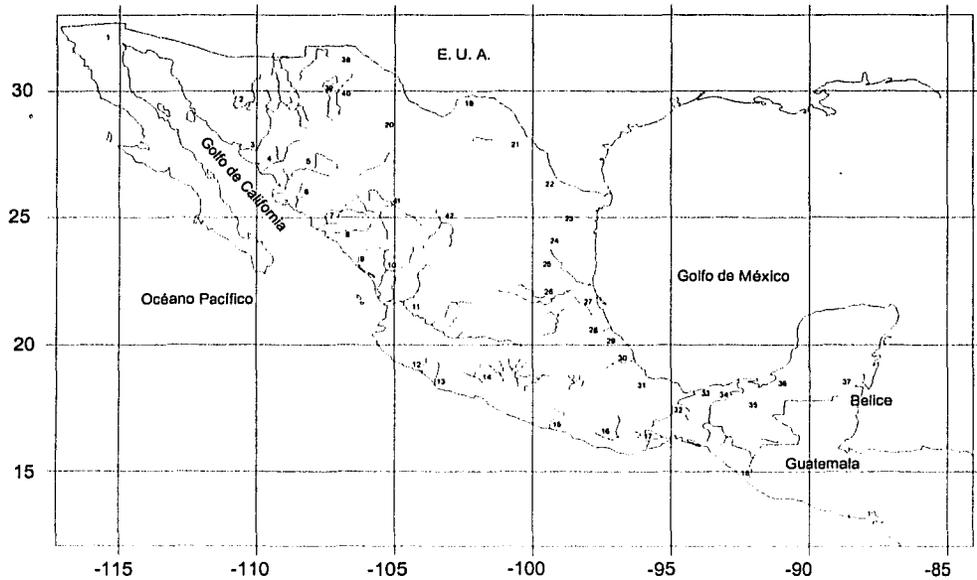


Figura 2.8 Principales ríos de la República Mexicana, los nombres y características de los ríos, de acuerdo con su número se listan en la Tabla 2.7

Tabla 2.7 Principales ríos de la República Mexicana

No.	Ríos	Escorrentamiento Medio Anual (hm3)	Vertiente	Sección
1	Colorado	1868		
2	Sonora	203		
3	Yaqui	6534		
4	Mayo	965		
5	Fuerte	4973		
6	Sinaloa	1744		Norte
7	Cullacán	3141		
8	San Lorenzo	1735		
9	Acaponeta	1619		
10	San Pedro		Pacífico	
11	Lerma-Santiago	20976		
12	Armería	1141		
13	Coahuayana	1313		
14	Balsas	11911		Centro
15	Papagayo	4167		
16	Verde	5302		
17	Tehuantepec	1030		Sur
18	Suchiate	2605		
19	Bravo	6383		
20	Conchos	2346		
21	Salado	1053		
22	Pesquería			
23	San Fernando	635		Norte
24	Soto La Marina	1182		
25	Tamesí	2264		
26	Pánuco	13284		
27	Tuxpan	2073		
28	Cazones	2265	Del Golfo	
29	Tecolutla			Centro
30	Jamapa			
31	Papaloapan	52200		
32	Coatzacoalcos			
33	Uxpana			
34	Grijalva	45842		Sur
35	Usumacinta	81393		
36	Candelaria	1591		
37	Hondo	1633		
38	Casas Grandes	91		Comarca de los
39	Santa María	55		Pueblos Indios
40	Carmen	116	Del Interior	Comarca Lagunera
41	Nazas	1111		
42	Aguanaval	3149		

En la Tabla 2.8 se presenta un censo de las presas hasta mayo de 1987, en el cual se cita tanto el número de presas, como el de aquéllas en las que se considera de mayor riesgo en cada entidad federativa, según la Comisión Nacional del Agua. De acuerdo con esta fuente de información, los estados que han tenido más de 100 inundaciones en un periodo de 39 años (1950-1988) se muestran, por orden de importancia, en la Tabla 2.9.

Tabla 2.8 Presas registradas por entidad federativa y censadas, con riesgo detectado (1987)

No.	Estado	Registradas	Con riesgo
1	Aguascalientes	74	2
2	Baja California	70	15
3	Baja California Sur	16	
4	Campeche		
5	Coahuila	139	19
6	Coahuila	45	
7	Chiapas	23	7
8	Chihuahua	132	60
9	D.F.	27	20
10	Durango	306	80
11	Guanajuato	220	87
12	Guerrero	31	19
13	Hidalgo	165	15
14	Jalisco	276	108
15	México	194	54
16	Michoacán	252	50
17	Morelos	125	79
18	Nayarit	54	3
19	Nuevo León	164	55
20	Oaxaca	94	
21	Puebla	70	
22	Querétaro	127	
23	Quintana Roo		
24	S.L.P.	147	8
25	Sinaloa	37	24
26	Sonora	39	13
27	Tabasco		
28	Tamaulipas	152	20
29	Tlaxcala	21	
30	Veracruz	58	41
31	Yucatán	1	
32	Zacatecas	202	21
	Total	3211	800

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Administración del Agua.

Tabla 2.9 Estados con más inundaciones

Estado	Número de Inundaciones
Veracruz	417
Sonora	262
Jalisco	202
México	153
Guanajuato	149
Michoacán	121
Guerrero	118
Durango	117
Tamaulipas	112
Nayarit	108

2.5 ESCURRIMIENTOS SÚBITOS

Son escurrimientos con un cambio muy rápido en la cantidad de agua que está fluyendo. Se generan a partir de lluvias intensas que duran varias horas, por la falla o ruptura de alguna estructura de contención (natural o artificial), o bien, por la descarga del agua desde una presa. En cualesquiera de estos eventos las corrientes tienen una gran velocidad.

Los principales factores que contribuyen al fenómeno de escurrimientos súbitos son los siguientes:

- **Intensidad de la lluvia.** Se refiere a la altura de la lámina de precipitación que se presenta en un intervalo de tiempo corto (menor de 24 horas).
- **Saturación del suelo.** Estado que presenta el suelo cuando se ocupan sus vacíos con agua y la infiltración es pequeña (capacidad de campo).
- **Pendiente del terreno.** En los suelos con fuerte inclinación de la superficie, el escurrimiento superficial se desarrolla con velocidades grandes, por lo que se pueden transportar distintos tipos de sólidos.

Un escurrimiento súbito frecuentemente produce inundaciones. Ocurren inmediatamente después de que se inicia la precipitación, o poco después de la falla de una presa o del desbordamiento de un río.

En ciudades como la de México, en la zona poniente, se presenta con frecuencia una precipitación intensa en zonas de topografía abrupta. De igual modo, en la costa de Chiapas, Acapulco, Guerrero, Sierra Norte de Puebla y en la península de Baja California existen regiones que son afectadas por este tipo de eventos que son de peligro para los habitantes. En la Tabla 2.10 se consignan algunos escurrimientos súbitos que han causado daños en México.

Tabla 2.10 Estados con más inundaciones

No.	Fecha	Estado	Descripción
1	3/ago/09	N.L.	Pérdidas por 20 millones de pesos y cerca de 1000 personas ahogadas.
2	10/jun/37	Michoacán	Más de un centenar de desaparecidos. Los bordos de contención e rompieron en la presa de «jales» de la mina Dos Estrellas.
3	12/sep/44	Chih. y Dgo.	Cerca de 100 muertos y miles de heridos. Parral incomunicado; n Bermejillo, Dgo, se derrumbaron más de 100 casas.
4	10/sep/85	Nayarit	Pérdidas estimadas en 4200 millones de pesos; 48000 amnificados.
5	10/sep/90	D.F.	Inundaciones de más de medio metro después de dos horas de aguacero con tormentas eléctricas.
6	8/ago/90	Chihuahua	Fuertes avenidas de un río arrasaron con más de 300 viviendas en la población.
7	10/nov/93	B.C.S.	10000 damnificados por las lluvias en los Cabos. Las fuertes lluvias alcanzaron 670 mm en 24 horas, casi tres veces el promedio anual.
8	8/sep/98	Chiapas	407 muertos, 353 poblaciones afectadas y 28753 damnificados.
9	17/ago/98	D.F.	Intensas precipitaciones a causa de una lluvia intensa, 57 mmen 50 minutos; la precipitación más intensa en los últimos 60años. Provocó la calda de árboles y postes de energía eléctrica.
10	8/feb/98	B.C.	Desalojo en Tijuana y Rosarito por las lluvias de El Niño. Casi 1000 damnificados y un total de 584 personas en albergues luego que sus viviendas fueron destruidas o dañadas por las corrientes y deslaves de toneladas de lodo provocados por las intensas lluvias, dejando 14 muertos y más de 50 colonias inundadas.

Debido a la naturaleza del fenómeno, el pronóstico de los escurrimientos súbitos es difícil de realizar. Sin embargo, se ha estudiado la relación entre las lluvias intensas de las estructuras físicas de las nubes que provocan precipitaciones de más de 100 mm en 24 horas. Para su análisis se determinan las características de las precipitaciones (intensidad, duración, extensión y efectos) y se clasifican los sistemas de nubes asociados.

Además, para el pronóstico de inundaciones es necesario conocer el estado inicial del suelo, el contexto morfológico de la cuenca en estudio, la ocupación del suelo y las poblaciones e infraestructuras expuestas, de tal manera que se tenga una base de datos permanente. Esta etapa es indispensable para la prevención de desastres por avenidas súbitas.

2.6 INUNDACIONES

Cuando el agua cubre una zona del terreno durante un cierto tiempo se forma una inundación. Cuanto más tiempo permanece el agua y más grande es el espesor del volumen de agua, causa mayores daños.

Las inundaciones pueden ocurrir por lluvias en la región, por desbordamiento de ríos, ascenso del nivel medio del mar, por la rotura de bordos, diques y presas, o bien, por las descargas de agua de los embalses.

Las inundaciones dañan a las propiedades, provocan la muerte de personas, causan la erosión del suelo y depósito de sedimentos. También afectan a los cultivos y a la fauna. Como suele presentarse en extensas zonas de terreno, son uno de los fenómenos naturales que provoca mayores pérdidas de vidas humanas y económicas.

Las inundaciones ocurren cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua que llega al lugar y escurre sobre el terreno muy lentamente; casi siempre tiene una capa de más de 25 cm de espesor, pero algunas veces alcanzan varios metros.

Entre los factores importantes que condicionan a las inundaciones están la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos.

Debido a su ubicación geográfica en México, una de las causas de las lluvias intensas que generan inundaciones son los ciclones tropicales (Figura 2.9).



Figura 2.9 Inundación ocurrida en el Estado de Veracruz, noviembre de 1999

Para el estudio de las inundaciones se deben considerar los aspectos principales que influyen en toda una región de forma conjunta o integral. De otro modo, al disminuir la inundación en una parte de la región, se puede provocar una más desfavorable, en otra donde no existía este exceso de agua.

Cuando en un río se incrementa en poco tiempo la cantidad de agua que fluye en él, ya sea por el ingreso de agua de lluvia o por las descargas de una presa, se dice que se ha producido una avenida. Ésta podría originar la inundación cuando el nivel de agua del río se excede en las elevaciones de las márgenes de su cauce. Dependiendo de la rapidez con que se presenta el cambio en la cantidad de agua se puede hablar de avenidas súbitas, las cuales tienen un fuerte efecto destructivo debido a que concentran en un lapso corto una gran cantidad de agua con una fuerte velocidad que las hace muy destructivas.

El rompimiento de presas puede ser el resultado de una inundación o por falla de la cortina. Es muy importante estudiar los efectos de un rompimiento potencial de las presas en la zona debajo de ellas sobre todo cuando existen poblados, para que de esa forma se prevengan los posibles daños. Se puede afirmar que en cualquier región de México existe la posibilidad de sufrir inundaciones; sin embargo, las inundaciones más frecuentes se dan en las partes bajas o frente a las costas. Se estima que aproximadamente 150 personas fallecen anualmente en México por esta causa, siendo lo más común, el ahogamiento.

En el mapa de la Figura 2.10 se aprecian las zonas susceptibles de inundaciones y que puedan causar daños importantes. Para el Distrito Federal se cuenta con la información mostrada en la Figura 2.11, que está basada en avenidas súbitas y escurrimientos con lodo. Estos mapas pueden utilizarse como guía para la delimitación de zonas de inundación, aunque una definición más precisa de estas áreas se consigue sólo a través de estudios hidrológicos e hidráulicos específicos.

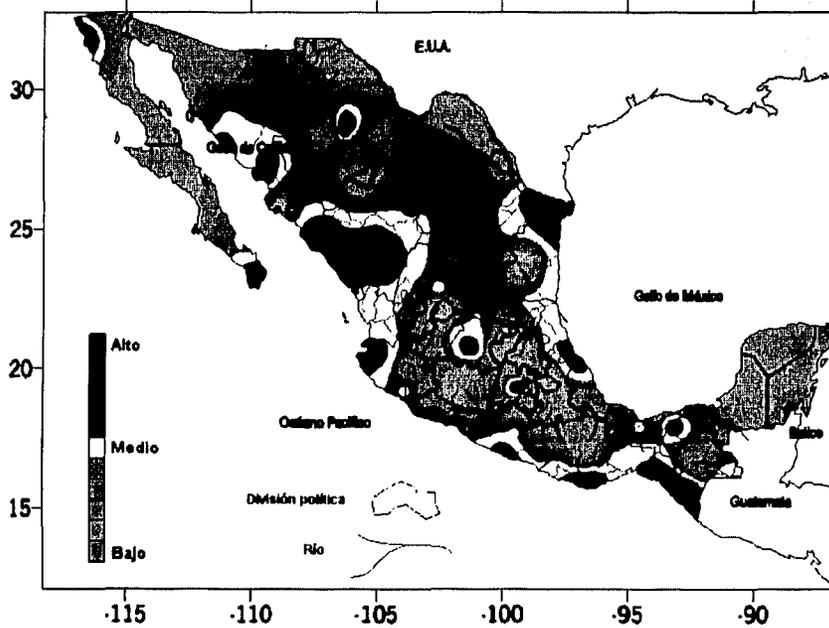


Figura 2.10 Zonas de peligros por inundaciones en la República Mexicana

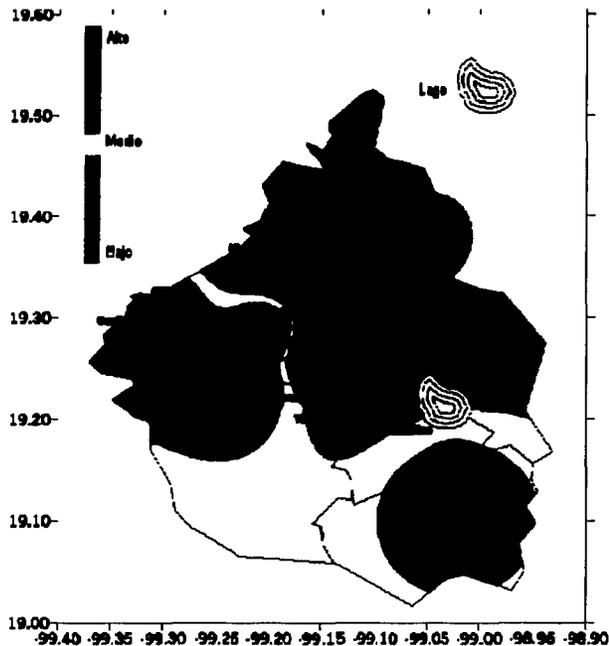


Figura 2.11 Zonas de peligro por inundaciones en el Distrito Federal basadas en avenidas súbitas y escurrimientos de lodo.

2.7 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El diseño de estrategias que contemplen políticas para la prevención y mitigación del riesgo de desastre no solamente deberán incorporar una visión que priorice la reducción de pérdidas humanas y daños en los bienes y el entorno, sino que deberán incorporar políticas generales tendientes a la consolidación de medidas preventivas y de corresponsabilidad de los diferentes niveles de gobierno, sector social y privado, y de la población en general. El esquema propuesto en este subcapítulo está basado en el Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre 2001-2006, (Cenapred, 2001).

2.7.1 Objetivos

Objetivo 1: Ampliar el conocimiento de amenazas y riesgos a cierto nivel para lograr el conocimiento de éstos por la sociedad en su conjunto.

Objetivo 2: Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para mitigar los riesgos

Estrategias:

a.-Promover la elaboración de mapas sobre riesgos hidrometeorológicos a diferentes escalas mediante el uso de sistemas de información geoespacial con contenidos estatales, regionales y nacionales.

a.1 Desarrollar metodologías para la elaboración de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo sobre fenómenos hidrometeorológicos con apoyo de tecnología de percepción remota y en sistemas de información geográfica a escala regional con diferentes niveles de precisión y exactitud.

a.2 Elaborar mapas de riesgo por inundaciones para regiones del país y establecer metodologías para la elaboración de mapas para cuencas hidrológicas.

b. Elaborar un modelo de pérdidas por desastres en México

b.1 Elaborar un sistema para postular escenarios de pérdidas por desastre de origen hidrometeorológico. Con el objeto de diseñar criterios uniformes de evaluación de daños para acceder a los recursos del Fondo de Desastres Naturales, se deberá elaborar metodologías específicas para evaluar el impacto de fenómenos de origen hidrometeorológico.

c. Investigar sobre los fenómenos y las medidas para reducir sus efectos

c.1 Diseñar metodologías para evitar la erosión del suelo en cuencas hidrológicas.

c.2 Desarrollar propuestas estructurales y no estructurales para reducir el impacto de los flujos de escombros..

d. Establecer y operar sistemas de alerta temprana

d.1 Crear un centro de monitoreo, vigilancia y alertamiento de los diferentes fenómenos de origen hidrometeorológico.

d.2 Diseñar y aplicar sistemas de alerta hidrometeorológica en 20 ciudades que son consideradas las de mayor riesgo por inundación de México.

d.3 Extender el Sistema de Alerta Temprana Hidrometeorológica a otros eventos extremos.

d.4 Mejorar la capacidad de pronóstico.

2.7.2 Proyectos Específicos

En la Tabla 2.11 se presenta una lista de proyectos que definen de manera particular los objetivos y estrategias planteadas con anterioridad.

Tabla 2.11 Proyectos específicos para la prevención y mitigación de riesgo de desastre de tipo hidrometeorológico

No. Proyecto	Alcance
1	<p>Mapas de riesgo Por inundaciones</p> <p>Obtener mapas de riesgo por inundaciones para regiones del país mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Desarrollar metodologías para la elaboración de mapas para cuencas hidrológicas. Aplicación de la metodología para las ciudades donde se instalen sistemas de alerta hidrometeorológica.</p>
2	<p>Sistemas de alerta hidrometeorológica para 20 ciudades y cuencas de alto riesgo</p> <p>Los sistemas de alerta hidrometeorológica han mostrado ser eficientes recursos para informar con anticipación a las comunidades expuestas a daños por fenómenos hidrometeorológicos sobre la ocurrencia de sus efectos más severos. Por ello, se propone diseñar e instalar 20 Sistemas de Alerta Hidrometeorológica en sendas ciudades que, por su peligro y vulnerabilidad, sean consideradas con el mayor riesgo de inundaciones en el país. Se evaluarán las cuencas hidrológicas del país para identificar y priorizar las ciudades en mayor riesgo. Una vez instaladas, se impartirán cursos a las unidades estatales y municipales de Protección Civil para la correcta operación y mantenimiento de las redes bajo su responsabilidad</p>
3	<p>Sistema de Alerta Temprana Para eventos hidrometeorológicos extremos</p> <p>Extender el actual Sistema de Alerta Temprana a otros eventos extremos, como sequías y bajas temperaturas, de modo de: a) mejorar la capacidad de pronóstico del tiempo, con énfasis en predicción de eventos extremos; b) traducir el resultado de los modelos en avisos, prealertas, alertas y alarmas mediante un Sistema de Información Geográfica; c) contar con un pronóstico climático para sequías</p>
4	<p>Establecimiento de políticas de protección del suelo para cuencas hidrológicas del país</p> <p>Evaluar y/o desarrollar metodologías para la estimación de la pérdida del suelo en cuencas hidrológicas en regiones del país. Evaluar el impacto que la erosión ha tenido en regiones. Identificar mecanismos y herramientas para reducir la erosión del suelo en cuencas, tomando en cuenta el nivel económico de los habitantes.</p>
5	<p>Modelación de flujos de escombros</p> <p>Desarrollar propuestas estructurales y no estructurales para reducir el impacto de flujos de escombros debidos a lluvias intensas o a deshielos de glaciares. Elaborar una investigación analítica y experimental para calibrar modelos numéricos. Éstos últimos junto con un sistema de información geográfica permitirá postular escenarios en cuencas y volcanes para estudiar el riesgo.</p>

El diseño, implementación y ejecución de este tipo de proyectos supone la participación y corresponsabilidad de varias instituciones. Por ello se propone que las instituciones pertenezcan a los siguientes sectores:

- 1) Sector central
- 2) Sector paraestatal
- 3) Sector académico
- 4) Organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y sector privado

Cabe mencionar que algunos de estos proyectos se encuentran ya en etapa de instrumentación y que para el año 2006 se puedan presentar los resultados de estos. Es importante resaltar que la participación de ingenieros civiles en la propuesta de gran número de proyectos hace resaltar la importancia de la ingeniería civil en proyectos con gran visión y largo alcance, que incidirán directamente en beneficio de la población.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 3

RIESGOS QUÍMICOS

3.1 ANTECEDENTES

La mayoría de los agentes perturbadores inducidos o provocados por la acción humana, tienen un origen químico, destacadamente los incendios y las explosiones. Son resultado de las actividades sociales, productivas y del avance tecnológico que propicia el uso de compuestos y agentes químicos inflamables, explosivos o contaminantes.

Desde 1950 se ha acelerado el desarrollo industrial y tecnológico de México, lo que propicia el uso de una amplia variedad de sustancias químicas, necesarias para la elaboración de nuevos productos para uso doméstico, agrícola e industrial; esto genera residuos de diversos tipos, tanto tóxicos como no tóxicos, los cuales se vierten al suelo, agua y aire, ocasionando la consecuente contaminación del ambiente.

Las zonas industriales se encuentran distribuidas en toda la extensión del país, aunque existen sitios donde su número es mayor, como sucede con la zona centro (Estado de México, Querétaro, Puebla, Ciudad de México, Guanajuato), zona norte (Baja California Norte, Chihuahua, Nuevo León) y zona sureste (Oaxaca, Veracruz, Tabasco).

Las materias primas en ciertas zonas se transportan por diversas vías (carretera, ferrocarril, barco y tubería) hacia otro lugar donde se usan en distintos procesos de fabricación. El transporte de las sustancias químicas implica un riesgo, ya que en caso de que ocurra un accidente que provoque eventos como fuga, incendio, explosión o derrame del material, puede ocasionar múltiples daños.

Por lo anterior, se debe conocer dónde se producen las sustancias químicas, cuáles son las rutas utilizadas en su transporte y cuáles son los sitios donde se utilizan, así como los residuos que se generan en los procesos de transformación y las características de peligrosidad que presentan. Los sitios donde se tratan o depositan las sustancias estabilizadas también deben de estar perfectamente bien ubicados.

En las últimas dos décadas los fenómenos de mayor impacto socioeconómico han sido explosiones por uso de hidrocarburos y los incendios forestales. El monto de los daños causados por los eventos más importantes alcanza prácticamente los mil trescientos millones de dólares en daños directos, cifra que aún requiere de un complemento importante en cuanto a daños indirectos, sin embargo no se cuenta con información acerca de los impactos que estos fenómenos que tuvieron en las actividades productivas de la población afectada.

Tabla 3.1 Síntesis de víctimas y daños por fenómenos de tipo químico de 1980 a 1999, en millones de dólares (Bitrán, 2001)

Evento	No. muertos	Daños directos	Daños indirectos	Daños totales
Explosión San Juan Ixhuatepec, 1984	1,000	26.3	-	26.3
Explosión en Guadalajara, 1992	212	65.0	-	65.0
Incendios forestales, 1988	n.d.	500.0	75.0	575.0
Incendios forestales, 1998	n.d.	316.0	58.6	374.6
Otros	38	242.4	-	242.4
Total	1,250	4043.7	516.4	1283.3

n.d. no disponible

3.2 DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y ACCIDENTES DE ORIGEN QUÍMICO

Los riesgos que implica una actividad industrial pueden ser clasificados de la siguiente manera:

Riesgos específicos. Relacionados con la utilización de sustancias particulares y productos químicos, que por su naturaleza, pueden producir daños de corto y largo alcance a las personas, a las cosas y al ambiente.

Grandes riesgos potenciales, ligados a accidentes anómalos, que pueden implicar explosiones o escapes de sustancias peligrosas (venenosas, inflamables, etc.) que llegan a afectar vastas áreas en el interior y exterior de la planta. El riesgo total que presenta una instalación industrial está en función de dos factores (SEDESOL, 1994).

Riesgo intrínseco del proceso industrial, que depende de la naturaleza de los materiales que se manejen, de las modalidades energéticas utilizadas y la vulnerabilidad de los diversos equipos que integran el proceso, así como la distribución y transporte de los materiales peligrosos.

Se definen a continuación los términos relativos a los principales accidentes:

Derrame

Es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida en partículas o mezcla de ambas, de cualquier recipiente que lo contenga, como tuberías, equipos, tanques, camiones cisterna, carros tanque, furgones, etc.

Fuga

Se presenta cuando hay un cambio de presión debido a rupturas en el recipiente que contenga el material o en la tubería que lo conduzca.

Incendio

Es la combustión de materiales.

Explosión

Es la liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o por reacción química de ciertas sustancias.

Desde el punto de vista del diagnóstico del riesgo, el manejo de las sustancias químicas representa una amenaza o peligro cuyo potencial es difícil de establecer debido al número indeterminado de sustancias químicas que se tienen en los parques industriales, y aun dentro de la misma instalación. Es por esta razón que las empresas presentan a la secretaria del medio ambiente los estudios de estimación de riesgo para las sustancias que tienen mayor probabilidad de ocasionar un accidente, en función de las cantidades que se manejan y de sus propiedades fisicoquímicas y tóxicas.

En cuanto al diagnóstico del peligro para los fenómenos químicos, éste se puede expresar en términos de concentración de la sustancia que se fuga o derrama, para el caso de un incendio o explosión se considera la cantidad de calor expresada en ergios, así como la fuerza necesaria para desplazar a un individuo una cierta distancia sin causarle un daño al organismo. Con base en estos datos, se determinan las zonas de afectación y las de amortiguamiento, sobre las cuales se deben evitar los asentamientos humanos.

Para el caso de los eventos causados por materiales químicos, el peligro se puede definir en términos de parámetros con un significado físico preciso que permita utilizar una escala continua de la intensidad de la dispersión de la sustancia que se puede transferir al ambiente y que tenga un límite de concentración establecido, el cual no afecte a la salud de un individuo expuesto a la sustancia tóxica.

Los modelos matemáticos son una herramienta para determinar un posible radio de afectación y definir la exposición, la cual puede comprender: el tamaño del sistema expuesto al fenómeno químico en términos de la cantidad de población afectada, el costo de la infraestructura, así como el costo de restauración de los ecosistemas dañados.

Todos los modelos y metodologías para estimar el riesgo químico tienen sus limitaciones y la interpretación de los resultados requiere de personal capacitado y con gran habilidad, ya que es bien sabido que no hay dos accidentes químicos iguales. Además los modelos no abarcan las combinaciones sucesivas y paralelas de eventos ocasionados por dos o más sustancias, ni las reacciones combinadas de los diversos materiales dentro de una o varias industrias de la zona.

Se menciona que otro aspecto esencial para los diagnósticos de riesgo es la necesidad de plantear por medio de graficas estadísticas los distintos factores que influyen en él. Los fenómenos que pueden provocar desastres químicos son, en general, altamente impredecibles en cuanto al momento de ocurrencia, pero pueden estimarse en cuanto a su magnitud y sitio específico de impacto, si se utilizan los datos de ubicación de los materiales peligrosos que pueden causar el daño. Es factible definir escenarios de accidentes extremos si se consideran los eventos máximos catastróficos en función de una serie de variables que se fijan, como son: las características específicas de las sustancias involucradas (peso molecular, punto de ebullición, densidad, volumen en condiciones normales, capacidad calorífica, límites inferior y superior de explosividad, calor de combustión, entre otras), las condiciones del proceso (temperatura, volumen del contenedor, diámetro del orificio en caso de fuga) y condiciones meteorológicas.

El potencial del desastre químico también depende de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, o sea de su predisposición a ser afectados por un agente químico perturbador. Así un parque industrial donde todas las plantas químicas manejan programas de acción y respuesta a emergencias a nivel interno y se coordinan con las otras plantas químicas, las autoridades y la comunidad aledaña, para manejar el accidente a nivel externo, resulta menos vulnerable ante la ocurrencia de un accidente, que otra zona industrial donde no exista preparación para responder a una emergencia.

Lo mismo sucede con la preparación para la atención de emergencias en el transporte de sustancias químicas: la vulnerabilidad en las vías de comunicación se reduce cuando se capacita al personal que se vería involucrado en la emergencia, como son los empleados de las empresas transportistas, las autoridades locales y los servicios de apoyo (Cruz Roja, Bomberos, Ejército y Marina, etc.). La responsabilidad en el manejo de las sustancias se comparte entre las empresas, las autoridades y la comunidad en riesgo.

3.3 ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTES DONDE SE HAN VISTO INVOLUCRADAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Los accidentes que han afectado el ambiente o la calidad de vida de las personas se han ido incrementando a medida que ha aumentado el uso de sustancias químicas. La liberación de materiales tóxicos, el desarrollo de incendios y explosiones, así como la disposición inadecuada de

residuos peligrosos, modifican las condiciones de vida de las personas que se ven expuestas a ellos. Los accidentes más importantes que han causado daños considerables, a nivel nacional, se encuentran indicados en la Tabla 3.1.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 3.2, se puede deducir que las sustancias que originan más riesgo son aquellas derivadas del petróleo, después el amoníaco, el cloro, los solventes y los explosivos. Es evidente que las zonas donde se encuentra la producción a nivel industrial constituyen las zonas de más alto riesgo debido a la producción y manejo de sustancias químicas. En la Tabla 3.2 los criterios de inclusión que se utilizaron fueron: 25 muertes o más, 125 lesionados o más, 10,000 evacuados o más; o 10 mil personas o más privadas de agua, - 10 millones de US\$ o más en daños a terceros, adicionalmente se excluyeron: derrames de aceite en el mar desde los barcos, accidentes mineros, destrucción voluntaria de barcos y aeronaves, daños causados por productos defectuosos.

Tabla 3.2 Principales accidentes en México que involucran sustancias peligrosas, 1970 - 1998

Fecha (dia.mes)	País y localidad	Origen del accidente	Productos involucrados	Muertos	Lesionados	Evacuado
1972 01.07	México, Chihuahua	Explosión (t.f.)	Butano	> 8	800	-
1976 07.03	México, Cuernavaca	Fuga	Amoniaco	2	500	2000
1977 19.06	México, Puebla	Fuga	Cloruro de vinilo	1	5	>10 000
1978 15.07	México, Xilotepec	Explosión (t.c.)	Gas	100	200	-
1978 2.11	México, S. Magallanes	Explosión (tubería)	Gas	41	32	-
1979 3.06	México, Golfo	Explosión (plataforma)	Aceite	-	-	-
1981 4.08	México, Montañas, SLP.	Fuga (t.f)	Cloro	28	1 000	5 000
1984 19.11	México, San Juan Ixhuatpec	Explosión (almacenamiento)	Gas LP	>500	2 500	>200 000
1984 17.12	México, Matamoros	México, Matamoros	Amoniaco	-	182	3 000
1986 25.12	México, Cárdenas	Fuga(tubería)	Gas	-	2	>20 000
1987 15.12	México, Minaltitán	Falla en el proceso	Acrilonitrilo	-	>200	1000
1988 25.05	México, Chihuahua	Explosión (almacenamiento)	Aceite	-	7	15 000
1988 23.06	México, Monterrey	Explosión	Gasolina	4	15	10 000
1988 11.12	México, Cd. de México	Explosión	Fuegos artificiales	62	87	-
1991 11.03	México, Coatzacoalcos	Explosión (petroquímica)	Cloro	2	122	-
1991 4.05	México, Córdoba	Explosión	Paratión	-	300	-
1991 21.05	México, Cd. de México	Fuga (t)	Ácido clorhídrico	-	200	500
1991 29.12	México, San Luis Potosí	Fuga	Butano	-	40	-
1992 22.04	México, Guadalajara	Explosión (alcantarillado)	Hidrocarburos	>206	>1 500	6 500
1996 20.02	México, Cd. de México	Explosión (planta química)	Mercaptanos	-	-	-

Fuente: OECD, MHIDAS, TNO, SEI, UBA-Handbuch Stoerfaelle, SIGMA, Press Reports, UNEP, BARPI.

Descriptores:

t. Transporte

t.c. Transporte carretero

t.f. Transporte ferroviario

t.fl. Transporte fluvial

t.m. Transporte marítimo

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Explosión por vapores expandidos producidos por un líquido en ebullición dentro de un tanque cerrado).

Por otro lado, las carreteras y vías de ferrocarril por donde se transportan los materiales potencialmente peligrosos, son también zonas de riesgo para la población. Las zonas habitacionales construidas cerca o en ocasiones, sobre tuberías que conducen hidrocarburos principalmente, son áreas con una alta probabilidad de tener eventos adversos con grandes pérdidas humanas y materiales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los agentes químicos perturbadores, son las propias sustancias químicas que cambian de estado físico, se transfieren o transforman, debido a los cambios de presión y temperatura a los que se someten los recipientes que los contienen o las tuberías que los conducen y los sistemas afectables son los conjuntos sociales, el ambiente y las instalaciones industriales.

3.4 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE PELIGRO

3.4.1 Zonas industriales

En México, una parte importante de la industria se encuentra bien localizada, aun cuando se pueden encontrar otras dentro de ciudades (como el caso de la farmacéutica) o en sitios aislados. La localización de nuevas instalaciones depende de diversos factores, entre los cuales se encuentran:

- la compatibilidad con otras empresas del área y las expectativas de mercado para sus productos.
- la ubicación y vías de comunicación disponibles para el transporte de materias primas y productos.
- las condiciones meteorológicas, topográficas y climatológicas del sitio.
- la disponibilidad de mano de obra y de la infraestructura de servicios necesarios.
- la facilidad de acceder a servicios de atención de emergencias de tipo médico, industrial y ecológico que puedan presentarse en sus instalaciones.

Las industrias establecidas usan una amplia variedad de sustancias químicas en sus procesos, algunas de las cuales implican un riesgo a los bienes y a la población localizada en los alrededores y al ambiente. El riesgo de ciertas actividades en procesos industriales requiere una clasificación que se determina por características como el tipo de proceso, la cantidad y peculiaridades de la o las sustancias empleadas como materia prima, y los productos y/o residuos generados (sólidos, líquidos, material particulado, vapores o de otro tipo).

La distribución de parques industriales en México no es uniforme como se puede observar en la Figura 3.1. Una gran parte de la industria de manufactura se encuentra ubicada en la parte central y en el norte, mientras que por ejemplo la petrolera, se encuentra localizada en la zona sur y sureste. Su ubicación sirve para identificar aquellos sitios que implican un riesgo considerable, pero que permiten la planeación de medidas de prevención o de atención a emergencias, en caso de que éstas se lleguen a presentar.

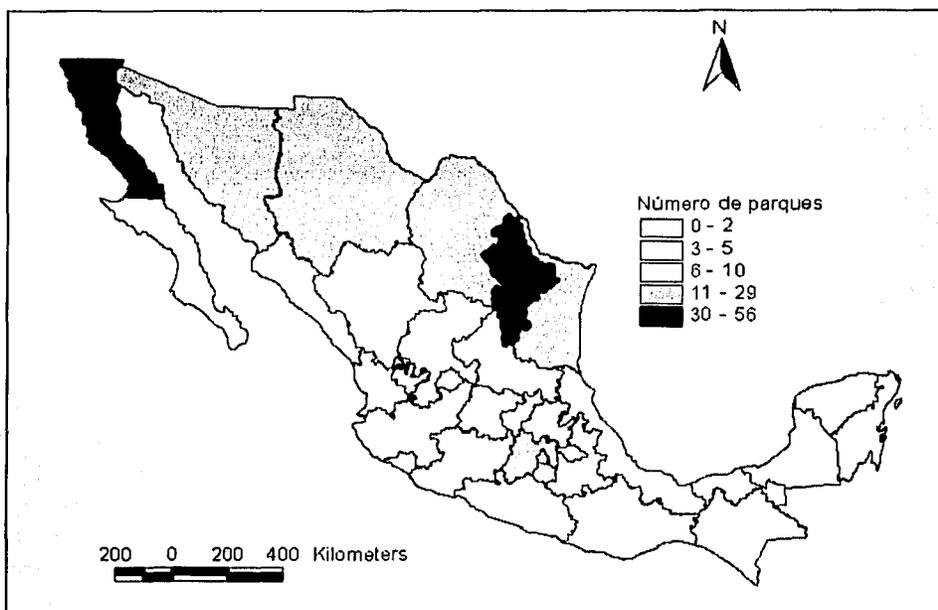


Figura 3.1 Distribución espacial de parques industriales en México

En la Tabla 3.3 se indica el número de parques industriales que existe en cada estado de la República Mexicana. En esta tabla se puede observar que una parte importante de las zonas industriales se encuentra concentrada en la zona norte del país, principalmente en la franja fronteriza con Estados Unidos. Observando esta tabla, se puede deducir erróneamente que en los estados del norte de la República están las zonas más peligrosas; sin embargo, se debe analizar la naturaleza de las empresas y el tipo de sustancias químicas que manejan así como sus volúmenes y el tipo de proceso químico involucrado, entre otros factores.

Tabla 3.3 Parques industriales localizados en los Estados de la República Mexicana (2000-2001)

Estado	Parques industriales	Puertos
Baja California Norte	49	
Nuevo León	27	
Chihuahua	24	
Coahuila	23	
Estado de México	21	
Sonora	19	3
Tamaulipas	15	1
Querétaro	10	
Puebla	9	
Guanajuato	8	
Sinaloa	6	1
Jalisco	5	
Michoacán	5	1
San Luis Potosí	5	
Tlaxcala	5	
Aguascalientes	4	
Durango	4	
Hidalgo	4	
Veracruz	4	2
Morelos	3	
Oaxaca	3	
Quintana	3	
Tabasco	3	
Yucatán	3	
Campeche	2	
Chiapas	2	
Zacatecas	2	
Baja California Sur	1	
Colima	1	
Distrito Federal	1	
Guerrero	1	
Nayarit	1	

De estos parques industriales, algunas empresas hacen uso de materias primas, obtienen productos intermedios o finales y/o generan residuos peligrosos, que implican algún tipo de riesgo a la población o al ambiente, como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Tipos de industrias localizadas en los Estados de la República mexicana

Estado	Polímeros y pegamentos	Farmacéutica	Química Inorgánica	Química Orgánica	Explosivos	Biocidas	Pintura y colorantes	Acetles	Electrónica
Aguascalientes		X	X	X					X
Campeche				X					
Chihuahua			X	X					X
Coahuila			X	X	X	X			
Distrito Federal	X	X	X	X			X	X	X
Durango	X		X	X	X	X	X	X	
Guanajuato	X	X	X	X		X	X	X	
Hidalgo	X		X	X			X		
Jalisco	X	X	X	X		X	X	X	
Estado de México	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Michoacán	X		X	X					
Morelos	X	X	X	X			X		X
Nuevo León	X		X	X		X	X	X	
Oaxaca			X	X				X	
Puebla	X	X	X	X	X		X		
Querétaro	X		X	X			X	X	
San Luis Potosí	X		X	X					
Sinaloa								X	
Sonora			X	X			X		X
Tamaulipas	X		X	X	X	X	X	X	X
Tlaxcala	X		X	X		X			
Veracruz	X		X	X					

Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ) (1997). Materiales químicos (MAQUIM). CENAPRED (1998).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tratar de vincular la información industrial con datos geográficos y demográficos para realizar estimaciones al menos generales, sobre el riesgo potencial con base en las estimaciones del número de residentes que se encuentran en torno a los parques industriales.

En ocasiones la continuidad geográfica y la proximidad de dos o más parques industriales hacen que se consideren como un solo corredor industrial con 30 o más empresas y algunos miles de pobladores cercanos a la zona. Por el contrario habrá parques industriales con 3 ó 4 empresas con un número reducido de habitantes. Asimismo, existen situaciones contrarias a los dos ejemplos citados, es decir, muchas industrias rodeadas de colonias saturadas de residentes en riesgo.

Algunos corredores industriales se encuentran ya dentro del ámbito urbano y en torno a ellos se aprecia una tendencia hacia el incremento de unidades habitacionales verticales. Por otro lado, existen parques industriales a lo largo de rutas de transporte público intenso, tanto privado como industrial donde han proliferado numerosos establecimientos de servicios comerciales, de todos tamaños, todos ellos con población flotante potencialmente expuesta a riesgos de origen químico.

3.4.2 Industria petroquímica

Entre las principales empresas industriales de México se encuentra la paraestatal Petróleos Mexicanos (PEMEX). Las instalaciones y operaciones industriales que desarrolla son muy variadas, sobresaliendo entre ellas los complejos petroquímicos y de fraccionamiento de hidrocarburos, y los sitios de almacenamiento y distribución de combustibles. En la Tabla 3.5 se indican algunas de las principales instalaciones de PEMEX que están actualmente en operación.

Los productos elaborados en las instalaciones indicadas en la Tabla 3.5 son muy variados (Tabla 3.6); su uso, en algunos casos, se encuentra ligado a otro tipo de procesos de transformación, lo que ha fomentado el desarrollo de nuevas industrias, con distintos giros, en sus alrededores. La ubicación de algunas instalaciones se muestra en la Figura 3.2.

Tabla 3.5 Principales instalaciones en operación de PEMEX para la producción de productos derivados del petróleo (1997).

Plantas de gas	Fracionadoras	Refinería	Petroquímica Complejo	Unidad
Reynosa	Reynosa	Cadereyta	Pajaritos	Reynosa
Poza Rica	Poza Rica	Madero	Morelos	Salamanca
Pajaritos	Pajaritos	Minatitlan	La Cangrejera	Tula
Morelos	Morelos	Salamanca	Cosoleacaque	Camargo
La Cangrejera	La Cangrejera	Salina Cruz	San Martin, Texmelucan	
La Venta	Cactus	Tula	Escolin	
Cactus	Nuevo PEMEX			
Nuevo PEMEX	Cd. PEMEX			
Cd. PEMEX	Matapionche			

Fuente: Anuario estadístico de PEMEX (1997).

Tabla 3.6 Terminales de almacenamiento de productos petroquímicos en operación (1992)

Terminal	Producto
C.E. Pajaritos, Ver.	Gas licuado
C.E. Pajaritos, Ver.	Hexanos
C.E. Pajaritos, Ver.	Heptanos
C.E. Pajaritos, Ver.	Propano
Cactus, Chis.	Gas licuado
Cadereyta, N.L.	Gas licuado
Cadereyta, N.L.	Hexanos
Cosoleacaque, Ver.	Amoniaco
Cosoleacaque, Ver.	Paraxileno
Cosoleacaque, Ver.	Xileno (licor madre)
Pajaritos, Ver.	Benceno
Pajaritos, Ver.	Dicloroetano
Pajaritos, Ver.	Paraxileno
Pajaritos, Ver.	Ortoxileno
Pajaritos, Ver.	Xilenos
Pajaritos, Ver.	Tolueno
Pajaritos, Ver.	Metil terbutil éter
Pajaritos, Ver.	Estireno
Pajaritos, Ver. (Terr)	Acetaldehído
Poza Rica, Ver.	Gas licuado
Poza Rica, Ver.	Propano
Puebla, Pue	Gas licuado
Reynosa, Tamp.	Gas licuado
Reynosa, Tamp.	Propano
Salamanca, Gto.	Amoniaco
Salamanca, Gto.	Gas licuado
Terminal	Producto
Guadalajara, Jal	Gas licuado
Guaymas, Son.	Amoniaco
Lázaro Cárdenas, Mich.	Amoniaco
Madero, Tamps.	Amoniaco
Madero, Tamps.	Butadieno
Madero, Tamps.	Paraxileno
Madero, Tamps.	Gas licuado
Madero, Tamps.	M.P. negro de humo
Minatitlán, Ver.	Hexanos
Pajaritos, Ver.	Monoetilenglicol
Salina Cruz, Oax	Gas licuado
San Fernando, Tamps.	Amoniaco
T.R. Rosarito, B.C.N.	Gas licuado
T.R. Topolobampo, Sin.	Gas licuado
T.R. Tula, Hgo.	Gas licuado
T.R. Tula, Hgo.	Hexanos
T.R. Pajaritos, Ver.	Amoniaco
T.R. Pajaritos, Ver.	Etileno
T.R. Pajaritos, Ver.	Rafinado 2 ¹
T.R. Pajaritos, Ver.	Gas licuado
T.R. Pajaritos, Ver.	Butanos ²
T.R. Pajaritos, Ver.	Butano crudo
T.R. Salina Cruz, Oax.	Amoniaco
Tierra Blanca, Ver.	Gas licuado
Topolobampo, Sin.	Amoniaco
Tuxpan, Ver.	Etileno

Tabla 3.8 Número de estaciones de servicio ubicadas en cada uno de los estados del país (1994 a 1997)

Estado	1994	1995	1996	1997	Variación (%)
Aguascalientes	24	27	37	46	91.7
Baja California	245	226	218	214	-12.7
Baja California Sur	40	42	35	39	-2.5
Campeche	21	23	24	25	19.0
Coahuila	109	128	139	159	45.9
Colima	27	26	27	28	3.7
Chiapas	74	73	72	76	2.7
Chihuahua	210	224	236	235	11.9
Distrito Federal	243	247	254	264	8.6
Durango	77	82	87	95	23.4
Guanajuato	140	163	181	207	47.9
Guerrero	66	79	77	80	21.2
Hidalgo	86	83	85	93	8.1
Jalisco	231	254	260	292	26.4
Estado de México	216	227	248	275	27.3
Michoacán	139	160	170	186	33.8
Morelos	33	35	37	42	27.3
Nayarit	42	49	40	43	2.4
Nuevo León	178	203	239	261	46.6
Oaxaca	70	74	79	81	15.7
Puebla	131	144	151	164	25.2
Querétaro	39	48	55	66	69.2
Quintana Roo	28	27	28	31	10.7
San Luis Potosí	76	76	82	92	21.1
Sinaloa	118	127	129	141	19.5
Sonora	200	199	204	212	6.0
Tabasco	40	40	42	48	20.0
Tamaulipas	158	168	188	197	24.7
Tlaxcala	35	39	43	43	22.9
Veracruz	193	187	194	204	5.7
Yucatán	68	68	72	75	10.3
Zacatecas	66	72	75	79	19.7
Total	3423	3620	3808	4093	19.6

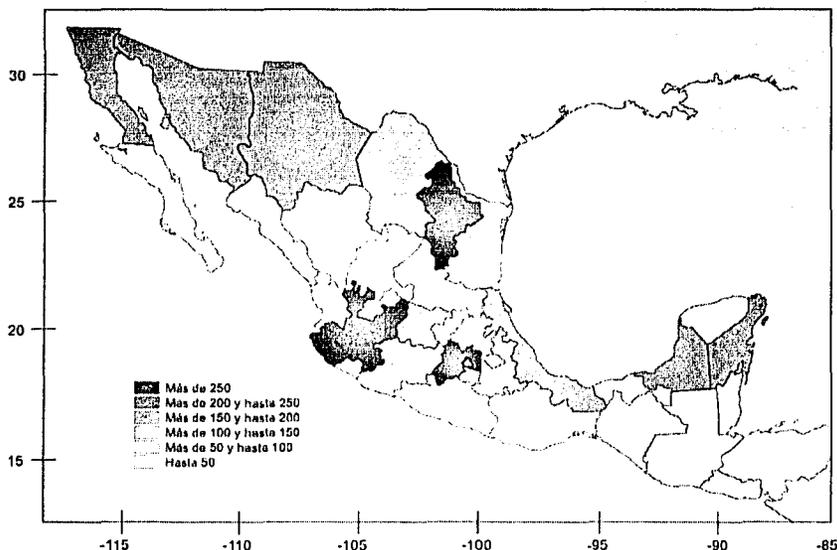


Figura 3.4 Distribución espacial de estaciones de servicio en México

3.5 ACCIDENTES RELACIONADOS CON SUSTANCIAS QUÍMICAS

Eventos como fuga, derrame, incendio y explosión pueden ocurrir tanto en el sitio donde se elaboran y manejan sustancias químicas, como en operaciones de almacenamiento, transporte o trasvase de las mismas. Cierta número de accidentes se debió a fallas de los equipos, mientras que otros se deben a problemas ocasionadas por errores humanos, como son la operación y transporte de materiales.

El transporte de sustancias químicas en México se lleva a cabo mediante vía carretera, ferroviaria y marítima. Este proceso de transporte implica dos riesgos básicos:

1. Riesgo de un accidente en la carretera o en el sistema ferroviario, y derrame real de los materiales durante ese accidente.
2. Riesgo durante el transporte por tubería, desde una instalación a otra.
3. Riesgo durante el transporte por barco, desde un centro de explotación a un centro de industrialización.

Accidentes carreteros (fuentes móviles)

Ya que una parte importante de los materiales usados por la industria es transportada por vía terrestre a largas distancias, la ocurrencia de accidentes donde se ven involucradas sustancias químicas es frecuente; estos accidentes pueden provocar derrames, fugas, incendios y explosiones de sustancias, originando la contaminación de suelos y acuíferos, además de daño físico a personas y bienes que se encuentren directa o indirectamente involucrados en el evento.

El transporte carretero de materiales se lleva a cabo mediante camiones, contenedores y carrotaques, aunque también se usan camiones y camionetas de poco tonelaje.

Los tipos de accidentes carreteros más comunes donde se involucran sustancias químicas, son los de choque y colisión y las fallas mecánicas, que ocasionan problemas en válvulas y desprendimiento de semirremolques.

De acuerdo con la información reportada por la Policía Federal de Caminos en 1996 y 1997, las principales sustancias que se vieron involucradas en accidentes carreteros en México se presentan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Número de accidentes carreteros y materiales que se encuentran involucrados

Sustancia	1996	1997
Gas (incluye los reportados como LP, butano, butano propano, propano y doméstico.	143	179
Combustóleo (incluye combustóleo pesado)	62	74
Gasolina (incluye los tipos de Magna Sin y Nova)	26	45
Diesel (incluye los tipos desulfurado, industrial y Sin)	37	46
Sustancia no especificada	24	29
Ácido sulfúrico	17	21
Hidróxido de sodio	11	16
Amoniaco	8	12
Asfalto	10	9
Turbosina	9	10
Azufre	3	12
Ácido Fosfórico	6	8
Combustible	4	6
Policloruro de vinilo	5	5
Fertilizante	4	6
Aceite	8	2
Tolueno	4	4
Hipoclorito de sodio	3	5
Oxígeno	1	7
Cloruro de vinilo	1	4
Clorhídrico	2	3
Otros	175	181

Fuente: Base de datos de accidentes carreteros en México donde se ven involucradas sustancias químicas (ACERMEX, CENAPRED-SCT, 1999)

La base de datos ACARMEX por su parte contiene información sobre 1283 accidentes carreteros que involucran materiales químicos, para los que existe información disponible accesible y más o menos consistente, proporcionada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Esta información abarca de 1996 a 1997.

Los criterios para incluir los reportes de accidentes en la base de datos ACARMEX son:

- Que el evento involucre: fuga, derrame, explosión, incendio o volcadura.
- Que haya habido daños a la población civil, al ambiente y/o a las viviendas.
- Que haya habido pérdidas humanas y/o materiales a las vías de comunicación, además de las anteriores.

En cuanto a la distribución espacial, el número de accidentes, por estado, donde se ven involucradas una o más sustancias químicas están indicadas en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Numero de accidentes carreteros (1996-1997) donde se involucran sustancias químicas

Estado	1996	1997	Total 96-97
Veracruz	66	68	134
México	48	70	118
Puebla	42	52	94
Tamaulipas	51	38	89
Oaxaca	33	42	75
Michoacán	41	31	72
Coahuila	28	37	65
Guanajuato	34	28	62
Hidalgo	27	31	58
Querétaro	22	35	57
San Luis Potosí	27	24	51
Sonora	17	34	51
Tlaxcala	15	32	47
Jalisco	10	23	33
Tabasco	12	17	29
Chiapas	14	14	28
Guerrero	10	17	27
Baja California Sur	15	8	23
Chiapas	10	12	22
Nuevo León	7	15	22
Sinaloa	12	8	20
Zacatecas	7	11	18
Campeche	8	9	17
Nayarit	7	6	13
Distrito Federal	6	6	12
Morelos	4	5	9
Baja California	4	4	8
Quintana Roo	2	5	7
Aguascalientes	3	3	6
Yucatán	3	3	6
Colima	3	2	5
Durango	2	3	5
Total	590	693	1283

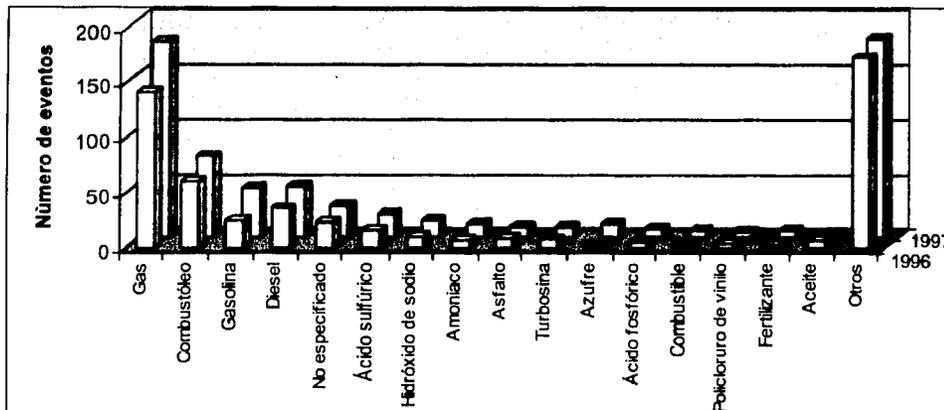


Figura 3.5 Sustancias involucradas en accidentes carreteros

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.5.2 Accidentes químicos en fuentes fijas

Los accidentes químicos en fuentes fijas, básicamente abarcan eventos en instalaciones, estaciones de servicio y tuberías. Existe un apartado adicional denominado "otros", donde se incluyen: viviendas, basureros, cuerpos de agua, planteles educativos, lugares de orden público, monumentos históricos, oficinas, comercios o sitios que no pueden quedar clasificados en los principales rubros.

El número total de eventos ocurridos en cada estado de la República de 1990 a 1997, se presenta en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Número de accidentes en el País donde se involucran sustancias químicas (1990-1997)

Estado	Eventos	%
Aguascalientes	3	0.27
Baja California	48	4.39
Baja California Sur	8	0.73
Campeche	7	0.64
Coahuila	22	2.01
Colima	11	1.01
Chiapas	64	5.85
Chihuahua	4	0.37
Distrito Federal	160	14.63
Durango	9	0.82
Guanajuato	21	1.92
Guerrero	23	2.10
Hidalgo	37	3.38
Jalisco	88	8.04
Edo. De México	161	14.72
Michoacán	33	3.02
Morelos	17	1.55
Nayarit	45	4.11
Nuevo León	4	0.37
Oaxaca	28	2.56
Puebla	36	3.29
Querétaro	17	1.55
Quintana Roo	4	0.37
San Luis Potosí	22	2.01
Sinaloa	14	1.28
Sonora	29	2.65
Tabasco	18	1.65
Tamaulipas	46	4.20
Tlaxcala	17	1.55
Veracruz	89	8.14
Yucatán	7	0.64
Zacatecas	2	0.18
Total	1094	100

Todos ellos están registrados en la base de datos de accidentes químicos (ACQUIM) desde junio de 1990 a diciembre de 1997, la cual se ha venido elaborando en el Área de Riesgos Químicos del CENAPRED. Las fuentes de información fueron: los medios de difusión, las unidades estatales de protección civil y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ).

Aunque la base de datos de accidentes químicos (ACQUIM) supera algunas de las inconsistencias de las diferentes fuentes, continúa reflejando limitaciones debido a la falta de disponibilidad y solidez de la información referente al reporte preciso de los accidentes que involucran sustancias químicas. Los criterios para incluir a los accidentes en esta base de datos fueron:

- Que el evento haya sido: fuga, derrame, incendio, explosión, volcadura o descarrilamiento.

- Que haya habido daños a la población civil, al ambiente y/o a las viviendas.
- Que haya habido pérdidas humanas y/o materiales dentro de las instalaciones industriales y estaciones de servicio, además de los dos criterios anteriores.
- Que el evento haya ocurrido durante la distribución de las sustancias por tubería, barco, lancha o ferrocarril.

En cuanto a las sustancias involucradas en los eventos indicados aparecen con mayor frecuencia el gas LP, amoníaco, gasolina, combustóleo, diesel, explosivos, cloro (gas) y solventes; los resultados se muestran en la Tabla 3.12.

La base de datos ACQUIM puede proporcionar información de los eventos por sustancia, tipo de accidente y en este caso, por estado de la República Mexicana. Los resultados sobre el tipo de eventos ocurridos durante 1990 a 1997 se muestran en la Tabla 3.14.

Tabla 3.12 Sustancias químicas que aparecen con mayor frecuencia en los accidentes en fuentes fijas (1990-1997)

Sustancia	Eventos	% de Ocurrencia
Gas LP	178	16.64
Gasolina	104	9.72
Amoníaco	62	5.79
Amoníaco anhidro	43	4.02
Explosivos	33	3.08
Combustóleo	25	2.34
Hidrocarburos	25	2.34
Petróleo crudo	24	2.24
Ácido clorhídrico	22	2.06
Sosa cáustica	20	1.87
Ácido Sulfúrico	19	1.78
Combustible	16	1.50
Otros	499	46.64

Fuente: Base de datos de accidentes químicos (ACQUIM) (CENAPRED, 1997)

Tabla 3.13 Tipos de eventos relacionados con sustancias químicas (1990-1997)

Evento	Evento	% de Ocurrencia
Fuga	307	28.06
Derrame	302	27.61
Incendio	177	16.18
Combinación	119	10.88
Explosión	96	8.78
Volcadura	76	6.95
Intoxicación	16	1.46
No especificado	1	0.09
Total	1094	100

Fuente: Base de datos de accidentes químicos (ACQUIM) (CENAPRED, 1997)

Tabla 3.14 Estados con la mayor incidencia de accidentes carreteros donde se involucran sustancias químicas

Estado	1996		1997	
	No.	%	No.	%
Veracruz	66	11.19	68	9.81
México	48	8.14	70	10.1
Puebla	42	7.12	52	7.5
Tamaulipas	51	8.64	38	5.48
Oaxaca	33	5.59	42	6.06
Michoacán	41	6.95	31	4.47
Coahuila	28	4.75	37	5.34
Guanajuato	34	5.76	28	4.04
Hidalgo	27	4.58	31	4.47
Querétaro	22	3.73	35	5.05
San Luis Potosí	27	4.58	24	3.46
Sonora	17	2.88	34	4.91
Otros estados	154	26.10	203	29.29

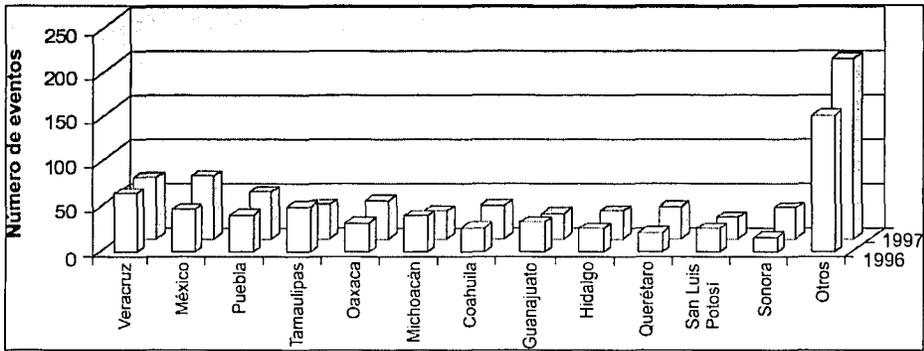


Figura 3.6 Número de accidentes carreteros donde se encuentran involucradas sustancias químicas

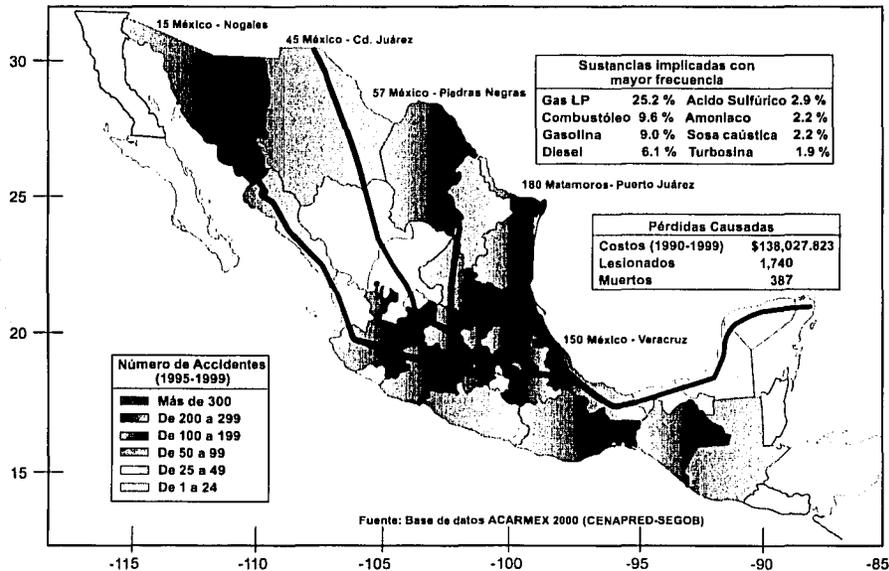


Figura 3.7 Distribución de accidentes químicos en fuentes móviles (carreteras) en México (1995-1999)

3.6 RESIDUOS PELIGROSOS

Se considera como un residuo de proceso aquel material que ha sido generado durante un proceso de producción y que no cumple con las especificaciones mínimas de pureza o calidad, como los subproductos cuya comercialización no es económicamente rentable.

Como residuo peligroso se define a un residuo sólido, líquido o gaseoso o una combinación de residuos, los cuales debido a su cantidad, concentración, características físicas, químicas o infecciosas pueden (USEPA, 1990; NOM-052-ECOL-1993):

- a) Causar o contribuir significativamente a incrementar la mortalidad o las enfermedades serias, irreversibles o producir incapacitación.

- b) Poseer un peligro sustancial o potencial para la salud humana o el ambiente, cuando son tratados, almacenados, transportados o dispuestos inadecuadamente.
- c) Presentar una o más de las características CRETIB (Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Flamables o Biológico infecciosas).

Asimismo, los residuos peligrosos pueden ser identificados por alguna de sus características físicas, su composición química o su categoría genérica, por ejemplo: solventes y aceites lubricantes usados, jales, lodos procedentes de plantas de tratamiento de agua, colas de destilación, escoria que contenga metales pesados, tierra contaminada y fármacos caducos.

Dos de los elementos más importantes para tomar en consideración son el volumen de generación y la concentración de las sustancias y residuos peligrosos, ya que esto indicará el mayor o menor riesgo que tendrán para los seres humanos y el ambiente.

Según información reportada al Instituto Nacional de Ecología, la generación estimada de residuos peligrosos para 1997 fue de más de 12 millones de toneladas, sin considerar los jales producidos en la minería (INE, 1997). En esta cantidad se encuentran incluidos los residuos generados de los siguientes tipos: solventes, aceites gastados, líquidos residuales de proceso, sustancias corrosivas, breas, escorias, medicamentos y fármacos caducos, y residuos biológico infecciosos. Las cantidades estimadas de la generación se muestran en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Generación estimada de residuos peligrosos (ton/ año) en México 1997, por zona geográfica

Estado	Solventes	Aceites gastados	Líquidos Residuales de proceso	Sustancias corrosivas	Lodos	Sólidos	Breas	Escorias	Medicamentos y fármacos caducos	Residuos Biológico infecciosos	Total por estado
Aguascalientes	18,406	33,298	40,416	11,368	26,040	53,956	82	8,833	76	404	192,879
B. California	51,011	92,285	112,013	31,507	72,170	149,539	227	24,482	209	1,121	534,564
B. California S.	3,550	6,422	7,795	2,193	5,023	10,407	16	1,704	15	78	37,203
Chihuahua	48,881	88,431	107,336	30,191	69,156	143,295	217	23,459	201	1,074	512,241
Coahuila	37,193	67,287	81,671	22,972	52,621	109,033	165	17,850	153	817	389,762
Colima	3,168	5,731	6,956	1,957	4,482	9,286	14	1,520	13	70	33,197
Durango	26,489	47,921	58,165	16,360	37,476	77,652	118	12,713	109	582	277,585
Jalisco	111,362	201,466	244,534	68,781	157,553	326,457	495	53,445	457	2,446	1,166,996
Nayarit	2,949	5,336	6,467	1,822	4,173	8,646	13	1,415	12	65	30,898
Nuevo León	100,002	180,914	219,589	61,765	141,481	293,155	444	47,993	411	2,197	1,047,951
S.L.P.	19,771	35,768	43,414	12,211	27,972	57,959	88	9,489	81	434	207,187
Sinaloa	15,948	28,851	35,019	9,850	22,563	46,751	71	7,654	65	350	167,122
Sonora	25,342	45,846	55,647	15,652	35,853	74,289	113	12,162	104	557	265,565
Zacatecas	4,424	8,003	9,714	2,732	6,259	12,969	20	2,123	18	97	46,359
D.F.	251,725	455,397	552,749	155,475	356,136	737,931	1,119	120,809	1,034	5,530	2,637,905
Edo. Méx.	157,075	284,166	344,913	97,015	222,227	460,466	698	75,384	645	3,450	1,846,039
Guanajuato	82,852	149,889	181,913	51,173	117,218	242,882	368	39,763	340	1,820	868,236
Hidalgo	20,426	36,953	44,853	12,616	28,899	59,880	91	9,803	84	449	214,054
Michoacán	20,481	37,052	44,973	12,650	28,976	60,040	91	9,829	84	450	214,626
Morelos	12,398	22,429	27,224	7,657	17,540	36,344	55	5,950	51	272	129,920
Puebla	58,821	106,414	129,163	36,330	83,219	172,435	261	28,230	242	1,292	616,407
Querétaro	20,099	36,361	44,134	12,414	28,435	58,919	89	9,646	83	442	210,622
Tlaxcala	12,343	22,330	27,104	7,624	17,463	36,184	88	5,924	51	271	129,382
Tabasco	4,697	8,497	10,314	2,901	6,645	13,769	21	2,254	19	103	49,220
Tamaulipas	28,182	50,984	61,883	17,406	39,871	82,615	125	13,525	116	619	295,326
Veracruz	27,963	50,589	61,403	17,271	39,562	81,975	124	13,420	115	614	293,036
Campeche	3,441	6,225	7,555	2,125	4,868	10,087	15	1,651	14	76	36,057
Chiapas	6,499	11,758	14,271	4,014	9,195	19,053	29	3,119	27	143	68,108
Guerrero	6,554	11,857	14,391	4,048	9,272	19,213	29	3,145	27	144	68,680
Oaxaca	8,138	14,722	17,869	5,026	11,513	23,856	36	3,906	33	179	85,278
Quintana Roo	3,222	5,830	7,076	1,990	4,559	9,446	14	1,546	13	71	33,767
Yucatán	21,519	39,930	47,252	13,291	30,444	63,082	96	10,327	88	473	225,502
Total	1,214,931	2,197,942	2,667,794	750,387	1,718,864	3,561,571	5,432	583,073	4,990	26,690	12,731,674

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas).

La producción general por zona de país es la mostrada en la Tabla 3.16, De acuerdo con los datos presentados, las zonas centro y norte contribuyen con más del 90% de los residuos generados, entre otras causas, porque en estas regiones se encuentra el mayor porcentaje de industrias instaladas en México.

Entre los tipos de residuos peligrosos más importantes producidos, en cuanto a la cantidad generada, se encuentran los materiales sólidos, solventes, líquidos residuales de procesos y aceites gastados (Tabla 3.17).

Tabla 3.16 Generación estimada de residuos peligrosos en México, por zona geográfica

Zona	Generación (t/año)	%
Centro	6,667,191	52.37
Norte	4,909,509	38.56
Golfo	637,582	5.01
Sureste	517,392	4.06
Total	12,731,674	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.

Tabla 3.17 Tipos de residuos peligrosos generados en México

Tipo	Generación (t/año)	%
Sólidos	3,561,571	27.97
Líquidos residuales de proceso	2,667,794	20.95
Aceites gastados	2,197,942	17.26
Lodos	1,718,864	13.50
Solventes	1,214,931	9.54
Sustancias corrosivas	750,387	5.89
Escorias	583,073	4.58
Residuos biológico infecciosos	26,690	0.21
Breas	5,432	0.04
Medicamentos y fármacos caducos	4,990	0.04
Total	12,731,674	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Ecología (INE), Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.

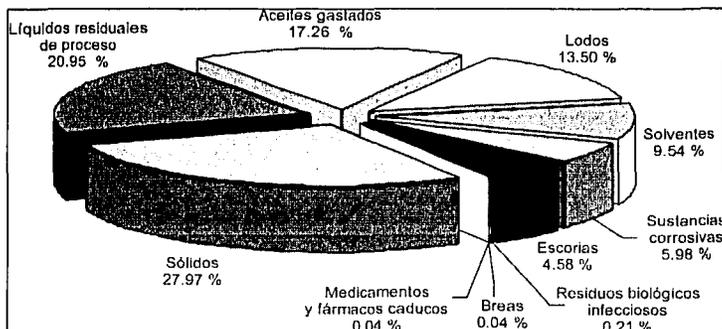


Figura 3.6 Generación por tipo de residuos peligrosos producidos en México (1997)

En comparación con la cantidad de residuos peligrosos generados, la capacidad instalada para el manejo, transporte, tratamiento, destrucción o disposición final de los mismos es muy limitada, por la Secretaría del Medio Ambiente lo cual origina que una cantidad muy importante de ellos se disponga en forma clandestina en diversos sitios: basureros municipales, barrancas, hondonadas y cañadas, terrenos abandonados, derechos de vía de las carreteras y cuerpos de agua (INE, 1996).

Una vez que los residuos se han abandonado, pueden ocurrir diversos tipos de contaminación tanto en aire, agua y suelo; en este último caso las sustancias pueden viajar a través del subsuelo e infiltrarse en acuíferos y corrientes subterráneas.

La población podría quedar expuesta al consumir agua contaminada. El riesgo se minimizará al disponer en confinamientos autorizados a los residuos estabilizados mediante procesos fisicoquímicos y/o biológicos.

3.6.1 Sitios contaminados

Tradicionalmente, desde el inicio del proceso de industrialización en México, la industria minera, química básica, petroquímica y de refinación del petróleo, ha producido cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar, de residuos peligrosos. En muchos casos suelen ocurrir prácticas inadecuadas en la disposición de los materiales y residuos peligrosos (los cuales se depositan abiertamente en el suelo sin medidas de protección), además de que ocurren derrames, fugas o incorrecto manejo de sustancias químicas lo cual plantea importantes riesgos a la población o bien genera riesgos de contaminación de acuíferos por la lixiviación de contaminantes.

La calificación de riesgo que representa un sitio contaminado con sustancias químicas peligrosas se basa en el potencial de afectar la salud pública y/o ambiente. Para evaluar el riesgo se debe considerar la concentración y las características fisico-químicas de los contaminantes en cada medio y la presencia de receptores que puedan ser afectados (Izcapa, 1998).

3.7 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

El diseño de estrategias que contemplen políticas para la prevención y mitigación del riesgo de desastre no solamente deberán incorporar una visión que priorice la reducción de pérdidas humanas y daños en los bienes y el entorno, sino que deberán incorporar políticas generales tendientes a la consolidación de medidas preventivas y de corresponsabilidad de los diferentes niveles de gobierno, sector social y privado, y de la población en general. El esquema propuesto en

este subcapítulo está basado en el Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre 2001-2006, (Cenapred, 2001).

3.7.1 Objetivos

Objetivo 1: Identificar y mejorar el conocimiento de amenazas y riesgos a nivel nacional para lograr el conocimiento de éstos por la sociedad en su conjunto.

Objetivo 2: Fortalecer la investigación aplicada para desarrollar o mejorar tecnologías para mitigar los riesgos

Objetivo 3: Mejorar la eficacia preventiva y operativa del Sistema Nacional de Protección Civil

3.7.1.2 Estrategias

a.- Promover la elaboración de mapas sobre riesgos químicos-tecnológicos a diferentes escalas mediante el uso de sistemas de información geoespacial con contenidos estatales, regionales y nacionales, así como la elaboración de mapas de escenarios.

- a.1 Establecer metodologías para la elaboración de mapas de escenarios con fenómenos químicos que pongan en riesgo la integridad de la población con apoyo de tecnología de sistemas de información geográfica a escala regional con diferentes niveles de precisión y exactitud.
- b. Elaborar un modelo de pérdidas por desastres en México
 - b.1 Elaborar un sistema para postular escenarios de pérdidas por desastre de origen químico. Con el objeto de diseñar criterios uniformes de prevención y evaluación del impacto de fenómenos de éste tipo.
- c. Investigar sobre los fenómenos y las medidas para reducir sus efectos
 - c.1 Desarrollar metodologías para prevención de accidentes químicos para la población, durante el transporte y distribución de sustancias químicas y materiales peligrosos, y de accidentes químicos en fuentes fijas.
 - c.2 Es importante diseñar e implementar laboratorios de análisis instrumental de muestras ambientales para identificar contaminantes liberados de manera accidental al medio ambiente.
- d. Capacitar al personal y elaborar planes para la atención de emergencias y para la recuperación
 - d.1 Elaborar diagnósticos y proponer medidas para mejorar las capacidades de atención de emergencias químicas en el país.

3.7.2 Proyectos Específicos

En la Tabla 3.18 se presenta una lista de proyectos que definen de manera particular los objetivos y estrategias planteadas con anterioridad.

Tabla 3.18 Proyectos específicos para la prevención y mitigación de riesgo de desastre de tipo químico-tecnológico

No. Proyecto	Alcance
1 Medidas de prevención de accidentes químicos para la población	Investigar los materiales y residuos peligrosos más comúnmente manejados en el hogar, comercios, oficinas, planteles escolares, centros de concentración (parques de diversión, teatros, cines, iglesias, salones de fiestas, etc.). Considerar las estaciones de servicio (gasolineras), basureros y antiguos predios industriales, entre otras. Elaborar recomendaciones de carácter preventivo para cada tipo de riesgo en los diferentes establecimientos considerando los problemas principales con el fin de prevenir accidentes y minimizar los efectos para la población y el ambiente. Monitorear agua, suelo y aire alrededor de los sitios seleccionados con el fin de hacer una evaluación. Elaborar recomendaciones para implementar medidas de restauración y saneamiento para el agua, las emisiones a la atmósfera y el suelo contaminado. Revisar normas y elaborar material de difusión.
2 Transporte y distribución de sustancias químicas y materiales peligrosos	Proponer metodologías para un manejo adecuado de sustancias químicas así como mejorar las condiciones de seguridad en el transporte terrestre, ferroviario y marítimo, buscando con ello la disminución de accidentes y las consecuentes afectaciones sufridas por la población, el ambiente y la propiedad. Incluir la distribución de materiales peligrosos por tubería. Evaluar la capacidad de respuesta para la atención de la emergencia.
3 Medidas de prevención de accidentes químicos en fuentes fijas	Proponer metodologías para un manejo adecuado de sustancias químicas así como para mejorar las condiciones de seguridad en áreas aledañas a las industrias. Buscar la disminución de accidentes y las consecuentes afectaciones sufridas por la población, el ambiente y la propiedad. Evaluar la capacidad de respuesta para la atención de emergencias. Llevar a cabo monitoreos en agua suelo y aire alrededor de los sitios seleccionados con el fin de hacer una evaluación. Recomendaciones para implementar medidas de restauración y saneamiento para el agua las emisiones a la atmósfera y el suelo contaminado.
4 Laboratorio de Análisis Instrumental de Muestras Ambientales	Instalar un laboratorio de análisis instrumental con la capacidad de analizar muestras que sean recolectadas en los diferentes sitios y determinar las características físicas, químicas y biológicas de los contaminantes que puedan estar presentes y ocasionar afectaciones a la población. Ya que una parte de las determinaciones se deben hacer en el sitio (como el caso de temperatura y pH) se hace necesario contar con equipo de tipo portátil. Proponer con bases técnicas y pruebas de laboratorio adecuadas, las acciones de prevención de la contaminación, limpieza y restauración, que es necesario aplicar en un sitio determinado.
5 Planteamiento de escenarios provocados por fenómenos químicos	Plantear probables escenarios con fenómenos químicos que pongan en riesgo la integridad de la población, el medio ambiente y cuya magnitud desestabilice las actividades normales de la zona hipotética afectada. Se desarrollarán metodologías que permitan evaluar los posibles impactos debido a la instalación no controlada de actividades peligrosas.

El diseño, implementación y ejecución de este tipo de proyectos supone la participación y corresponsabilidad de varias instituciones. Por ello se propone que las instituciones pertenezcan a los siguientes sectores:

- 1) Sector central
- 2) Sector paraestatal
- 3) Sector académico
- 4) Organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y sector privado

Cabe mencionar que algunos de estos proyectos se encuentran ya en etapa de instrumentación y que para el año 2006 se puedan presentar los resultados de estos. Es importante resaltar que la participación de ingenieros civiles en la propuesta de gran número de proyectos hace resaltar la importancia de la ingeniería civil en proyectos con gran visión y largo alcance, que incidirán directamente en beneficio de la población.

CAPÍTULO 4

CAPACIDAD DE REACCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL

4.1 ANTECEDENTES

En este capítulo se presenta una propuesta para mitigar el efecto de los desastre en la Republica Mexicana, principalmente en lo que respecta a capacidad constructiva de las empresas constructoras en el País. Se presenta además la relación de materiales, mano de obra e ingeniería para poder reconstruir los daños a la infraestructura más importante (escuelas, vías de comunicación, vivienda, etc.).

Se presenta en primer término la localización geográfica de la infraestructura constructiva, al nivel de estado, se puede conocer las capacidades en la entidad, relacionadas principalmente con la información generada a través de los censos

La mayoría de la información es del año 2000, sin embargo alguna está más actualizada, esto no quiere decir que no tenga la precisión necesaria, es también importante mencionar que no fue posible obtener mas información a través de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, ya que tiene un carácter confidencial para uso de sus miembros.

Se presentan análisis basados en los parámetros e indicadores a nivel estatal y se propondrá una calificación numérica a la capacidad de reacción de la industria, cabe mencionar que esta es un análisis, resultado de la información al alcance y no necesariamente debe de representar las características existentes en una entidad debido a las empresas existentes y que por algún motivo no se encuentran consideradas dentro de los censos elaborados por el INEGI.

También en este capítulo se presentarán los requerimientos mínimos necesarios para la mitigación y regreso a la normalidad después de la ocurrencia de un fenómeno. Posteriormente se presentará una propuesta logística de aprovisionamiento de la capacidad constructiva, se elaborarán algunos mapas con la ubicación geográfica de los centroides que para este caso nosotros consideramos las capitales estatales y la localización de las principales vías de comunicación en México.

Finalmente se presenta el estudio de caso sobre el paso del huracán Isidore ocurrido el mes de septiembre del 2002 y se considerará la propuesta realizada con anterioridad para generar el sistema que procure mitigar los daños ocurridos en el estado de Yucatán.

4.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INFRAESTRUCTURA CONSTRUCTIVA

Para elaborar este subcapítulo se utilizó información oficial del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEGI) a través de dos publicaciones específicas, las cuales fueron:

- El XV Censo Industrial. Censos económicos 1999. Industria de la Construcción. Tabulados básicos,
- La encuesta anual de la industria de la construcción 2001. Información referente al año 2000
- Principales Indicadores de las Empresas Constructoras. Estadísticas Económicas

Para llevar a cabo un análisis de la capacidad constructiva de las empresas, se investiga en un Sistema de Información Geográfico, donde se trabajó a nivel de estado con la distribución especial de diferentes indicadores de las empresas constructoras del País. Este sistema permite conocer y localizar geográficamente las capacidades de una manera sencilla, así pues ante la ocurrencia de un fenómeno destructivo, este sistema permitirá llevar a cabo una valoración inicial de cómo está en materia de infraestructura constructiva el estado o estados impactados, así como las características de los estados circunvecinos.

A continuación se presenta un breve resumen de los contenidos de las publicaciones antes mencionadas.

4.2.1 El XV Censo Industrial. Censos económicos 1999. Industria de la Construcción. tabulados básicos.

El XV censo industrial, se refiere a todas las actividades relacionadas con la generación (transformación) de bienes; comprende cuatro tipos de industria que convencionalmente se dividen en industria extractiva, manufacturera, eléctrica y de la **construcción**.

En esta publicación se encontró información referente a la industria de la construcción, la cual, se refiere al conjunto de actividades orientadas a la edificación de diversos tipos de obra que requieren de la utilización de técnicas y equipos diversos, es decir, desde el empleo de herramientas de mano, hasta la aplicación de maquinaria y equipo sofisticado, dependiendo del tipo de obra a ejecutarse, desde la construcción tradicional hasta la construcción con piezas preconstruidas de cualquier tipo de material.

Para los fines de este trabajo la industria de la construcción, abarca la construcción, remodelación, ampliación, reconstrucción, instalaciones diversas y trabajos relacionadas a la construcción, tales como: edificación de inmuebles habitacionales y no residenciales, obras de urbanización, plantas industriales, montaje de estructuras, obras marítimas, fluviales, viales y para el transporte en sus diversas modalidades, entre otras; así como los trabajos vinculados a la construcción, entre los que se pueden citar, los movimientos de tierra, cimentaciones, etc.; y las instalaciones diversas en bienes inmuebles.

La ejecución de las obras se realiza bajo diferentes modalidades como: contratista principal, en donde la empresa contrae de manera directa la titularidad u obligación de las obras que ejecuta; como subcontratista, en donde el contratista principal encomienda la totalidad o parte de la obra a otra empresa constructora; y las empresas que combinan ambas modalidades, es decir, son titulares de las obras y al mismo tiempo ejecutan obras para otras.

4.2.2 La Encuesta Nacional de la Industria de la Construcción

La Encuesta Nacional de la Industria de la Construcción (ENIC), la cual incluye únicamente a las Empresas Constructoras afiliadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), se lleva a cabo trimestralmente en las 32 entidades del país, con el objetivo de proporcionar indicadores que permitan un mayor conocimiento sobre la evolución económica de este sector.

La ENIC inicia su levantamiento en 1983, con una muestra de 770 empresas constructoras afiliadas a la (CMIC), generando resultados sólo a nivel nacional.

Durante 1989 se amplía el proyecto para obtener indicadores para los estados de Aguascalientes, Coahuila, Distrito Federal, Jalisco y Nuevo León. Este proceso finalizó en 1994, al incrementarse la cobertura geográfica a las 32 entidades federativas del país, con una muestra total de 3,339 empresas.

El marco de referencia de la ENIC está constituido por el directorio de empresas afiliadas a la CMIC. Para determinar la muestra se emplea un esquema de muestreo probabilístico y estratificado, en este último se incluyen todas las empresas gigantes, grandes y medianas, en tanto que se hace una selección probabilística de las empresas pequeñas y micros.

Los tamaños de las empresas están determinados con base en los ingresos reportados por las mismas:

Tabla 4.1 Rangos de Estratificación (Miles de Pesos)

Empresas	Limite	
	Inferior	Superior
Gigantes	62,385	en adelante
Grandes	34,814	62 384.9
Medianas	17,643	34 813.9
Pequeñas	11,832	17 642.9
Micros	1	11 381.9

Así, de acuerdo con el esquema de muestreo, los 3 primeros estratos (gigantes, grandes y medianas) al tener probabilidad igual a uno se representan en forma completa, al tiempo que en los 2 últimos estratos (pequeñas y micros) los resultados son expandidos con base al número de empresas incluidas en el directorio, de acuerdo a los resultados obtenidos en el levantamiento.

En cuanto a las variables, la encuesta capta información acerca del personal ocupado, remuneraciones, compras y consumo de materiales, valor de producción, nivel de actividad y capacidad de planta de las empresas afiliadas a la CMIC.

Respecto al personal ocupado, están incluidos los empleados y obreros (eventuales o de planta) que durante el mes en cuestión colaboraron con la empresa bajo control o dirección de ésta, y recibieron una remuneración fija; cabe destacar que incluye al personal con licencia por enfermedad, vacaciones, en huelga o con licencias temporales con o sin goce de sueldo. En contraste, se excluye a aquellos trabajadores con licencia ilimitada, pensionados, no remunerados, a iguales o comisiones.

En particular, por empleados se considera al personal cuyas funciones son de dirección, gerencia, administración, contabilidad, ventas, archivo, trabajos generales de oficina o especializados en planeación.

En la categoría de obreros se incluye a los trabajadores directamente ligados a las etapas y procesos de construcción, como son: albañiles, yeseros, carpinteros, electricistas, pintores, operadores, mecánicos, choferes, soldadores, etc., se incluye, además, a veladores, personal de limpieza y bodegueros.

Es de destacar que existen dos categorías al interior de las contrataciones del personal: personal de planta, que comprende a los trabajadores contratados por tiempo indeterminado; y personal eventual, que agrupa a los trabajadores contratados por obra o tiempo determinado.

Respecto a las remuneraciones al personal ocupado, comprenden todos aquellos pagos efectuados a los trabajadores durante el periodo de referencia de la encuesta, considerando las horas extras, los trabajos extraordinarios, aguinaldos, incentivos, bonificaciones, pago de vacaciones y licencias temporales; antes de cualquier deducción por los siguientes conceptos: impuestos, seguro social, cuotas sindicales y otros.

En cuanto a las compras de materiales de construcción, se considera a todos aquellos materiales que fueron adquiridos por la empresa y que ingresaron en los almacenes, bodegas, etc. Por su parte, el consumo de materiales incluye a todos aquellos que fueron utilizados por la empresa para la construcción de sus obras, durante el periodo de referencia.

En el valor de producción, la encuesta engloba todos los trabajos de construcción ejecutados por la empresa a precio de venta, los cuales se corresponden con el avance físico que presenta la obra durante el mes de referencia.

Asimismo, el valor de la producción se obtiene de dos formas:

a) Directa: Se refiere a los trabajos de construcción que la empresa ejecutó, a precio de venta, por cuenta propia y/o por encargo directo de autoridades competentes, del propietario de la obra o del inversionista.

b) Indirecta:

b.1) Para otros contratistas: Se consideran los trabajos de construcción, como son: movimiento de tierras, estructuras o parte de ellas, instalaciones de plomería, carpintería, aire acondicionado, pintura y decoración, instalación de partes prefabricadas, sistemas de ascensor, etc., realizados por la empresa para otras constructoras, con carácter de contratistas y valuados a precio de venta.

b.2) Subcontratistas: existen los mismos trabajos antes descritos, con la excepción de que son realizados por otras constructoras con carácter de contratistas para las obras dirigidas por la empresa constructora, valuados a precio de venta.

Por tipo de obra, la ENIC incluye 6 grandes grupos:

1. Edificación

- Vivienda unifamiliar
- Vivienda multifamiliar
- Escuelas
- Edificios para oficinas y similares
- Edificaciones comerciales y de servicios
- Edificaciones industriales en general
- Hospitales y clínicas
- Edificaciones para recreación y esparcimiento
- Obras auxiliares

2. Agua, Riego y Saneamiento

- Presas de todo tipo
- Obras de riego
- Perforación de pozos
- Túneles
- Sistemas de agua potable y conducción

- Tanques de almacenamiento
- Tratamiento de agua y saneamiento
- Drenaje urbano
- Obras auxiliares

3. Electricidad y Comunicaciones

- Instalaciones telefónicas y telegráficas
- Plantas hidroeléctricas
- Plantas termoeléctricas
- Líneas de transmisión y distribución de energía
- Subestaciones
- Obras auxiliares

4. Transporte

- Autopistas, carreteras y caminos
- Vías férreas
- Metro y tren ligero
- Obras de urbanización y vialidad
- Rompeolas y escolleras
- Muelles
- Astilleros
- Obras fluviales
- Aeropistas
- Obras auxiliares

5. Petróleo y Petroquímica

- Perforación de pozos
- Plantas de extracción
- Plantas de refinación y petroquímica
- Sistemas de conducción por tubería
- Obras auxiliares

6. Otras construcciones

- Instalaciones mineras
- Instalaciones de señalamiento y protección
- Movimientos de tierra
- Excavaciones subterráneas
- Montaje e instalación de estructuras metálicas y de concreto
- Cimentaciones especiales
- Instalaciones hidráulico-sanitarias y de gas
- Instalaciones electromecánicas
- Instalaciones de aire acondicionado
- Otras obras no especificadas

Destino de la Obra:

- Sector Público: Gobierno Federal, Gobiernos de los Estados y Municipios, así como organismos descentralizados.
- Sector Privado: Obras particulares y concesionadas, cuando éstas están relacionadas con la construcción de obras de infraestructura.

- Es importante destacar que los resultados de la encuesta se presentan bimestralmente, con corte mensual en la información.

4.2.3 Valor total de la producción por entidad federativa

Representa el valor de los avances físicos de obra, realizados por el conjunto de empresas afiliadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, considerando dicho valor a precio de venta y durante el periodo de referencia. Este parámetro nos indica globalmente la capacidad constructiva de las empresas en general, con este valor se puede predecir de manera muy general si el estado cuenta con la infraestructura constructiva para hacer frente al siniestro generado por un fenómeno destructivo, en la Tabla 4.1 se presenta el valor total de la producción por entidad federativa, para el cálculo se realizó un promedio del valor de la producción del año 1999 al 2002. En la Figura 4.2 se presenta la distribución espacial por entidad.

Tabla 4.1 Valor total promedio de la Producción por entidad Federativa (millones de pesos corrientes)

Entidad	1999	2000	2001	2002	Promedio
Aguascalientes	837.7	1,048.8	1,090.2	757.9	933.7
Baja California	1,760.4	2,703.3	2,163.8	1,225.6	1,963.3
Baja California sur	208.2	238.4	237.4	269.2	238.3
Campeche	1997.3	807.6	1,060.9	2,230.4	1,524.0
Coahuila de Zaragoza	1,786.4	1,505.2	1,617.9	1,088.3	1,499.4
Colima	438.4	487.2	355.2	249.3	382.5
Chiapas	1,288.3	2,210.2	1,769.4	824.5	1,523.1
Chihuahua	2,587.9	2,717.6	2462.0	2,144.4	2,478.0
Distrito Federal	29,542.6	19,236.9	13,259.8	11,605.6	18,411.2
Durango	637.1	930.2	802.8	524.5	723.7
Estado de México	2,278.8	2,359.4	1,317.4	1,377.3	1,833.2
Guanajuato	2,209.8	2,439.3	1,923.2	1,651.2	2,055.9
Guerrero	392.4	402.3	375.6	263.5	358.5
Hidalgo	403.0	386.6	561.2	420.2	442.8
Jalisco	4,786.8	5,470.4	5,089.3	3,805.0	4,787.9
Michoacán de Ocampo	812.4	946.2	1,024.3	774.6	889.4
Morelos	623.2	508.5	354.5	207.4	423.4
Nayarit	370.7	220.5	306.4	297.4	298.7
Nuevo León	7,977.4	5,523.6	3,695.1	2,953.6	5,037.4
Oaxaca	479.6	798.5	425.0	206.7	477.4
Puebla	1,391.3	1,478.2	1,194.0	613.3	1,169.2
Querétaro de Arteaga	894.5	1,005.7	682.2	684.9	816.8
Quintana roo	328.0	535.1	539.0	555.7	489.5
San Luis Potosí	699.7	696.9	479.6	383.5	564.9
Sinaloa	860.8	1,215.1	1,090.5	583.6	937.5
Sonora	1 817.3	2,013.0	1,600.8	1,358.3	1,697.4
Tabasco	1 192.9	1,422.6	1,124.5	718.5	1,114.6
Tamaulipas	2 307.6	2,936.5	2,838.4	2,271.1	2,588.4
Tlaxcala	203.7	144.6	89.2	89.9	131.9
Veracruz-llave	2 285.0	3,050.7	1,889.5	1,050.7	2,069.0
Yucatán	960.7	995.7	670.3	455.6	770.6
Zacatecas	507.7	643.4	628.5	371.1	537.7
Nacional	74,867.5	67,078.4	52,718.0	42,012.9	59,169.2

De la tabla podemos concluir el Distrito Federal produce el 31.12 % del total de las industrias constructoras del País por una cantidad superior a los dieciocho mil millones de pesos, lo que equivale casi a la misma producción de 23 estados del interior. En la Figura 4.1 podemos observar

Del análisis espacial también podemos observar que en estados con un gran peligro de ocurrencia del impacto de fenómenos, como por ejemplo Oaxaca y Guerrero la capacidad en general de la industria es reducida, por lo que ante la ocurrencia de un siniestro, se tendría que recurrir a otros estados circunvecinos. Solamente durante el año de 1999 los efectos de 2 sismos y las lluvias e inundaciones causaron pérdidas de alrededor de mil setecientos millones de pesos en la infraestructura y agricultura, lo cuál está muy por encima de los quinientos millones en que se calculó la producción en la industria constructora ese año. Sin embargo también podemos asegurar que los efectos incidieron en la producción ya que al año siguiente esta se elevó en un 30 %, ya que la producción alcanzó los ochocientos millones de pesos.

4.2.4 Valor total de las compras de materiales para la construcción

Incluye aquellos materiales que fueron utilizados por la empresa para la construcción de sus obras durante el periodo de referencia. Este parámetro nos indica globalmente la capacidad constructiva de las empresas en general, con este valor se puede predecir de manera muy general si el estado cuenta con materiales y poder de adquisición de los mismos para hacer frente al siniestro generado por un fenómeno destructivo, en la Tabla 4.2 se presenta el valor total de las compras de materiales para la construcción por entidad federativa, para el cálculo se realizó un promedio del valor de la producción del año 1999 al 2002. En la Figura 4.4 se presenta la distribución espacial por entidad.

Tabla 4.2 Valor de las compras de materiales para la construcción, por Entidad Federativa (millones de pesos corrientes)

Entidad	1999	2000	2001	2002	Promedio
Aguascalientes	526.6	569.9	704.5	411.4	553.1
Baja California	923.7	1,461.6	1,255.2	751.5	1,098.0
Baja California Sur	107.0	119.6	120.8	133.4	120.2
Campeche	844.3	374.5	702.4	668.3	647.4
Coahuila de Zaragoza	892.3	645.4	811.3	505.3	713.6
Colima	252.5	252.2	254.9	142.5	225.5
Chiapas	700.3	1,077.0	1,117.9	399.7	823.7
Chihuahua	1,475.9	1,474.7	1,692.4	1,227.6	1,467.7
Distrito federal	12,521.3	7,757.3	6,529.7	5,360.5	8,042.2
Durango	317.1	431.7	480.3	249.6	369.7
Estado de México	1,055.4	1,101.1	840.1	676.4	918.2
Guanajuato	1,162.0	1,352.4	1,355.0	869.0	1,184.6
Guerrero	200.8	255.1	286.5	151.3	223.4
Hidalgo	216.0	190.1	358.6	261.7	256.6
Jalisco	2,510.9	3,180.3	3,575.9	2,128.0	2,848.8
Michoacán de Ocampo	397.9	471.5	692.8	349.6	477.9
Morelos	332.4	244.8	216.7	133.1	231.7
Nayarit	178.9	110.4	208.4	180.5	169.5
Nuevo León	3,040.1	2,541.6	1,995.6	1,355.5	2,233.2
Oaxaca	215.5	376.3	251.4	105.7	237.2
Puebla	655.7	782.9	780.1	370.1	647.2
Querétaro de Arteaga	499.4	524.4	421.8	374.6	455.0
Quintana roo	172.1	292.3	366.3	302.3	283.3
San Luis Potosí	330.4	323.8	293.5	206.2	288.5
Sinaloa	453.3	586.2	690.1	273.9	500.9
Sonora	897.3	964.0	843.7	651.7	839.2
Tabasco	586.4	694.5	724.1	339.4	586.1
Tamaulipas	1,198.5	1,357.1	1,812.1	1,110.3	1,369.5
Tlaxcala	105.2	82.0	59.2	53.4	74.9
Veracruz-llave	1,247.4	1,560.5	1,205.8	517.3	1,132.8
Yucatán	582.0	580.5	465.4	292.7	480.2
Zacatecas	258.0	318.7	417.9	190.9	296.4
Nacional			31,530.6	20,743.6	29,796.3

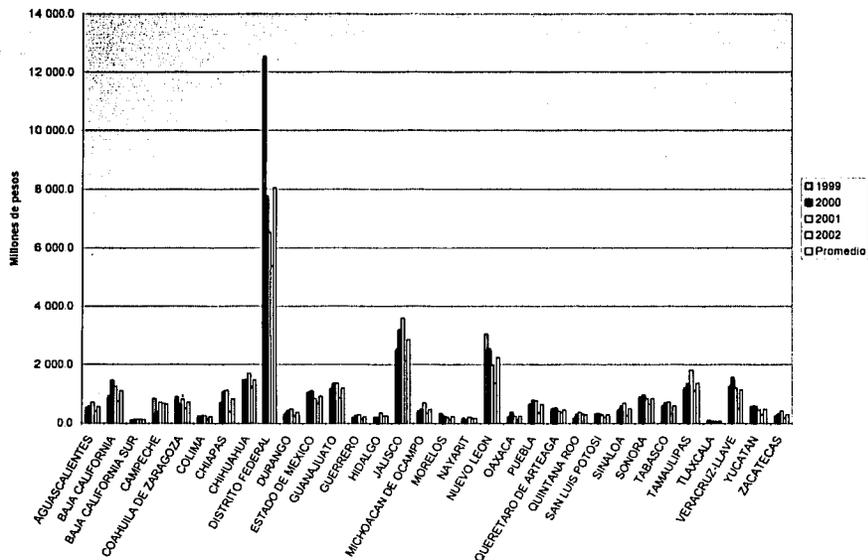


Figura 4.3 Valor total de las compras de materiales para la construcción por Entidad Federativa (1999-2002)

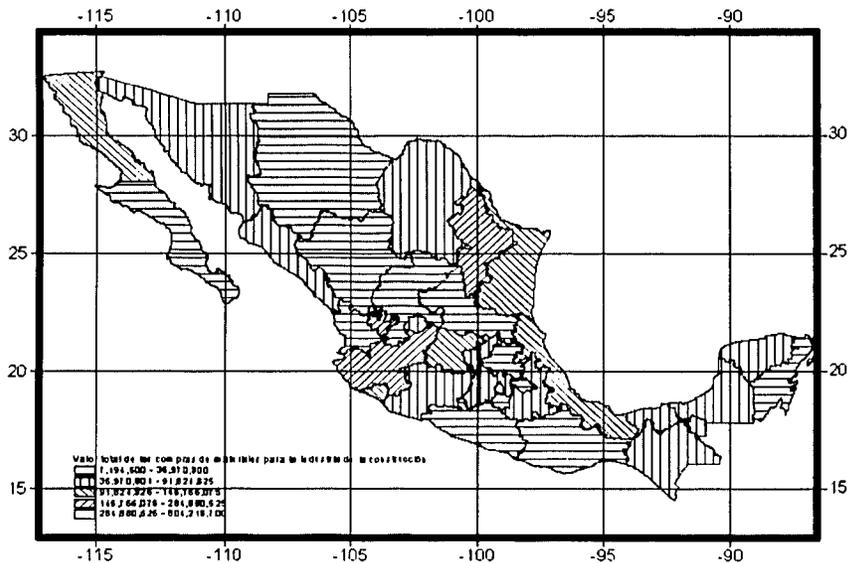


Figura 4.4 Distribución espacial del valor total de las compras de materiales para la construcción promedio 1999-2002

4.2.5 Personal ocupado

Comprende a los empleados y obreros (eventuales o de planta), que durante el mes de referencia colaboraron o estuvieron bajo el control o dirección de las empresas afiliadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y recibieron una remuneración fija o determinada.

Incluye al personal con licencia por enfermedad, vacaciones, en huelga o con licencias temporales con o sin goce de sueldo.

Este parámetro nos indica de manera general la capacidad de la mano de obra de las empresas en general, con este valor se puede predecir de manera muy general si el estado cuenta con potencial humano para hacer frente a un fenómeno destructivo, en la Tabla 4.3 se presenta el número de personal ocupado por la industria de la construcción por entidad federativa, para el cálculo se realizó un promedio del valor número total de personal ocupado durante 1999 a 2002. En la Figura 4.6 se presenta la distribución espacial por entidad.

Tabla 4.3 Personal ocupado en la industria de la construcción, por Entidad Federativa

Entidad	1999	2000	2001	2002	Promedio
Aguascalientes	3,891	4,548	4,737	3,427	4,151
Baja California	8,258	10,235	6,471	3,510	7,119
Baja California Sur	1,164	1,206	952	996	1,080
Campeche	5,624	3,392	3,403	3,085	3,876
Coahuila de Zaragoza	10,124	6,865	6,700	4,671	7,090
Colima	2,033	2,504	1,465	1,632	1,909
Chiapas	8,015	9,422	7,739	4,681	7,464
Chihuahua	9,484	8,696	7,616	6,994	8,197
Distrito federal	84,781	45,361	34,874	25,792	47,702
Durango	3,178	4,439	3,694	2,433	3,436
Estado de México	11,977	9,780	5,247	4,789	7,948
Guanajuato	10,839	11,946	9,061	6,348	9,549
Guerrero	2,515	2,337	1,948	979	1,945
Hidalgo	2,278	1,753	2,744	1,863	2,159
Jalisco	20,623	22,203	16,605	12,360	17,948
Michoacán de Ocampo	4,025	5,257	4,826	2,930	4,259
Morelos	2,756	1,893	1,293	842	1,696
Nayarit	1,758	897	1,443	1,328	1,356
Nuevo León	19,457	15,807	11,708	9,277	14,062
Oaxaca	3,458	4,320	2,151	1,249	2,794
Puebla	6,374	5,656	4,615	2,747	4,848
Querétaro de Arteaga	5,282	4,206	2,365	1,945	3,450
Quintana roo	2,292	2,156	2,442	2,350	2,310
San Luis Potosí	3,651	3,670	2,392	2,07	2,955
Sinaloa	4,524	7,141	5,514	2,934	5,028
Sonora	8,573	10,556	6,991	5,169	7,822
Tabasco	7,477	7,203	4,147	3,538	5,591
Tamaulipas	13,657	15,286	11,711	10,491	12,786
Tlaxcala	942	767	398	431	634
Veracruz-Ilave	13,540	14,403	10,463	5,938	11,086
Yucatán	6,943	6,507	3,730	2,949	5,032
Zacatecas	2,118	2,481	2,554	1,878	2,258
Nacional	291,612	252,891	191,997	141,661	219,540

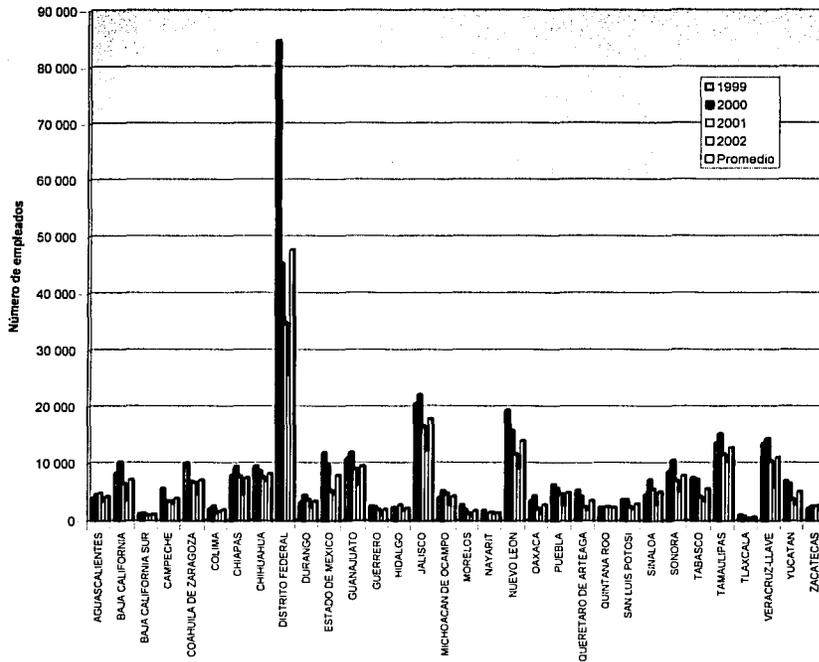


Figura 4.5 Número de empleados en la industria de la construcción por Entidad Federativa (1999-2002)

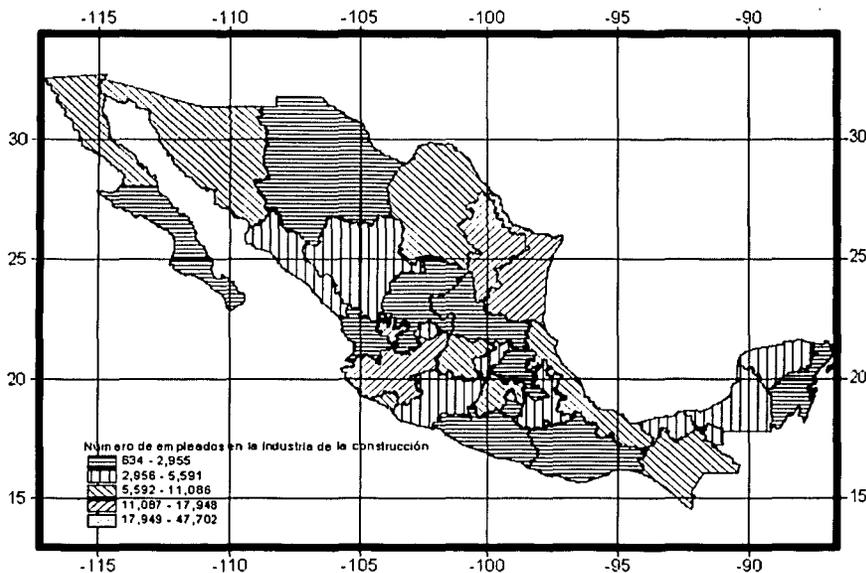


Figura 4.6 Distribución espacial número de empleados que trabajan para la industria de la construcción, promedio 1999-2002

4.3 PROPUESTA LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO DE CAPACIDAD CONSTRUCTIVA

4.3.1 Evaluación de los requerimientos para mitigar el desastre

Ante la ocurrencia de un desastre, uno de los principales objetivos es realizar un modelo de daños ocurridos en los diferentes sectores. Aquí se presentará una propuesta de logística basada en la optimización de recursos asignados a las entidades a través de un modelo de distancias mínimas de los estados cercanos y que nos permita saber cual es la capacidad de estos estados circunvecinos a la zona que resultara siniestrada.

En la Tabla 4.4 se presentan los diferentes subsistemas que pueden resultar afectados y aquellos en los cuales la ingeniería civil juega un papel preponderante en aspectos de prevención, mitigación y reconstrucción. La clasificación utilizada, es la propuesta por la CMIC, ésta puede variar de acuerdo a otra dependencia o de acuerdo a otros fines que requieran información más detallada. Por ejemplo clasificar a su vez la vivienda unifamiliar o multifamiliar por tipo de materiales constructivos en pisos, paredes o techos, o de acuerdo al material predominante y por su solución estructural; mampostería simple, mampostería reforzada, adobe, etc. Es importante aclarar que el orden no está asociado a la importancia del subsistema, ya que esto depende de muchas cosas, como de la cantidad de población afectada, del monto económico de las pérdidas y de otros factores que dependiendo del fenómeno permite hacer una valoración a posteriori del impacto de cualquier tipo de fenómeno sobre la prioridad en la atención de determinado subsistema.

Tabla 4.4 Preevaluación de requerimientos por subsistema afectado por un fenómeno destructivo

Sistema afectado	Elementos	Requerimientos generales	Participación institucional
Edificación	Vivienda unifamiliar	Número de viviendas dañadas y tipo de daño, criterios de evaluación estructural, propuestas de reparación y rehabilitación, demolición y reconstrucción, cuantificación de volúmenes de obra, número y características de maquinaria pesada, mano de obra en general y especializada.	Asociación Nacional de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Facultad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, UNAM, Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana, Organismos operadores de vivienda (Fovissste, Fovi, Infonavit, Institutos de vivienda estatales), Comité administrador del programa federal de construcción de escuelas, Secretaría de Salud
	Vivienda multifamiliar		
	Infraestructura de salud		
	Edificios para oficinas y similares		
	Edificaciones comerciales y de servicios		
	Edificaciones industriales en general		
	Infraestructura educativa		
Agua, Riego y Saneamiento	Edificaciones para recreación y esparcimiento		
	Obras auxiliares	Número de sistemas afectados, nivel de daño y porcentaje de sistemas en funcionamiento agua potable y drenaje, cuantificación de volúmenes de obra, número y características de maquinaria pesada, mano de obra en general y especializada, análisis de necesidad de plantas potabilizadoras móviles	Comisión Nacional del Agua (Gerencias Estatales), Asociación Mexicana de Hidráulica, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Facultad de Ingeniería, UNAM, Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana, Organismos operadores de agua potable estatales y municipales
	Presas de todo tipo		
	Obras de riego		
	Perforación de pozos		
	Túneles		
	Sistemas de agua potable y conducción		
Tanques de almacenamiento			
Electricidad y Comunicaciones	Tratamiento de agua y saneamiento		
	Drenaje urbano		
	Obras auxiliares	Número de sistemas afectados, en la generación y distribución del fluido eléctrico características de maquinaria pesada, mano de obra en general y especializada, análisis de necesidad de plantas de energía móviles	Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Comisión Federal de Electricidad, Compañía de Luz y Fuerza, Comisión Nacional del Agua, Comisión Federal de Telecomunicaciones
	Instalaciones telefónicas y telegráficas		
	Plantas hidroeléctricas		
	Plantas termoeléctricas		
Líneas de transmisión y distribución de energía			
Subestaciones			
Patrimonio Cultural	Obras auxiliares		
	Centros de culto	Número monumentos dañados y tipo de daño, criterios de evaluación estructural, propuestas de reparación y rehabilitación, demolición y reconstrucción, cuantificación de volúmenes de obra, mano de obra en general y especializada.	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Secretaría de Educación Pública
	Sitios Arqueológicos		
Museos			
Transporte	Autopistas, carreteras y caminos	Kilómetros de vías de comunicación dañadas y tipo de daño, criterios de evaluación de puentes y aeropuertos, propuestas de reparación y rehabilitación, demolición y reconstrucción, cuantificación de volúmenes de obra, número y características de maquinaria pesada, mano de obra en general y especializada, construcción de pasos temporales.	Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Instituto Mexicano del Transporte, Instituto de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Asociación Mexicana de Ingeniería del Transporte.
	Vías férreas		
	Metro y tren ligero		
	Obras de urbanización y vialidad		
	Rompeolas y escolleras		
	Muelles		
	Astilleros		
	Obras fluviales		
	Aeropistas		
Obras auxiliares			
Petróleo y Petroquímica	Perforación de pozos	Número de pozos, plantas de extracción, tanques de almacenamiento dañados o con probabilidad de dañarse, km de ductos de transporte de combustibles con daño, número y características de maquinaria pesada, mano de obra en general y especializada.	Asociación Nacional de la Industria Química, Petróleos Mexicanos, Facultad de Ingeniería, Facultad de Química, UNAM, Secretaría de Energía.
	Plantas de extracción		
	Plantas de refinación y petroquímica		
	Sistemas de conducción por tubería		
	Obras auxiliares		

Una Fuente que permite llevar a cabo una evaluación completa es el Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), que es el instrumento que, ante la eventualidad de un desastre natural tiene el Gobierno Federal, así como de los gobiernos estatales y municipales, éste consiste en el desvío del gasto presupuestado para reparar, en la medida de lo posible, los daños sufridos en la infraestructura física y para atender a la población damnificada. Los estados afectados y las secretarías de estado encargadas de la infraestructura básica tienen la obligación de informar sobre los montos y características de los daños para que puedan ingresar a los recursos que provee el FONDEN

4.3.2 Objetivos de los subsistemas ante un desastre

El objetivo del subsistema de edificación es brindar la seguridad a los habitantes y usuarios de vivienda y edificios de que no existe ningún daño estructural en sus propiedades, así como asegurar que las escuelas que sirven de albergues no tengan ningún problema y los hospitales no tengan ningún tipo de daño estructural o no estructural para la atención, eficiente de los indemnizados.

El objetivo del subsistema de Agua, Riego y Saneamiento es restablecer de manera inmediata el servicio de agua potable que permita la subsistencia de la población, y brindar apoyo a la población que haya sido afectada a través de plantas móviles de potabilización.

El objetivo de del subsistema de transporte es restablecer de manera inmediata la comunicación terrestre que permita el flujo de bienes y servicios, y brindar apoyo a la población que haya sido afectada.

El objetivo del subsistema de electricidad y comunicaciones es restablecer de manera inmediata el fluido eléctrico y la comunicación (microondas, satelital o radio) que permita el flujo de información para la atención inmediata de la emergencia.

El objetivo de la atención al Patrimonio Cultural es evaluar los daños de manera inmediata y rehabilitar el patrimonio histórico y cultural, así como preservar los monumentos históricos existentes en el país.

El objetivo del subsistema de Petróleo y Petroquímica es restablecer de manera inmediata el suministro energético controlar las contingencias de origen químico-tecnológico así como la atención inmediata de la emergencia.

4.3.3 Propuesta de aprovisionamiento

Esta propuesta se basa principalmente en la localización geográfica mediante las distancias a las zonas siniestradas y la capacidad sectorizada de la industria de la construcción, en la Figura 4.7 se presenta el diagrama de flujo con ésta propuesta y más adelante se detalla cada uno de los pasos.

Ante la ocurrencia de un fenómeno destructivo, esta propuesta inicia con el supuesto de una amenaza en el territorio nacional. Es indispensable, que, inmediatamente a la ocurrencia de una calamidad se tenga una aproximación de la intensidad y magnitud del impacto y sobre todo asociarla espacialmente al territorio nacional, esto para tener una evaluación preliminar de las necesidades generadas durante la etapa de emergencia o la estimación anticipada de estas ante la inminencia de la ocurrencia.

Así pues, es indispensable determinar qué zonas del territorio fueron impactadas, muchas veces esto resulta complicado, pero con las nuevas tecnologías de sistemas de información geográfica y de percepción remota esto se simplifica por la utilización de fotografía aérea e imágenes satelitales. Para estos efectos es importante consultar las declaratorias de emergencia y de desastre que la Coordinación General de Protección Civil elabora, en ellas se enumeran los municipios por estado que pueden ser afectados o fueron severamente impactados por un fenómeno.

El siguiente paso es el análisis de los daños, este paso resulta bastante complicado, ya que no es inmediato a la ocurrencia de un desastre, ya que en primer término las autoridades responsables atienden la emergencia, esto lleva aproximadamente 2 semanas, posteriormente la evaluación de impacto es elaborada por las entidades responsables de los subsistemas, por ejemplo el número de postes y transformadores dañados le corresponde a la Comisión Federal de Electricidad, las viviendas a la Secretaría de Desarrollo Social Federal y las secretarías de gobierno estatales encargadas, así como colegios de profesionista y organismos responsables de la vivienda. Es importante mencionar que este análisis es elaborado obligatoriamente por las instituciones responsables para poder acceder al Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN), mediante este mecanismo se puede conocer el monto de las pérdidas en los subsectores donde la industria de la construcción es requerida de manera importante.

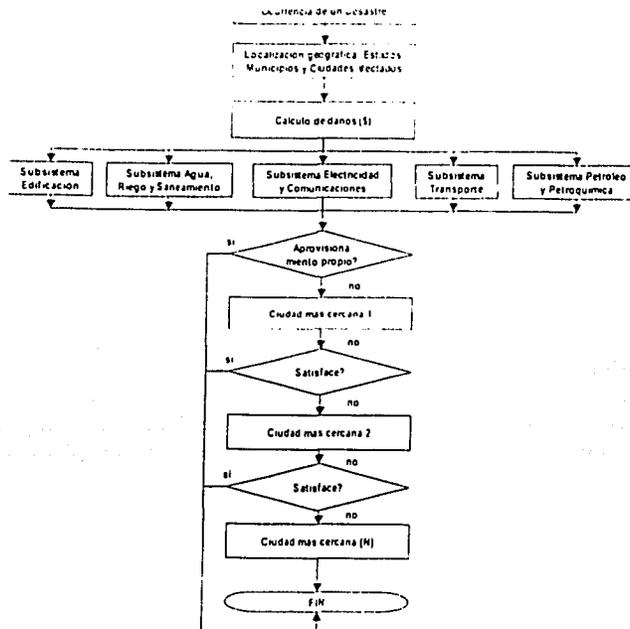


Figura 4.7 Diagrama de flujo de la propuesta de aprovisionamiento de construcción

Para el cálculo del aprovisionamiento, se recurre a la información del INEGI en los diferentes sectores que conforman la industria de la construcción a nivel estatal. En este sentido se construyó un sistema que contiene esta información.

Posteriormente se compara la capacidad del estado por sector con los daños que se presentan, si el estado puede satisfacerse en materia de mano de obra, maquinaria y materiales para afrontar el siniestro, entonces no será necesario implementar un programa de aprovisionamiento. Si el estado no tiene capacidad de afrontar el nivel de daños, el sistema realiza una búsqueda basada en distancias mínimas entre dos o más ciudades, lo que nos permite optimizar el aprovisionamiento, si este queda satisfecho se cumple la hipótesis, si no se consulta la siguiente ciudad con capacidad y se verifica su contribución a satisfacer la necesidad y así hasta que el impacto quede mitigado con la participación de los estados circunvecinos mediante la integración de la información de manera metodológica mediante una propuesta de aprovisionamiento lógico.

El sistema se elaboró en Excel y está conformado por información por subsector en los estados y por una tabla de distancias en la cual el kilometraje entre ciudades está sujeto a los siguientes criterios:

- Iniciando recorrido partiendo del centro de la ciudad
- Las carreteras en mejores condiciones y más seguras
- Siguiendo el curso de las autopistas
- Las distancias más cortas entre poblaciones

Está conformado por 50 ciudades y un mapa de distancias que pueda seleccionar la ciudad y generar un listado de las ciudades más cercanas. Es importante mencionar que la mayoría del aprovisionamiento llega por vía terrestre, adicionalmente se comenta que en un trabajo futuro se podría diseñar una propuesta de logística de aprovisionamiento por vías aérea y portuaria.

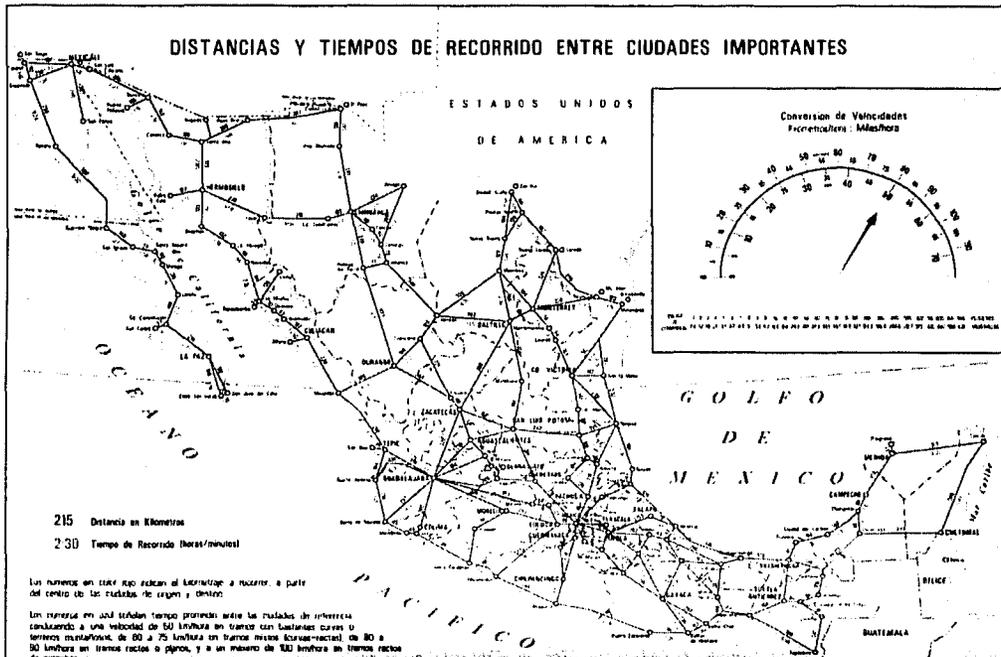


Figura 4.8 Distancias y tiempos de recorrido entre ciudades importantes

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la fórmula siguiente se presenta un modelo matemático que describe propuesta de aprovisionamiento en términos analíticos de la siguiente manera:

$$\min \sum_{i=1}^n r_i \geq R_T, \quad \text{donde } r_i \Leftrightarrow d_i \quad (4.1)$$

Donde r_i es son los requerimientos posibles a aportar por entidad y ciudad, R_T son los requerimientos críticos totales y d_i es la distancia mínima ordenada al siniestro, considerando que r_i y d_i se encuentran en correspondencia biunívoca.

Se presentan en las Figuras 4.9 y 4.10 algunos ejemplos del sistema desarrollado, en aspecto de valor de la producción por tipo de obra y el cálculo de distancias mínimas a una Ciudad dada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1	PRINCIPALES INDICADORES DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS																		
2	Valor de la Producción																		
3	Por Tipo de Obra																		
4	Edificaciones																		
5	Obras de Puentes e Puentes Contornos																		
6	*1994																		
7	1994(A)	24737	22452	7730	8196	37676	6983	36742	26793	830643	11950	27370	9187	12441	59935	36210	22163	4381	
8	1994(B)	21886	26272	5261	1967	36551	4493	39501	30466	546657	10781	24932	6982	9143	47633	34342	24632	24632	
9	1994(C)	12866	17283	9550	4923	50178	3546	319156	26194	780266	6108	18160	4324	7592	66946	23872	19113	278	
10	1994(D)	12106	18734	6290	11373	59250	6166	76447	21105	899378	7956	20390	2529	9732	75462	22676	20960	170	
11	1994(E)	12795	20264	5970	12799	53745	4302	26348	39933	812910	6000	22203	2976	8762	96933	28301	24649	153	
12	1994(F)	11026	13164	5819	9182	48301	9104	26136	32254	567688	9620	21659	13837	8491	17644	53796	24450	519	
13	1994(G)	11987	36113	6373	11669	39609	6626	36783	32048	555502	11002	38207	13607	4753	73717	48641	32839	739	
14	1994(H)	14376	38276	6126	10626	39716	8918	39492	18278	67397	10079	19170	21631	6201	16981	52764	26797	926	
15	1994(I)	20594	39521	18740	15661	72879	7439	34987	31812	542624	10344	43610	22679	6129	13392	43301	26777	2481	
16	1994(J)	18464	29189	8265	12711	80787	5893	33544	36156	566650	12757	29115	32660	3691	13526	49813	20960	322	
17	1994(K)	20772	37269	7562	11633	71322	7036	26202	24210	532143	13147	29423	26641	4108	122381	42721	29707	260	
18	1994(L)	18912	43102	6793	18566	72844	8363	41173	22387	511491	9647	34412	31920	19569	137814	63843	23199	240	
19	1994(M)	28452	37251	81997	14879	65168	95687	408521	31812	737945	123833	329726	188840	38802	119578	49443	342914	4911	
20	1994(N)	10747	48940	3657	3663	58770	4918	18620	24304	542793	7473	26656	37763	17112	79249	42612	16175	1009	
21	1994(O)	8736	29662	2054	3014	64766	6932	17707	18916	424263	6924	14103	27019	16230	9166	33172	13815	246	
22	1994(P)	10192	50780	4267	743	42146	3176	5223	21603	365702	6411	19273	28814	15316	54063	31944	13305	236	
23	1994(Q)	8330	40323	2446	5419	40179	3791	4302	20300	348324	4395	14519	21036	15146	20071	27240	11004	158	
24	1994(R)	8953	36744	3518	3790	34566	3862	4132	19922	26772	6462	15291	3691	13470	43027	28296	16903	100	
25	1994(S)	8982	33875	1522	3270	44466	2974	6294	16157	38036	4792	18345	9299	8743	37447	31321	14902	706	
26	1994(T)	16214	26677	3380	1371	41274	3368	8196	15074	276096	4361	18649	12397	9712	46731	34226	18646	758	
27	1994(U)	11323	28866	3326	2051	51603	3129	5417	23919	319339	9376	28233	14884	1484	73115	31101	35767	125	
28	1994(V)	10342	33245	9750	6701	78932	2763	16780	26480	169477	6937	18643	14483	11240	42471	36802	20741	320	
29	1994(W)	10330	37230	8620	8144	48323	2910	19761	41263	455119	5222	23140	34623	14574	116348	32568	30844	346	
30	1994(X)	18196	34028	13368	6712	38954	7374	23954	360457	8295	29513	27712	15366	10883	41388	34665	5550		
31	1994(Y)	21987	86367	12448	2793	69640	11436	34166	31436	393370	22661	21268	29960	13703	10169	40297	13714	973	
32	1994(Z)	16462	22680	7874	16917	49706	6240	10219	21424	299243	14867	18698	16243	6222	70764	21160	12103	623	
33	1995(A)	11256	29467	7198	15386	60693	5029	13209	22017	334780	14633	26750	10158	9987	66473	21620	10244	474	
34	1995(B)	12481	43913	5297	4684	44770	6129	13324	22419	374869	10519	18619	20121	4398	53936	30788	6679	603	
35	1995(C)	14867	32881	4490	1033	54714	6662	10860	41887	267334	9523	20033	4236	6793	59221	29236	18934	516	
36	1995(D)	11967	38991	5323	2401	47366	6429	17487	40487	383271	6791	10392	8143	5116	51827	27394	13212	663	
37	1995(E)	18872	29438	8940	18763	53129	2168	11529	42413	386445	7436	33270	10763	6773	41926	27862	13633	1461	
38	1995(F)	18134	43412	9022	12546	44681	3319	14271	49566	430560	8610	23798	8664	18168	68898	25773	13462	145	
39	1995(G)	18170	42917	8476	14671	54384	3421	12714	23341	334531	7817	26232	13104	16271	58616	22959	19097	1171	

Figura 4.9 Capacidad constructiva en términos de producción para las 32 Entidades Federativas por año (1994-2002)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

de ganado vacuno fueron de gran importancia. También hubo un número apreciable de viviendas afectadas, así como también de establecimientos comerciales y manufactureros.

Las pérdidas económicas calculadas en este informe ascienden a cerca de 6,500 millones de pesos en el caso de Yucatán, y a más de 2,300 en el estado de Campeche. Aunque no fue posible incluir Quintana Roo en las evaluaciones realizadas, estado en el que hubo pérdidas agrícolas de cierta significación, y un buen número de viviendas destruidas, sobre todo en la comunidad de San Marcos, es probable que las pérdidas acumuladas para los tres estados, considerando tanto los efectos directos como los indirectos, se aproximen a los 10,000 millones de pesos.

4.4.3 Evaluación de daños: Apreciación de conjunto, estado de Yucatán

Las pérdidas económicas que generó el fenómeno se estiman en 6,535 millones de pesos, de los cuales más del 85% (5,558.7 millones de pesos) correspondieron a destrucción de acervos, mientras que el restante 15% (976.6 millones de pesos) a pérdidas en la producción de bienes y servicios así como otras afectaciones. Sufrieron daños hoteles de lujo, residencias veraniegas, viviendas modestas, actividad ganadera, industrial y pesquera, tramos carreteros e infinidad de postes y equipo eléctrico. Las pérdidas fueron de tal magnitud que ascendieron nada menos que al 8.7% del producto interno bruto que generó la entidad para el año 2000, el cual ascendió a 75 mil millones de pesos actuales (véase Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Resumen de daños totales en miles de pesos (Bitrán 2002)

Sector / Concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Agricultura		532,876.0	532,876.1	8.2
Ganadería	1,130,000.0		1,130,000.0	17.3
Pesca	7,000.0		7,000.0	0.1
Industria, comercio y servicios	1,655,000.0	638,000.0	2,293,000.0	35.1
Micro y pequeña	734,800.0	283,300.0	1,018,100.0	15.5
Medianas y grandes	920,200.0	354,700.0	1,274,900.0	19.6
Vivienda	1,357,524.5	143,720.0	1,501,244.5	23.0
Escuelas	134,429.8	27,449.2	161,879.0	2.5
Hospitales y centros de salud	37,760.7	49,577.2	87,337.9	1.3
Comunicaciones y transportes	206,448.8	30,000.0	236,448.8	3.6
Agua potable	41,238.3		41,238.3	0.6
Suministro de electricidad	296,798.0		296,798.0	4.5
Impacto ecológico	62,540.7	20,000.0	82,540.7	1.3
Costo de la emergencia		165,000.0	165,000.0	2.5
Total general de daños	5,558,740.8	976,622.4	6,535,363.2	100.0

Nota: Las cifras contenidas en este cuadro recogen tanto datos proporcionados por las entidades oficiales como cálculos propios realizados por los autores con base en diversas informaciones recabadas en el estado.

Los sectores que sufrieron mayores pérdidas fueron la industria manufacturera, la vivienda, la ganadería y la agricultura. El sector industrial y comercial fue afectado en sus instalaciones, básicamente en las techumbres, en sus existencias, y también por interrupción de la actividad

durante un lapso, que para la mayor parte de los establecimientos fue inferior a 10 días. En materia agropecuaria se perdió las cuatro quintas partes de la cosecha de maíz esperada y una importante parte de cultivos perennes de exportación. En la ganadería se perdieron más de ocho millones de aves contenidas en las granjas avícolas que resultaron en su mayoría con destrucción total; además de una importante cantidad de cabezas de ganado porcícola muertas, y una afectación aguda en la producción apícola.

4.4.4 Evaluación de daños: apreciación de conjunto, estado de Campeche

Los daños causados en el estado de Campeche por los efectos del huracán *Isidore* suman en total los 2,342 millones, de los cuales el 46.1%, es decir 1,080 millones, correspondió a daños directos a los sectores económicos y sociales, mientras que el restante 53.9% correspondió a daños indirectos que trajo el fenómeno a su paso por la entidad. Estas pérdidas tienen una elevada incidencia en la economía del estado, ya que relacionadas con producto interno bruto de la entidad ascienden a 3.6%.

Los sectores más dañados fueron, en orden de importancia: la producción de petróleo que se dejó de percibir como resultado de la evacuación de las plataformas petroleras con un 38.2%, las pérdidas de existencias ganaderas, incluyendo la infraestructura de esta actividad, con un 17.7%, así como el daño sufrido en las hectáreas de distintos cultivos agrícolas e infraestructura anexa a la actividad, entre los más importantes.

En la Tabla 4.6 se muestra el total y el desglose de los daños, tanto directos como indirectos, que sufrió el estado de Campeche a consecuencia del paso del *Isidore*.

Tabla 4.6 Resumen de daños totales en miles de pesos (Bitrán 2002)

Sector / concepto	Daños directos	Daños indirectos	Total	Porcentaje del total
Agricultura	55,519.0	322,534.3	378,053.3	16.1
Ganadería	414,026.2		414,026.2	17.7
Pesca	47,402.5		47,402.5	2.0
Industria	12,158.7	2,537.7	14,696.4	0.6
Comercio	39,158.7	7,450.0	46,608.7	2.0
Vivienda	32,631.4	3,068.3	35,699.7	1.5
Escuelas	153,780.3		153,780.3	6.6
Hospitales y centros de salud	26,962.8		26,962.8	1.2
Comunicaciones y transportes	208,000.0		208,000.0	8.9
Agua potable	45,741.5		45,741.5	1.9
Suministro de electricidad	26,000.0	5,000.0	31,000.0	1.3
Producción de petróleo		895,233.6	895,233.6	38.2
Impacto ecológico	18,436.7		18,436.7	0.8
Costo de la emergencia		26,550.0	26,550.0	1.1
Total general de daños	1,079,817.8	1,262,373.9	2,342,191.7	100.0

Nota: Las cifras contenidas en este cuadro recogen tanto datos proporcionados por las entidades oficiales como cálculos propios realizados por los autores con base en diversas informaciones recabadas en el estado.

4.4.5 Aplicación de la metodología propuesta

Para la aplicación de la metodología, vamos a comparar la información que se obtuvo de los daños conjuntamente con la producción en los diferentes subsectores de la industria de la construcción en el Estado, de esta manera podremos saber que subsistemas fueron rebasados por los daños y la diferencia que hay que solucionar a través de concentrar el aprovisionamiento de los estados vecinos en los rubros más afectados.

Tabla 4.7 Comparación de daños por subsector constructivo y capacidad constructiva del estado, en miles de pesos, se incluye el diferencial

Estado	Sector / Concepto	Total daños	Total Capacidad	Diferencia
Campeche	Edificación	216,442.80	803,901	587,458.20
	Transporte	208,000.00	566,023	358,023.00
	Agua, riego y Saneamiento	64,178.20	110,151	45,972.80
	Electricidad y comunicaciones	31,000.00	162,185	131,185.00
	Subtotal	519,621.00	1,642,260.00	1,122,639.00
Yucatán	Edificación	5,061,561.40	1,097,222	-3,964,339.40
	Transporte	236,448.80	323,703	87,254.20
	Agua, riego y Saneamiento	123,779.00	284,574	160,795.00
	Electricidad y comunicaciones	296,798.00	123,931	-172,867.00
	Subtotal	5,718,587.20	3,347,759.00	-2,593,651.20

El siguiente paso es el cálculo de distancias mínimas para ciudades dadas, por medio del sistema se analizaron las ciudades más próximas a Campeche y Mérida, en la Tabla 4.6 siguiente se presentan éstas y la distancia en kilómetros a las ciudades antes citadas.

Dentro del análisis se debe conocer si dos o más ciudades fueron afectadas, esto debido a que mientras algunos fenómenos impactan de manera local, otros impactan de manera regional, por lo que muchas veces, la consideración de distancias debe excluir a las ciudades cercanas que fueron siniestradas, en este caso, podemos observar que el estado de Campeche tuvo capacidad de enfrentar los efectos del huracán en los diferentes subsectores, y la diferencia en términos económicos todavía fue sustantiva para apoyar las labores de reconstrucción y rehabilitación del estado de Yucatán.

Tabla 4.8 Distancias a la Ciudad de Mérida utilizando el criterio de distancia mínima para diecinueve ciudades

km	Estado
177	Campeche
317	Quintana Roo
388	Quintana Roo
564	Tabasco
829	Chiapas
898	Chiapas
1039	Oaxaca
1056	Veracruz
1062	Chiapas
1158	Veracruz
1173	Oaxaca
1209	Puebla
1242	Tlaxcala
1332	D.F.
1384	Morelos
1396	Hidalgo
1398	Estado de México
1520	Tamaulipas
1543	Querétaro

En este paso es donde se analiza la aportación a cada uno de los subsectores, por parte de los estados circunvecinos, esto es, se va completando la diferencia que existe en los rubros hasta satisfacer las necesidades del estado afectado, en la siguiente tabla se presenta, el ejemplo de la circulación del aprovisionamiento para el estado de Yucatán.

Tabla 4.9 Análisis de circulación de aprovisionamiento para el estado de Yucatán

Estado	Sector / Concepto	Diferencia	Campeche	Quintana Roo	Tabasco	Chiapas	Oaxaca
	Edificación	-3,964,339.40	587,458.20	708,788	1,071,121	1,499,544	97,428.20
	Transporte	87,254.20			Autosuficiente		
Yucatán	Agua, riego y Saneamiento	160,795.00			Autosuficiente		
	Electricidad y comunicaciones	-172,867.00	131,185.00	329,728	41,682.00		

Con este esquema aseguramos el aprovisionamiento por sector para el estado siniestrado, este sistema permitirá realizar el análisis sistemático mediante la incorporación de diferentes insumos que permitan a los responsables de las diferentes áreas de gobierno incorporar elementos importantes para la toma de decisiones, este se refiere básicamente a la capacidad constructiva de la Ingeniería Civil en México.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANTECEDENTES

En este último capítulo se presenta un resumen sobre la tesis presentada. Adicionalmente se muestran las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas de los planteamientos de este trabajo. Por último se presentan algunas sugerencias sobre desarrollos sobre prevención de desastres e ingeniería civil a futuro.

RESUMEN

La primera parte de este trabajo se basa en trabajos de investigación y bibliográficos llevados a cabo en el Cenapred. Se realizó un resumen de tres capítulos que conforman el Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgo de Desastre en la República Mexicana. Además se presenta una descripción de los principales fenómenos que impactan en el territorio nacional y en algunos casos los daños que han provocado. Como parte del diagnóstico se presentan algunos mapas a nivel nacional y de diversa escala que nos presentan la zonas de mayor peligro por diferentes tipos de fenómeno.

El primer riesgo que se estudió fueron los fenómenos de tipo geológicos el objetivo fue conocer los riesgos geológicos y su localización en la República Mexicana, por tal motivo se estudiaron los sismos, los volcanes y los tsunamis, posteriormente se presentaron políticas dirigidas a reducir el riesgo de desastres debidos a este tipo de fenómenos. En la segunda parte se hizo un recuento de los riesgos hidrometeorológicos existentes en el país y se consideró como objetivo primordial conocer los riesgos hidrometeorológicos y su localización en la República Mexicana, así se presentan la descripción de las precipitación pluviales, los ciclones tropicales, los escurrimiento y las inundaciones. Posteriormente se hizo un recuento sobre los tipos de riesgos y accidentes de origen químico y su localización o generación por movimiento y se plantearon estrategias generales para su reducción y mitigación.

En la segunda parte de este trabajo, se llevó a cabo un análisis de los insumos de la industria de la construcción en el país a nivel de estado, se compararon los diferentes tipos de industria que conforman a la constructiva y se localizó la infraestructura espacialmente, como parte importante del trabajo se propuso un modelo que resume una propuesta de logística de aprovisionamiento que contribuye a mitigar el impacto del desastre, también se realizaron análisis de los requerimientos específicos para la atención de elementos tipo (vivienda, carreteras, etc) para cuantificar de manera muy general estos conceptos. Finalmente se aplicó esta propuesta para un estudio de caso en el estado de Yucatán, con el objeto de aplicar la metodología propuesta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de la lectura de diferente bibliografía, de resúmenes realizados y de la propuesta metodológica resultado de este trabajo, se obtuvieron las siguientes conclusiones.



1. Los conceptos sobre prevención de desastres y protección civil en México son relativamente recientes.
2. La República Mexicana está sujeta a una gran cantidad de fenómenos ya sea naturales o antrópicos (causados por el hombre).
3. La realización de estudios sobre aspectos físicos de los fenómenos, la atención de la emergencia y la rehabilitación y reconstrucción del sistema afectado es realizado de manera directa por grupos multidisciplinarios, con una participación preponderante de la ingeniería civil.
4. La participación del ingeniero civil en la parte de investigación y desarrollo tecnológico ha ido en aumento, partiendo del estudio de las causas del fenómeno, se ha pasado a las propuestas, medidas y desarrollo de planes que contribuyen a la reducción del impacto sobre los sistemas afectables.
5. El ingeniero apoya de manera importante a la reducción del riesgo en la disminución de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos.
6. Una parte importante en el diseño e implementación de planes de prevención y procedimientos de aprovisionamiento corresponde al área de sistemas dentro de la ingeniería civil.
7. En México el Sistema Nacional de Protección Civil han clasificado a los riesgos en: de origen geológico, hidrometeorológico, químico, sanitario y socio-organizativo.
8. Los fenómenos geológicos son aquellos relacionados con la dinámica del interior o de la superficie terrestre. Las calamidades de tipo geológicos se clasifican en: agrietamiento, colapso de suelos, deslave y deslizamiento de talud, erosión, flujo de lodo, hundimiento regional, maremoto (tsunami), sismo o terremoto y vulcanismo.
9. En el siglo pasado ocurrieron 71 grandes sismos, que en la mayoría de los casos produjeron daños y víctimas.
10. La tercera parte de la población vive en zonas de muy alto y alto peligro sísmico, incluyendo los estados de mayor índice de marginación (Guerrero, Oaxaca y Chiapas).
11. La tasa de erupción media durante los últimos 500 años ha sido de 15 erupciones por siglo.
12. Los daños generados por fenómenos geológicos en el periodo 1980-1999 ascendieron a 4,560 millones de dólares y 6,097 muertos.
13. Los fenómenos hidrometeorológicos son los que se generan en la atmósfera, aguas superficiales y subterráneas, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Las calamidades hidrometeorológicas se clasifican en: avalancha de nieve, deforestación y desertificación, huracán, inundación, lluvia, nevada, sequía, temperaturas extremas, tormenta de granizo, tormenta eléctrica y viento.
14. En promedio penetran al territorio nacional anualmente 4 ciclones destructivos, produciendo lluvias intensas con sus consecuentes inundaciones y deslaves.
15. La falta de regulación de los asentamientos humanos y la degradación ambiental se suman a los retrasos en acciones de ordenamiento hidrológico y de obras de protección, incrementando el riesgo en la población.
16. Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos y flujos con sedimentos en las laderas de las montañas que han destruido infraestructura económica y social como viviendas, hospitales, escuelas y vías de transporte.

17. Los daños generados por fenómenos hidrometeorológicos en el periodo 1980-1999 ascendieron a 4,547 millones de dólares y 2,767 muertos.
18. La mayoría de las industrias se ubican en el centro del país, lo que la convierte en una región con muy alto riesgo en el campo ecológico, por la gran densidad de población.
19. Las principales industrias generadoras de desechos industriales son las de alimentos, textiles, maderera, artes gráficas, química orgánica e inorgánica, no metálica y metálica básica, además de las ensambladoras.
20. México carece de un número suficiente de centros de procesamiento y confinamiento de desechos industriales, así como de plantas de tratamiento para los solventes y aceites.
21. El transporte de sustancias químicas implica riesgos por accidentes o por errores humanos, los cuales pueden provocar derrames, fugas, incendios y explosiones, además de contaminación y daños a personas y bienes.
22. En México, la mayor incidencia de accidentes carreteros que involucran sustancias químicas ocurre en los estados de México, Veracruz y Puebla.
23. Los daños generados por riesgos químico-tecnológicos en el periodo 1980-1999 ascendieron a 1,283 millones de dólares y 1,250 muertos.
24. El XV censo industrial contiene los tabulados básicos de la industria de la Construcción, en el se encuentra información referente a la industria de la construcción, es decir, desde el empleo de herramientas de mano, hasta la aplicación de maquinaria y equipo sofisticado, dependiendo del tipo de obra a ejecutarse, desde la construcción tradicional hasta la construcción con piezas preconstruídas de cualquier tipo de material.
25. La Encuesta Nacional de la Industria de la Construcción (ENIC) se lleva a cabo trimestralmente, con el objetivo de proporcionar indicadores que permitan un mayor conocimiento sobre la evolución económica de este sector.
26. En cuanto a las variables, la encuesta capta información acerca del personal ocupado, remuneraciones, compras y consumo de materiales, valor de producción, nivel de actividad y capacidad de planta de las empresas afiliadas a la CMIC.
27. Por tipo de obra, la ENIC incluye 6 grandes grupos: edificación, agua, riego y saneamiento, electricidad y comunicaciones, instalaciones telefónicas y telegráficas, transporte, petróleo y petroquímica, así como otras construcciones.
28. El valor total de la producción por entidad federativa, representa el valor de los avances físicos de obra, considerando dicho valor a precio de venta y durante el periodo de referencia.
29. Este parámetro nos indica globalmente la capacidad constructiva de las empresas en general, con este valor se puede predecir de manera muy general si el estado cuenta con la infraestructura constructiva para hacer frente al siniestro generado por un fenómeno destructivo.
30. En Oaxaca y Guerrero la capacidad en general de la industria es reducida, por lo que ante la ocurrencia de un siniestro, se tendría que recurrir a otros estados circunvecinos u otros estados.
31. Solamente durante el año de 1999 los efectos de 2 sismos y las lluvias e inundaciones causaron pérdidas de alrededor de mil setecientos millones de pesos en la infraestructura de los estados anteriores, lo cuál está muy por encima de los quinientos millones en que se calculó la producción en la industria constructora ese año.

32. La propuesta de logística se basó en un modelo de optimización de recursos, asignados a las entidades a través de un modelo de distancias mínimas, que nos permita saber cual es la capacidad de los estados circunvecinos más cercanos a la zona que resulta siniestrada.
33. La hipótesis inicia con el supuesto del impacto de una amenaza en el territorio nacional, las siguientes hipótesis son la determinación exacta de impacto en términos espaciales y posteriormente el análisis del impacto socioeconómico.
34. Se compara la capacidad del estado por sector con los daños que se presentan en los subsectores que integran la industria de la construcción, si el estado puede satisfacerse en materia de mano de obra, maquinaria y materiales para afrontar el siniestro, entonces no será necesario implementar un programa de aprovisionamiento.
35. Si el estado no tiene capacidad de afrontar el nivel de daños, el sistema realiza una búsqueda basada en distancias mínimas entre dos o más ciudades, lo que nos permite optimizar el aprovisionamiento, si este queda satisfecho se cumple la hipótesis, si no se consulta la siguiente ciudad con capacidad y se verifica si el modelo satisface el requerimiento original.
36. El modelo matemático que describe propuesta de aprovisionamiento en términos analíticos se expresó de la siguiente manera:

$$\min \sum_{i=1}^n r_i \geq R_T, \quad \text{donde } r_i \Leftrightarrow d_i \quad (4.1)$$

donde: r_i es son los requerimientos posibles a aportar por entidad y ciudad,
 R_T son los requerimientos críticos totales
 d_i es la distancia mínima ordenada al siniestro

TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo presenta un modelo basado en información estadística, resulta importante aclarar que el nivel de agregación de la ENIC no permite realizar un análisis con mayor detalle. Sin embargo se sugiere que para posteriores trabajos se contara con mayor información a nivel estatal y municipal. Entre las variables que se pudieran agregar al modelo estarían:

1. El aprovisionamiento vía aérea, marítima y ferroviaria.
2. El número de ingenieros civiles existentes en el estado.
3. La relación de maquinaria existente en la zona del siniestro.

REFERENCIAS

- A.A.V.V., (1992) "Atlas Nacional de México", Instituto de Geografía, UNAM.
- Bitran D. (2001), "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-1999", Cenapred, México, 107 pp.
- CENAPRED (1996), "Tsunamis", Fascículo 12, 1era. edición, México, 37 pp.
- CENAPRED (1998), "Volcanes", Fascículo 4, 2a. edición, México, 56 pp.
- CENAPRED (2000), "Diagnóstico de Peligro e Identificación de Riesgo de Desastres en la República Mexicana, Atlas Nacional de Riesgo", México, 225 pp.
- CENAPRED (2001a), "Programa Especial de Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastres", México, 137 pp.
- CENAPRED (2001b), "Sismos", Fascículo 2, 3er. edición, México, 40 pp.
- Federal Emergency Management Agency, "Multi Hazard", Identificación y Valoración de riesgos, 1era. Edición, 1997. (en inglés)
- Gelman O. (1996), "Desastres y Protección Civil Fundamentos de investigación interdisciplinaria", Instituto de Ingeniería, México, 174 pp.
- INEGI (2000), Encuesta anual de la industria de la construcción 2000 (información referente a 1999), México, 78 pp.
- Müncherner Rück, "Topics 2000, Catástrofes Naturales - La posición actual", Alemania, 1999. (en inglés)
- OPS (1087), "Terremoto en México 1985 (Crónicas de Desastres No. 3)", Washington D.C., 132 pp.
- Secretaría de Gobernación (1986), "Decreto por el que se aprueban las bases para el establecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil y el Programa de Protección Civil que la mismas contienen", en Diario Oficial de la Federación, 6 de mayo de 1986, 252 pp.
- Secretaría de Gobernación (1988), "Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Prevención de Desastres con el carácter de órgano administrativo desconcentrado jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación", en Diario Oficial de la Federación (1988).
- Secretaría de Gobernación (1994), "Prontuario de Contingencias en el Siglo XX Mexicano", México, 136 pp.
- Zepeda O. (2003), "Sistema de información geográfica con aplicación a incendios forestales en Yucatán y énfasis en la protección civil", Cenapred, México, 15 pp.

Páginas en Internet

- **Centro Nacional de Prevención de Desastres**
<http://www.cenapred.unam.mx/2003>
- **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática**
<http://www.inegi.gob.mx/2003>
- **Instituto de Geofísica, UNAM**
<http://www.igeofcu.unam.mx/2003>
- **Instituto de Geografía, UNAM**
<http://www.igeograf.unam.mx/instituto/2003>
- **Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción**
<http://www.cmic.org/2003>

GLOSARIO

Alerta Temprana.-Dar a conocer al público que pudiera ser afectado, antes del inicio de un fenómeno natural el peligro que corre y evacuar las zonas afectadas.

Altitud.-Altura de un punto de la tierra con relación al nivel del mar

Avenida.- Crecida impetuosa de un río

Ciclón.- Huracán que gira a gran velocidad alrededor de un centro de baja presión

Coordenadas Geográficas o Terrestres.-Sirven para fijar puntos en la tierra, tienen como base de ejes coordenados, el plano del ecuador y el meridiano de Greenwich, y como origen el punto de intersección de dichos planos (longitud, latitud)

Cuencas Aluviales.- Área de depósitos arcillosos o arenosos que se van quedando durante una tormenta y se van acumulando a través del tiempo.

Curvas Isoistas.- Son mapas de intensidades sísmicas y separan zonas con distintos grados de Intensidad sísmica que permiten comparar las áreas y niveles de afectación producto de un evento Sísmico en particular.

Desastre.- Es un evento destructivo que afecta significativamente a la población, en sus vidas o en sus fuentes de sustento y funcionamiento.

Eficacia preventiva.-Anticiparse a un evento, salvaguardar la integridad física de los ciudadanos, realizar campañas de educación pública distribuir material y folletería a la población, donde se les indique que hacer antes, durante y después de una emergencia.

Energía Liberada.- Parte de la energía de deformación liberada por un sismo se dispersa desde la región focal con un movimiento de onda sísmica. El resto se transforma en energía potencial, la cual permite que tenga lugar la deformación de la corteza terrestre y que la energía se absorba en la destrucción de las rocas y el deslizamiento en las fallas.

Escala de Mercalli.- Es una manera de evaluar la intensidad de un sismo en un lugar determinado y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en el terreno

Estado de Saturación.- Cuando en un espacio dado el aire contiene la cantidad máxima de otra sustancia, como vapor de agua a una presión y temperatura dada

Epicentro.- Es cuando se proyecta en la superficie de la tierra el movimiento originado por el rompimiento de las rocas en el interior de la tierra lo que provoca los temblores.

Fenómeno de convección.- Se origina por el levantamiento de masas del aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor con masas de aire densas y frías, o por el desigual calentamiento de la superficie terrestre y la masa de aire. al irse levantando estas masas de aire, se expanden y enfrían dinámicamente, originando la condensación y/o precipitación

Fenómeno de subducción.-El movimiento relativo de cualquiera de dos placas rígidas, al penetrar una bajo la otra y entonces ocurre un movimiento sísmico.

Flujos Piroclásticos.- Son avalanchas formadas por mezclas de fragmentos o bloques de lava, cenizas volcánicas (magma finamente fragmentado) y gases muy calientes que se deslizan cuesta abajo por Los flancos de un volcán a grandes velocidades y son peligrosas y destructivas.

Gravedad (g).-Fuerza de atracción de gravedad de la tierra su valor al nivel del mar es de 9.81 m/seg²

Humedad Relativa.-Es el cociente de la cantidad de vapor de agua presente en el aire (punto de rocío) y la cantidad máxima de vapor de agua que podría haber a la misma temperatura y se da en porcentaje

Hidrocarburos Insaturados.- Son mezclas que tienen dos o más átomos de carbono adyacentes, unidos por una doble o triple ligadura

Huracán.- viento violento e impetuoso, a modo de torbellino, gira en grandes círculos

Hipocentro.-Centro o foco es el punto donde se origina el movimiento sísmico

Instintivo.- Impulso interior independiente de la reflexión. Por instinto por intuición sin reflexión

Lahares o flujos de lodo.-Son flujos producto de una erupción volcánica que contienen fragmentos de roca fría o caliente con una gran cantidad de agua y escombros volcánicos. Estos se mueven pendiente abajo originando un flujo laminar o turbulento.

Latitud.- Distancia de un lugar con respecto al ecuador de la tierra y el meridiano de Greenwich, se mide de 0° a 90° norte o sur

Logística.-Conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa. Por medio del método y símbolo de las matemáticas

Longitud.-Distancia de un lugar con respecto al ecuador de la tierra y el meridiano de Greenwich se mide de 0° a 180° E u W o de 0 a 24 horas

Magnitud.-Es una medida del tamaño de un movimiento sísmico, de su potencial destructivo y de la energía que libera. Se utiliza en escala de Richter

Punto de Rocío.-Es la temperatura a la que debe enfriarse el aire a presión constante a fin de producir saturación.

Tectónica de Placas.- La corteza terrestre está dividida en 12 placas rígidas principales que chocan o se apartan entre sí, flotando sobre un material viscoso llamado astenosfera. Estas placas se mueven una con respecto a la otra sobre la Superficie de la tierra, desplazando los continentes que yacen sobre ellas. Este desplazamiento se lleva a cabo a lo largo de grandes fallas geológicas, sobre las cuales se acumula gradualmente energía elástica. Cuando la energía acumulada rebasa la resistencia de las rocas se produce un deslizamiento que da como resultado un sismo.

Peligro.-Es la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado.

Periodo de Retorno.-O de recurrencia es el tiempo en años que en promedio transcurre entre la ocurrencia de fenómenos de cierta intensidad

Sismo.-Es un rompimiento repentino de las rocas en el interior de la tierra. Esta liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno.

Sistema.-Combinación de procedimientos destinados en la planeación y desarrollo de un resultado esperado en la minimización de daños de una emergencia.

Sismógrafo.-Aparato que se utiliza para registrar los movimientos sísmicos

TABLA DE EQUIVALENCIAS

UNIDADES DE TIEMPO

1 min. = 60 seg.
1 h. = 60 min. = 3600 seg.
1 día = 24 hr. = 86400 seg.

UNIDADES DE LONGITUD

1 m. = 3.381 pie = 39.37 pulg.
1 Km = 0.6214 millas
1 pulg. = 0.08333 pie = 0.0254 m
1 pie = 12 pulg. = 0.3048 m
1 milla = 5280 pie = 1.609 km

UNIDADES DE ANGULO

1 rad. = $(180/\pi)^{\circ}$ = 57.30^o
1 grado = $\pi/180$ rad. = 0.01745 rad.
1 rev. = 2π rad = 360^o
1 rpm = 0.1047 rad/seg.

UNIDADES DE ÁREA

1 mm² = 1.55 x 10⁻³ pulg.² = 1.076x10⁻⁵ pies²
1 m² = 10.76 pies²
1 pulg.² = 645.2 mm²
1 pie² = 144 pulg.² = 0.0929 m²

UNIDADES DE VOLUMEN

1 mm³ = 6.102x 10⁻⁵ pulg.³ = 3.531x10⁻⁸ pies³
1 m³ = 6.102x 10⁴ pulg.³ = 35.31 pies³
1 pulg.³ = 1.639x 10⁴ mm³ = 1.639x10⁻⁵ m³
1 pie³ = 0.2832 m³

UNIDADES DE VELOCIDAD

1 m/seg. = 3.281 pie/seg = 39.37 pulg/seg
1 km/h = 0.2778 m/seg. = 0.6214 min./h
1 km/h = 0.9113 pie/seg.
1 milla/h = (88/60) pie/seg. = 1.609 km/h
1 milla/h = 0.4470 m/seg.
1 nudo = 1 milla náutica/h = 0.5144 m/seg
1 nudo = 1.689 pie/seg

UNIDADES DE ACELERACIÓN

1 m/seg². = 3.281 pie/seg² = 39.37 pulg/seg²
1 pulg/seg². = 0.08333 pie/seg² = 0.0254 m/seg²
1 pie/seg². = 0.3048 m/seg²
1 g = 9.81 m/seg². = 32.2 pie/seg²

UNIDADES DE MASA

1 kg = 1000 g = 2.2046 lb = 35.274 onzas = 0.0685 slug
1 slug = 14.59 kg = 32.174 lb.
1 ton.met. = 1000 kg = 68.5 slug.
1 lb. = 4.448 N = 453.6 g = 0.4536 kg = 16 onzas
1 geokilo. = 9.807 Kg = 0.672 slug

UNIDADES DE FUERZA Y PESO

1 N = 0.2248 lbf. = 0.102 kgf = 10⁵ dinas
1 Kg.f = 9.81 N = 9.81 X 10⁻⁵ KN = 9.81 x 10⁵ dinas = 2.204 lbf
1 dina = 10⁻⁵ N = 10⁻⁸ Kn = 0.102 x 10⁻⁵ Kgf = 2.248⁻⁶ lbf
1 lbf = 453.6 grf = 4.448 N = 32.174 poundals
1 poundal = 13825.5 dinas = 0.014098 kgf = 0.0311 lbf = 0.138 N

UNIDADES DE TRABAJO Y ENERGIA

1 erg = 2.778 x 10⁻¹⁴ kw-h = 7.376 x 10⁻⁸ pie-lb = 2.373 x 10⁻⁶ pies- poundal
1 Hp-h = 2546.14 Btu = 640.69 kcal. = 2.6845 x 10¹³ ergs = 2.684 x 10⁶ J
1 Hp-h = 273.475 kg-m = 23.76 x 10⁶ pulg-lb = 745.7 w-h
1 joule (J) = 0.7376 lb-pie = 0.278 x 10⁻⁸ kw/h = 0.102 kgf-m = 0.239 x 10⁻³ kcal
1 joule (J) = 1 N/m = 1 w.seg. = 0.379 X 10⁻⁶ cv.h
1 kw.h = 3.6 x 10⁶ J = 367 X 10³ kgf.m = 860 kcal. = 1.36 cv.h
1 kgf.m = 9.81 J = 2.72 x 10⁻⁶ kw.h = 2.345 x 10⁻³ kcal. = 3.70 x 10⁻⁶ cv.h
1 kcal = 4186 J = 1.16 x 10⁻³ kw.h = 426.9 x 10⁻³ kgf.m. = 1.58 x 10⁻³ cv.h
1 cv.h = 2.65 x 10⁶ J = 0.736 kw.h = 0.27 x 10⁶ kgf.m. = 632 kcal.

UNIDADES DE POTENCIA

1 Btu/min = 778 pie-lb / min = 12.97 pie-lb/seg 2.357 x 10² Hp = 17.58 w
1 Btu/min = 0.252 kcal/min = 2.39 x 10³ cv = 1.758 x 10⁻² kw
1 watt = 10⁻³ kw = 0.102 kgf.m/seg = 0.860 kcal/h = 1.36 x 10⁻³ cv
1 kw = 1000 w = 102 kgf.m/seg = 860 kcal/h. = 1.36 cv.h = 1.341 x 10⁻³ hp
1 kgf.m/seg = 9.81 w = 9.81 x 10⁻³ kw = 8.43 kcal. = 13.3 x 10⁻³ cv
1 kcal = 4186 J = 1.16 w = 1.16 x 10⁻³ kw. = 0.119 kgf.m/seg = 1.58 x 10⁻³ cv
1 cv = 736 w = 0.736 kw = 75 kgf.m./seg = 632 kcal/h.
1 hp = 42.41 Btu/min = 745.7 w = 3.3 x 10⁴ pie-lb/min = 10.69 kcal/min
1 hp = 550 lb-pie/seg. = 1.014 cv

UNIDADES DE PRESIÓN

1 Pascal = $1 \text{ N/m}^2 = 0.0209 \text{ lb/pie}^2 = 1.02 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2 = 0.0075 \text{ torr}$.

1 Pascal = $1.451 \times 10^{-4} \text{ lb/pulg}^2$

1 bar = $10^5 \text{ Pascales} = 1.02 \text{ kgf/cm}^2 = 14.5 \text{ lb/pulg}^2 = 0.987 \text{ atm} = 75 \text{ mm de Hg}$

1 lb/pie² = $0.000473 \text{ atm} = 0.0359 \text{ cm Hg} = 4.882 \text{ kg/cm}^2 = 47.88 \text{ Pa}$

1 lb/pulg² = $0.068 \text{ atm} = 5.171 \text{ pulg Hg} = 70.31 \text{ cm de agua} = 6894.76 \text{ Pa}$

1 kgf/cm² = $98100 \text{ P} = 0.981 \text{ bar} = 750 \text{ torr} = 0.9678 \text{ atm} = 73.556 \text{ cm de Hg}$

1 Torr = $133 \text{ P} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ kgf/cm}^2 = 1/760 \text{ atm} = 1.33322 \text{ mbar} = 1 \text{ mm Hg}$

1 atm = $1.013 \text{ ba} = 76 \text{ cm de Hg} = 1.033 \text{ kg/cm}^2 = 101.325 \text{ KN/m}^2 = 101.325 \text{ kPa}$

1 atm = $2116 \text{ lb/pie}^2 = 14.696 \text{ lb/pulg}^2 = 10.332 \text{ m agua}$

1 cm de Hg. = $0.01316 \text{ atm} = 0.1934 \text{ lb/pulg}^2 = 0.446 \text{ pies de agua}$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ANEXOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE CONCRETO PARA CASA-HABITACIÓN .

PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA CASA HABITACIÓN

- 1.-Limpieza del terreno, quitar árboles, matorrales y cualquier otro elemento que estorbe
- 2.- Trazo y nivelación.
- 3.-Excavación de zanja para cimentación hasta 1.0 m de profundidad y 1.2 m de ancho de material tipo B manual o con maquinaria.
- 4.- Al terminar la excavación o un área lo suficientemente grande se colara una plantilla de concreto pobre $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$ y de 5 cm de espesor, sobre la cual se trazaran los ejes de la cimentación.
- 5.-construcción de la cimentación con mamposteria de piedra braza.sección de 60x20 x100 cm de altura.dejando huecos en el desplante de cada castillo.
- 6.-construcción de la trabe de liga perimetral incluye las siguientes actividades.
 - 6.1.-Armado de acero de refuerzo incluye las siguientes actividades
 - 6.1.1.-corte y habilitado de la varilla que se colocara en la trabe de liga
 - 6.2.-Cimbrado del Elemento.
 - 6.3.-Elaboración y vaciado de concreto incluye las siguientes actividades
 - 6.3.1.-Fabricación de concreto y aditivos
 - 6.3.2.-Transporte y colocación.
 - 6.3.3.-Vibrado del concreto (compactación)
 - 6.4.-Curado resanes y limpieza
 - 6.5.-Descimbrado
- 7.0.- Relleno y compactado con material producto de la excavación.
- 7.1.-Acarreo de material sobrante de la excavación.
- 8.-Construcción de muros de mamposteria de tabique rojo recocido confinados con castillos y dalas perimetralmente.
 - 8.1.-construcción de muros de tabique rojo recocido hasta 3.0m de altura
 - 8.2.-Armado de dalas y castillos
 - 8.3.-Cimbrado de dalas y castillos
 - 8.4.-Colado de dalas y castillos
- 9.- Construcción de losa de azotea
 - 9.1.-Cimbrado de losa de azotea
 - 9.2.-Corte y habilitado de acero de refuerzo
 - 9.3.-Elaboración y vaciado de concreto incluye las siguientes actividades
 - 9.3.1.-Fabricación de concreto y aditivos
 - 9.3.2.-Transporte y colocación.
 - 9.3.3.-Vibrado del concreto (compactación)
 - 9.4.-Curado resanes y limpieza
 - 9.5.-Descimbrado
 - 9.9.-Impermeabilización de losa de azotea

PARTIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA HABITACIÓN.

- 1.-Cimentación
- 2.-Estructura
- 3.-Albañilería
- 4.-Instalaciones
 - 4.1.- Hidráulica
 - 4.2.-Sanitaria
 - 4.3.-Eléctrica
 - 4.4.-de Gas
- 5.-Herrería, aluminio y vidriera
- 6.-Acabados
- 7.-Carpintería
- 8.-Pintura

MAQUINARIA Y EQUIPO REQUERIDO

- 1.-Retroexcavadora
- 2.- Camiones de volteo
- 3.-Revolvedora
- 4.-Bombas para concreto
- 5.-Tubería
- 6.-Carretillas
- 7.-Dobladoras de varilla
- 8.-Cortadora
- 9.- Equipo de corte a base de oxígeno y acetileno
- 10.-Ganchos de amarre
- 11.-Palas, picos y marros

PERSONAL REQUERIDO

- 1.-Albañiles y ayudantes
- 2.-Fierros y ayudantes
- 3.-Carpinteros y ayudantes
- 4.-Plomero y ayudante
- 5.-Electricista y ayudante
- 6.-Pintores y ayudantes
- 7.-Yesero y ayudante
- 8.-Ingeniero civil

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE CONCRETO PARA CASA-HABITACIÓN.

ÍNDICE

A) Introducción

- 1.- Objetivo.
- 2.- Alcance
- 3.- Códigos y Reglamentos

B) Materiales

- 1.- Cemento Portland
- 2.- Agregados
- 3.- Agua
- 4.- Aditivos
- 5.- Acero de Refuerzo

C) Estructuración

- 1.- Estructuración de la cimentación
La cimentación es a base de zapatas corridas con contratabes
- 2.- Estructuración de la estructura
La estructura esta formada por por muros de carga y losas macisas

D) Criterios de Análisis

- 1.- Criterios Generales
- 2.- Efecto de Acciones y sus Combinaciones

E) Criterios de Diseño

- 1.- Criterios Generales
- 2.- Criterios de Dimensionamiento
- 3.- Revisión de Deformaciones
- 4.- Detalles de Diseño

A) Introducción

1.-Objetivo: El objetivo de esta especificación es definir los lineamientos generales para diseñar la estructura de concreto reforzado de una Casa Habitación.

2.- Alcance: El alcance de esta especificación cubre el diseño de la estructura de mampostería y su cimentación.

3.- Códigos y Reglamentos

El diseño de la estructura y su cimentación deberán concordar con las siguientes normas o reglamentos

3.1.-Reglamento de construcciones para el distrito federal 1993

3.2.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de "cimentaciones". Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.3.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de" estructuras de Mampostería." Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.4.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de" estructuras de concreto." Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.5.-Normas Técnicas Complementarias para diseño " Por sismo" . Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.6.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Métodos de Diseño " Cáp. C.1.1
Comisión Federal de Electricidad, 1993

3.7.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Acciones " Cáp. C.1.2
Comisión Federal de Electricidad, 1993

3.8.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Análisis de Estructuras" Cáp. C.2.1
Comisión Federal de Electricidad, 1993

3.9.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Diseño por Sismo " Cáp. C.1.3
Comisión Federal de Electricidad, 1993

3.10.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Diseño Estructural de Cimentaciones " Cáp.2.2
Comisión Federal de Electricidad, 1993

B).- Materiales.

A continuación se anotan las especificaciones más importantes para el diseño de la estructura

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 1.- Cemento Pórtland
Especificación NOM C.1 (1980); Cemento Pórtland; ASTM. C. 150 (1986)
- 2.- Agregados pétreos
Especificación NOM C.111(1982). Agregados para concreto; ASTM. C.33 (1986)
- 3.- Agua para Mezclado
Especificación NOM C.122 (1982). Agua para concreto; ASTM C.94 (1986)
- 4.- Aditivos
Especificación NOM C.255 (1981). Aditivos para concreto; ASTM C.260 (1986)
y ASTM C.494 (1986)
- 5.- Acero de Refuerzo.
Especificación NOM B 6 (1983); Acero de Refuerzo; ASTM A 615 (1987)

C) Criterios de Análisis

1.- Criterios Generales se analizarán los efectos que producen en la estructura las cargas y fuerzas de las diversas acciones, atendiendo a métodos racionales de análisis estructural. En concordancia con los principios de la mecánica, en forma tal que se obtenga una trayectoria de cargas continua, capaz de transferir todas las fuerzas desde sus respectivos puntos de aplicación, a los elementos resistentes

En el análisis se consideran todas las cargas y efectos que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, estableciendo congruencia entre las condiciones básicas de carga y sus combinaciones, con los procedimientos para valorar la resistencia del elemento.

2.- Efecto de las Acciones y sus Combinaciones

Acciones mínimas por considerar

2.1 Acciones Permanentes

c_m = peso propio o carga muerta de la estructura

2.2 Acciones Variables

c_v = carga viva

c_{vm} = carga viva máxima

c_{vi} = carga viva instantánea

2.3 Acciones Accidentales

s = sismo

2.3.1.- Análisis Sísmico

Para el análisis sísmico de la estructura se utilizará el método sísmico-estático

De acuerdo con la ubicación de la obra, esta se localiza en la zona sísmica "c". tipo de suelo II, la estructura se clasifica por su destino dentro del grupo "B".

Por su estructuración es tipo I, por lo que el coeficiente sísmico es de $c=0.64$ y un factor de ductilidad $Q=2$ (ver manual de diseño por sismo)

2.4 Combinaciones de carga

carga vertical máx. = $1.4 c_m + 1.4 c_{vm}$

carga vertical + sismo x = $1.1 (c_m + c_{vi} + s_x + 0.3 s_y)$

carga vertical + sismo y = $1.1 (c_m + c_{vi} + s_y + 0.3 s_x)$

D) Criterios de Diseño

1.- Criterios Generales el diseño y construcción de la estructura y cada uno de sus elemento y conexiones deberá satisfacer los requisitos de resistencia y deformabilidad ante todas las combinaciones de cargas más desfavorables que puedan presentarse durante la vida útil de la estructura.

2.- Dimensionamiento

El Dimensionamiento de los elementos deberá satisfacer los requisitos de resistencia para todas las acciones básicas de diseño y sus combinaciones

3.-Revisión de deformaciones

Deberá revisarse que las deformaciones inducidas a la estructura por todas las combinaciones de cargas estén comprendidas entre los límites aceptables.

4.- Detalles de diseño

El diseño deberá detallarse completamente, de manera que los documentos principales, los planos constructivos contengan toda la información de hipótesis de cálculo, características de los materiales incluyendo detalles de conexiones, su refuerzo con cortes y traslapes.

**CASA HABITACION
PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
CASA DE INTERES SOCIAL 50 M2						
TZO1001	TRABAJOS PRELIMINARES. Trazo y nivelacion con equipo topográfico, estableciendo cjes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (Mayor a 1000 m2)	M2	50.0000	6.32	316.00	0.15%
LIMYD	Limpia y desyerbe del terreno, incluye: quema de yerba, y acopio de basura, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	50.0000	14.61	730.50	0.34%
Total TRABAJOS PRELIMINARES.					1,046.50	0.49%
CIMENTACION						
ECM0211A	Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y Herramienta	M3	6.3000	253.86	1,599.32	0.74%
PLANH5	Plantilla de 5 cm, de espesor de concreto hecho en obra de F ^c =100 kg/cm2, incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado y colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	9.0000	122.18	1,099.62	0.51%
REMPER	Relleno con material producto de la excavación, compactado con rodillo vibratorio al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	3.5000	115.60	404.60	0.19%
CPI2124	Cimiento de piedra braza de 1.20 m. de altura por 1.20 m. de base y corona de 0.40 m., asentada con mortero cemento arena 1:4, acabado común, incluye: materiales,	M	30.0000	1,007.60	30,228.00	14.03%

acarreos, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta.

**Total CIMENTACION
ALBAÑILERIA**

33,331.54 15.47%

C153063	Castillo de 15x30 cm. de concreto hecho en obra de $F'c=200$ kg/cm ² , acabado común, armado con 6 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M	21.0000	281.28	5,906.88	2.74%
D152543	Cadena de 15x25 cm. De concreto hecho en obra de $F'c=200$ kg/cm ² , acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M	60.0000	266.08	15,964.80	7.41%
MTR14	Muro de 14 cm. de espesor, de tabique rojo recocido, asentado con mezcla cemento arena 1:5 acabado común, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	83.0000	327.38	27,172.54	12.61%
LOS10320	Losa de 10 cm. de espesor de concreto $F'c=200$ kg/cm ² , armada con varilla del No. 3 a cada 20 cm. en ambos sentidos, incluye: cimbrado acabado comun, armado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	50.0000	586.32	29,316.00	13.60%
IMPVAP1	Impermeabilización a base de una capa de imprimación de hidropriemer y dos capas de vaportite 550 alternadas con una malla de festerflex, una capa de arena cernida y como acabado final una aplicación de festerblanc color	M2	50.0000	246.49	12,324.50	5.72%

	blanco, incluye: materiales, acarros, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.					
APLF14PB	Aplanado acabado fino en muros de planta baja, con mezcla cemento arena 1:4, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	62.0000	180.12	11,167.44	5.18%
APLYPB	Aplanado de yeso en muros de planta baja, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	62.0000	171.25	10,617.50	4.93%
APLYPF	Aplanado de yeso en plafond, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	50.0000	206.18	10,309.00	4.78%
FCS08	Firme de 8 cm. de concreto F'c=150 kg/cm ² , acabado común, incluye: materiales, acarros, preparación de la superficie, nivelación, cimbrado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	50.0000	192.55	9,627.50	4.47%
	Total ALBAÑILERIA				132,406.16	61.44%
	HERRERIA Y LAMINA					
PTA110821	Puerta abatible de 0.80 x 2.10 m. a base de perfiles tubulares, con tablero de lamina cal. 20 y cristal claro de 6 mm., acabado con pintura de esmalte, incluye cerradura de sobreponer, bisagras tubulares, materiales, acarros, cortes, desperdicios, soldadura, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	2,620.97	2,620.97	1.22%
VED0606BF	Ventana de 0.60 x 0.60 m. fija a base de perfiles de aluminio duranidik linea bolsa de 2"x1.25" con cristal filtrazol gris de 6 mm, incluye: materiales, cortes, herrajes, fijación, sellado con silicon, mano de obra, equipo y	PZA	2.0000	627.44	1,254.88	0.58%

herramienta.

Total HERRERIA**3,875.85 1.80%****INSTALACION HIDROSANITARIA**

IS105	Inodoro Ideal Standard modelo Cadet, color blanco, incluye: materiales, mano de obra, instalación y pruebas.	PZA	1.0000	2,976.64	2,976.64	1.38%
ISL4	Lavabo Ideal Standard modelo Veracruz II, de color, incluye: materiales, mano de obra, instalación y pruebas.	PZA	1.0000	1,060.98	1,060.98	0.49%
HV200	Regadera económica H-200 Helvex, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	764.35	764.35	0.35%

**Total INSTALACION
HIDROSANITARIA
INSTALACION ELECTRICA****4,801.97 2.23%**

LUCO77/65	Luminaria "Astral" modelo 77/65, de 50 W, de la marca Construlita, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	5.0000	288.56	1,442.80	0.67%
SALIDA E	Salida Electrica Incuye : materiales, mano de obra y equipo	Sal	5.0000	868.37	4,341.85	2.01%
Total INSTALACION ELECTRICA					5,784.65	2.68%

ACABADOS

PVMDUR	Pintura vinilica en muros marca Comex Durex a dos manos, incluye: aplicación de sellador, materiales, preparación de la superficie, mano de obra, equipo, herramienta y andamios.	M2	250.0000	54.42	13,605.00	6.31%
PSV86104	Piso de loseta Santa Julia de 33.3x33.3 cm. Modelo acuarcla, color sepia, asentado con pegazulejo y juntas de 1/4" en color negro, incluye: materiales, acarros, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta	M2	50.0000	412.93	20,646.50	9.58%

Total ACABADOS**34,251.50 15.89%****Total NUEVA PARTIDA****215,498.17 100.00%****Total del presupuesto****215,498.17**

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: TZO1001 Unidad: M2						
Trazo y nivelacion con equipo topográfico, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (Mayor a 1000 m2)						
ERIALES						
	CALHIDRA	TON	\$739.13 /	3,070.640320	\$0.24	4.99%
	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00 /	30.706403	\$0.46	9.56%
	HILO CAÑAMO	PZA	\$10.30 /	614.128064	\$0.02	0.42%
	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	\$3.65 /	30.706403	\$0.12	2.49%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$0.84</u>	17.46%
MANO DE OBRA						
	TOPOGRAFO	JOR	\$328.74 /	214.944822	\$1.53	31.81%
	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	\$196.76 /	214.944822	\$0.92	19.13%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	429.889645	\$0.81	16.84%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$3.26</u>	67.78%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	\$2.32 /	15.353202	\$0.15	3.12%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$3.26	0.030000	\$0.10	2.08%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$0.25</u>	5.20%
MATERIALES BASICOS						
	CONCRETO DE F'c=100 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3 0	\$568.51 / /	1,228.256128	\$0.46	9.56%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$0.46</u>	9.56%
	Costo directo				<u>\$4.81</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$6.32</u>	
	(* SEIS PESOS 32/100 M.N. *)					



2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: LIMYD Unidad: M2						
Limpia y desyerbe del terreno, incluye: quema de yerba, y acopio de basura, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	DIESEL	LTO	\$4.00 /	6.141281	\$0.65	5.84%
	Subtotal: MATERIALES				\$0.65	5.84%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$195.57 /	30.706403	\$6.37	57.23%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	92.119210	\$3.80	34.14%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$10.17	91.37%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$10.17	0.030000	\$0.31	2.79%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$0.31	2.79%
	Costo directo				\$11.13	
	PRECIO UNITARIO				\$14.61	
	(* CATORCE PESOS 61/100 M.N. *)					

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: ECM02IIA Unidad: M3						
Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y herramienta						
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$195.57 /	1.228256	\$159.23	82.35%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	14.74%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$187.73</u>	97.09%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$187.73	0.030000	\$5.63	2.91%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$5.63</u>	2.91%
	Costo directo				<u>\$193.36</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$253.86</u>	
(* DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 86/100 M.N. *)						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: PLANHS Unidad: M2						
Plantilla de 5 cm, de espesor de concreto hecho en obra de Fc=100 kg/cm2, incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado y colado, mano de obra, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05	0.081416	\$35.01	37.62%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	36.847684	\$9.50	10.21%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$44.51	47.83%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$44.51	0.030000	\$1.34	1.44%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$1.34	1.44%
BASICOS						
	CONCRETO DE Fc=100 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3 0	\$568.51	0.083045	\$47.21	50.73%
	Subtotal: BASICOS				\$47.21	50.73%
	Costo directo				\$93.06	
	PRECIO UNITARIO				\$122.18	
	(* CIENTO VEINTIDOS PESOS 18/100 M.N. *)					

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: REMPER Unidad: M3						
Relleno con material producto de la excavación, compactado con rodillo vibratorio al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.162832	\$2.01	2.28%
	Subtotal: MATERIALES				\$2.01	2.28%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 3 (1 AYUDANTE GENERAL)	JOR	\$195.57 /	3.604768	\$53.08	60.28%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	36.847684	\$9.50	10.79%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$62.58	71.07%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	RODILLO VIBRATORIO WACKER DE 1/2 TON	HOR	\$79.50 /	3.684768	\$21.58	24.51%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$62.58	0.030000	\$1.88	2.14%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$23.46	26.64%
	Costo directo				\$88.05	
	PRECIO UNITARIO				\$115.60	
(* CIENTO QUINCE PESOS 60/100 M.N. *)						

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: FCA1541 Unidad: M2						
Firme de concreto de 15 cm. de espesor, de concreto F'c=200 kg/cm2 acabado con llana metálica, armado con varilla del No.4 (1/2") a cada 20 cm. en ambos sentidos, incluye: materiales, acarreo, preparación de la superficie, nivelación, cimbrado colado, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	0.325665	\$4.56	1.20%
	AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.016283	\$0.20	0.05%
	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$5.74	0.895579	\$5.14	1.35%
	VARILLA DE 1/2" 12.7 MM	KG	\$3.65	17.911574	\$65.38	17.16%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$75.28</u>	19.76%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)	JOR	\$1,160.43 /	14.124945	\$82.15	21.57%
	CUADRILLA No 6 (1 FIERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR	\$430.05 /	12.282561	\$35.01	9.19%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	36.847684	\$9.50	2.49%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$126.66</u>	33.25%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$126.66	0.030000	\$3.80	1.00%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$3.80</u>	1.00%
BASICOS						
	CONCRETO DE Fc=200 KG/CM2, HECHO EN OBRA, T.M.A.= 19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3	\$683.10	0.256461	\$175.19	45.99%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$175.19</u>	45.99%
	Costo directo				<u>\$380.93</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$500.13</u>	
(* QUINIENTOS PESOS 13/100 M.N. *)						



2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: CP12124 Unidad: M						
Cimiento de piedra braza de 1.20 m. de altura por 1.20 m. de base y corona de 0.40 m., asentada con mortero cemento arena 1:4, acabado común, Incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES	PIEDRA BRAZA	M3	\$88.58	2.032149	\$180.01	23.46%
	Subtotal: MATERIALES				\$180.01	23.46%
MANO DE OBRA	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	1.598733	\$269.33	35.09%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	24.565123	\$14.25	1.86%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$283.58	36.95%
EQUIPO Y HERRAMIENTA	HERRAMIENTA MENOR	%	\$283.58	0.030000	\$8.51	1.11%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$8.51	1.11%
BASICOS	MORTERO CEMENTO ARENA 1:4	M3	\$629.80	0.468958	\$295.35	38.48%
	Subtotal: BASICOS				\$295.35	38.48%
	Costo directo				\$767.45	
	PRECIO UNITARIO				\$1,007.60	
	(* UN MIL SIETE PESOS 60/100 M.N. *)					

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: C153063 Unidad: M						
Castillo de 15x30 cm. de concreto hecho en obra de Fc=200 kg/cm2, acabado común, armado con 6 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	\$3.65	6.350467	\$23.18	10.82%
	ALAMBRO	KG	\$4.50	1.791157	\$8.06	3.76%
	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$5.74	0.244249	\$1.40	0.65%
	CLAVOS DE 2 A 4"	KG	\$6.90	0.244249	\$1.69	0.79%
	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	1.628325	\$22.80	10.64%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$57.13</u>	26.67%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	4.913025	\$87.53	40.86%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	24.565123	\$14.25	6.65%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$101.78</u>	47.51%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$101.78	0.030000	\$3.05	1.42%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$3.05</u>	1.42%
BASICOS						
	CONCRETO DE Fc=200 KG/CM2, HECHO EN OBRA, T.M.A.= 19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3 0	\$683.10	0.076531	\$52.28	24.40%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$52.28</u>	24.40%
	Costo directo				<u>\$214.24</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$281.28</u>	
(* DOSCIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 28/100 M.N. *)						

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	Cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------	----------	---------	---

Análisis: D152543 Unidad: M

Cadena de 15x25 cm. de concreto hecho en obra de Fc=200 kg/cm2, acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.

MATERIALES

DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	1.221244	\$17.10	8.44%
POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3."x8.25"	PZA	\$32.00	0.244249	\$7.82	3.86%
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	\$6.90	0.203541	\$1.40	0.69%
ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$5.74	0.325665	\$1.87	0.92%
DIESEL	LTO	\$4.00	0.325665	\$1.30	0.64%
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	\$3.65	4.233645	\$15.45	7.62%
ALAMBRON	KG	\$4.50	2.214522	\$9.97	4.92%
Subtotal: MATERIALES				\$54.91	27.09%

MANO DE OBRA

CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	4.913025	\$87.53	43.19%
RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	24.565123	\$14.25	7.03%
Subtotal: MANO DE OBRA				\$101.78	50.22%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

HERRAMIENTA MENOR	%	\$101.78	0.030000	\$3.05	1.50%
Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$3.05	1.50%

BASICOS

CONCRETO DE Fc=200 KG/CM2, HECHO EN OBRA, T.M.A.= 19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3	\$683.10	0.062853	\$42.93	21.18%
Subtotal: BASICOS				\$42.93	21.18%
Costo directo				\$202.87	
PRECIO UNITARIO				\$266.08	

(* DOSCIENTOS SESENTA Y SEIS PESOS 08/100 M.N. *)



2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: MTR14 Unidad: M2						
Muro de 14 cm. de espesor, de tabique rojo recocido, asentado con mezcla cemento arena 1:5 acabado común, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES	TABIQUE ROJO RECOCIDO	MIL	\$991.00	0.104213	\$103.28	41.42%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$103.28</u>	41.42%
MANO DE OBRA	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	4.913025	\$87.53	35.10%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	21.494482	\$16.28	6.53%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$103.81</u>	41.63%
EQUIPO Y HERRAMIENTA	HERRAMIENTA MENOR	%	\$103.81	0.030000	\$3.11	1.25%
	ANDAMIOS	%	\$103.81	0.050000	\$5.19	2.08%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$8.30</u>	3.33%
BASICOS	MORTERO CEMENTO ARENA 1:5	M3	\$579.37	0.058620	\$33.96	13.62%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$33.96</u>	13.62%
	Costo directo				<u>\$249.35</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$327.38</u>	
(* TRESCIENTOS VEINTISIETE PESOS 38/100 M.N. *)						



2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: LOS10320 Unidad: M2						
Losas de 10 cm. de espesor de concreto F'c=200 kg/cm2, armada con varilla del No. 3 a cada 20 cm. en ambos sentidos, incluye: cimbrado acabado comun, armado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	1.953990	\$27.36	6.13%
	BARROTE DE PINO DE 3a DE 1.5"x3.5"x8.25"	PZA	\$18.00	0.325665	\$5.86	1.31%
	POLIN DE PINO DE 3a DE 3.5"x3"x8.25"	PZA	\$32.00	0.325665	\$10.42	2.33%
	DIESEL	LTO	\$4.00	0.488497	\$1.95	0.44%
	CLAVOS DE 2 A 4"	KG	\$6.90	0.488497	\$3.37	0.75%
	AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.013027	\$0.16	0.04%
	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	\$3.65	13.067307	\$47.70	10.68%
	ALAMBRE RECOCIDO	KG	\$5.74	0.651330	\$3.74	0.84%
	Subtotal: MATERIALES				\$100.56	22.52%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 7 (1 CARP. O.N. + AYUDANTE)	JOR	\$430.05 /	5.527153	\$77.81	17.42%
	CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 5 PEONES)	JOR	\$1,160.43 /	21.494482	\$53.99	12.09%
	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	21.494482	\$20.01	4.48%
	CUADRILLA No 6 (1 FERRERO + 1 AYUDANTE)	JOR	\$430.05 /	12.282561	\$35.01	7.84%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	6.38%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$215.32	48.22%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$215.32	0.030000	\$6.46	1.45%
	ANDAMIOS	%	\$215.32	0.050000	\$10.77	2.41%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$17.23	3.86%
BASICOS						
	CONCRETO DE F'c=200 KG/CM2, HECHO EN OBRA, T.M.A.= 19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3	\$683.10	0.166089	\$113.46	25.41%
	Subtotal: BASICOS				\$113.46	25.41%
	Costo directo				\$446.57	
	PRECIO UNITARIO				\$586.32	
(* QUINIENTOS OCHENTA Y SEIS PESOS 32/100 M.N. *)						

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: IMPVAP1 Unidad: M2						
Impermeabilización a base de una capa de imprimación de hidroprimer y dos capas de vaportite 550 alternadas con una malla de festerflex, una capa de arena cernida y como acabado final una aplicación de festerblanc color blanco, incluye: materiales, acarreo, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	HIDROPRIMER	19L	\$414.00	0.021429	\$8.87	4.72%
	VAPORTITE 550	19L	\$458.00	0.171300	\$78.46	41.79%
	FESTERFLEX 1.10x10 M	100M2	\$311.00	0.017912	\$5.57	2.97%
	ARENA	M3	\$86.96	0.016283	\$1.42	0.76%
	FESTERBLANC BLANCO	19L	\$1,017.00	0.021429	\$21.79	11.61%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$116.11</u>	61.85%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 12 (1 COLOCADOR + AY.)	JOR	\$465.00 /	14.739074	\$31.55	16.81%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	9.211921	\$37.99	20.24%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$69.54</u>	37.04%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$69.54	0.030000	\$2.09	1.11%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$2.09</u>	1.11%
	Costo directo				<u>\$187.74</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$246.49</u>	
(* DOSCIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS 49/100 M.N. *)						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	importe	%
Análisis: APLF14PB Unidad: M2						
Aplanado acabado fino en muros de planta baja, con mezcla cemento arena 1:4, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	6.141281	\$70.03	51.05%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	20.77%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$98.53</u>	71.82%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$98.53	0.030000	\$2.96	2.16%
	ANDAMIOS	%	\$98.53	0.050000	\$4.93	3.59%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$7.89</u>	5.75%
BASICOS						
	MORTERO CEMENTO ARENA 1:4	M3	\$629.80	0.048850	\$30.77	22.43%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$30.77</u>	22.43%
	Costo directo				<u>\$137.19</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$180.12</u>	
	(* CIENTO OCHENTA PESOS 12/100 M.N. *)					

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

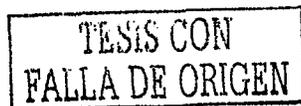
Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	importe	%
Análisis: APLYPB Unidad: M2						
Aplanado de yeso en muros de planta baja, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 10 (1 YESERO + AYUDANTE)	JOR	\$465.08 /	6.141281	\$75.73	58.06%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	21.85%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$104.23	79.91%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$104.23	0.030000	\$3.13	2.40%
	ANDAMIOS	%	\$104.23	0.050000	\$5.21	3.99%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$8.34	6.39%
BASICOS						
	MEZCLA YESO-CEMENTO G.-AGUA	M3	\$365.75	0.048850	\$17.87	13.70%
	Subtotal: BASICOS				\$17.87	13.70%
	Costo directo				\$130.44	
	PRECIO UNITARIO				\$171.25	

(* CIENTO SETENTA Y UN PESOS 25/100 M.N. *)



2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: APLYPF Unidad: M2						
Aplanado de yeso en plafond, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 10 (1 YESERO + AYUDANTE)	JOR	\$465.08 /	4.913025	\$94.66	60.28%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	18.15%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$123.16	78.43%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$123.16	0.030000	\$3.69	2.35%
	ANDAMIOS	%	\$123.16	0.100000	\$12.32	7.85%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$16.01	10.19%
BASICOS						
	MEZCLA YESO-CEMENTO G.-AGUA	M3	\$365.75	0.048850	\$17.87	11.38%
	Subtotal: BASICOS				\$17.87	11.38%
	Costo directo				\$157.04	
	PRECIO UNITARIO				\$206.18	
(* DOSCIENTOS SEIS PESOS 18/100 M.N. *)						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	importe	%
Análisis: FCS08 Unidad: M2						
Firmo de 8 cm. de concreto Fc=150 kg/cm2, acabado común, incluye: materiales, acarreos, preparación de la superficie, nivelación, cimbrado, colado, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	0.227965	\$3.19	2.18%
	AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.016283	\$0.20	0.14%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$3.39</u>	2.31%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$430.05 /	9.826049	\$43.77	29.84%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	30.706403	\$11.40	7.77%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$55.17</u>	37.62%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$55.17	0.030000	\$1.66	1.13%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$1.66</u>	1.13%
BASICOS						
	CONCRETO DE Fc=150 KG/CM2, HECHO EN OBRA. T.M.A.= 19 MM. RESISTENCIA NORMAL	M3 0	\$631.99	0.136779	\$86.44	58.94%
	Subtotal: BASICOS				<u>\$86.44</u>	58.94%
	Costo directo				<u>\$146.66</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$192.55</u>	
(* CIENTO NOVENTA Y DOS PESOS 55/100 M.N. *)						

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: PTAH0821 Unidad: PZA						
Puerta abalible de 0.80 x 2.10 m. a base de perfiles tubulares, con tablero de lamina cal. 20 y cristal claro de 6 mm., acabado con pintura de esmalte, incluye cerradura de sobreponer, bisagras tubulares, materiales, acarreo, cortes, desperdicios, soldadura, fijación, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	PERFIL PROLAMSA 100 CAL. 18	PZA	\$67.20	1.628325	\$109.42	5.48%
	SOLERA DE FIERRO	KG	\$5.50	2.442487	\$13.43	0.67%
	PERFIL PROLAMSA 103 CAL. 18	PZA	\$72.00	0.244249	\$17.59	0.88%
	TABLERO DE LAMINA DE 3x4" CAL. 20	PZA	\$65.60	1.628325	\$106.82	5.35%
	PERFIL PROLAMSA 154 CAL. 18	PZA	\$16.00	1.042128	\$16.67	0.84%
	PERFIL PROLAMSA M225-18 CAL. 18	PZA	\$61.60	1.628325	\$100.30	5.02%
	BISAGRA TUBULAR	PZA	\$3.50	4.884975	\$17.10	0.86%
	SOLDADURA ELECTRODO 6013 DE 1/8"	KG	\$18.00	0.814162	\$14.65	0.73%
	PINTURA PRIMARIO ANTICORROSIVO	LT	\$26.25	0.895579	\$23.51	1.18%
	PINTURA DE ESMALTE COMEX 100	LT	\$35.75	1.791157	\$64.03	3.21%
	THINNER	LT	\$4.61	1.791157	\$8.26	0.41%
	CERRADURA DE SOBREPONER	PZA	\$64.00	1.628325	\$104.21	5.22%
	PIJA	PZA	\$0.40	13.026599	\$5.21	0.26%
	CRISTAL CLARO DE 6 MM 1.50*2.60	M2	\$154.40	1.302660	\$201.13	10.08%
	Subtotal: MATERIALES				\$802.33	40.19%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 9 (1 HERRERO + AYUDANTE)	JOR	\$477.18	1.791157	\$854.70	42.81%
	CUADRILLA No 8 (1 PINTOR + AYUDANTE)	JOR	\$430.05 /	1.719559	\$250.09	12.53%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	9.211921	\$37.99	1.90%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$1,142.78	57.25%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	PLANTA DE SOLDAR MILLER	HOR	\$5.19	3.256650	\$16.90	0.85%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$1,142.78	0.030000	\$34.28	1.72%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$51.18	2.56%
	Costo directo				\$1,996.29	
	PRECIO UNITARIO				\$2,620.97	
	(' DOS MIL SEISCIENTOS VEINTE PESOS 97/100 M.N.')					

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: VED0606BF Unidad: PZA						
Ventana de 0.60 x 0.60 m. fija a base de perfiles de aluminio duranodik línea bolsa de 2"x1.25" con cristal filtrazol gris de 6 mm, incluye: materiales, cortes, herrajes, fijación, sellado con silicon, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	BOLSA DE 2" DURANODIC	PZA	\$187.67	0.716463	\$134.46	28.14%
	ESCALONADO DE 1 1/2" DURANODIC	PZA	\$101.87	0.179116	\$18.25	3.82%
	PIJA	PZA	\$0.40	26.053198	\$10.42	2.18%
	TAQUETE	PZA	\$0.30	13.026599	\$3.91	0.82%
	CRISTAL FILTRASOL GRIS DE 6 MM 1.50*2.60	M2	\$194.84	0.651330	\$126.91	26.56%
	VINIL	M	\$1.80	3.907980	\$7.03	1.47%
	SILICON	CAR	\$37.08	0.325665	\$12.08	2.53%
	JUNQUILLO RECTO DURANODIC	PZA	\$52.41	0.179116	\$9.39	1.96%
	Subtotal: MATERIALES				\$322.45	67.47%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 16 (1 ALUMINIERO + AY.ESP.)	JOR	\$519.23 /	6.141281	\$84.55	17.69%
	CUADRILLA No 14 (1 VIDRIERO + AYUDANTE)	JOR	\$465.08 /	12.282561	\$37.87	7.92%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	5.96%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$150.92	31.58%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$150.92	0.030000	\$4.53	0.95%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$4.53	0.95%
	Costo directo				\$477.90	
	PRECIO UNITARIO				\$627.44	
	(* SEISCIENTOS VEINTISIETE PESOS 44/100 M.N. *)					

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: IS105 Unidad: PZA						
Inodoro Ideal Standard modelo Cadet, color blanco, Incluye: materiales, mano de obra, instalación y pruebas.						
MATERIALES						
	PIJA Y TAQUETE DE PLOMO	JGO	\$3.09	3.256650	\$10.06	0.44%
360-219-92-2	JUNTA PROHEL GRANDE PULKESA	PZA	\$2.88	1.628325	\$4.69	0.21%
	TAZA CADET S/ASIENTO BLANCO I.STD	PZA	\$619.10	1.628325	\$1,008.10	44.46%
	TANQUE CADET BLANCO I.STD	PZA	\$449.80	1.628325	\$732.42	32.31%
	Subtotal: MATERIALES				\$1,755.27	77.42%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 20 (1 PLOMERO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$540.47 /	1.228256	\$440.03	19.41%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	6.141281	\$56.99	2.51%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$497.02	21.92%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$497.02	0.030000	\$14.91	0.66%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$14.91	0.66%
	Costo directo				\$2,267.20	
	PRECIO UNITARIO				\$2,976.64	
(* DOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y SEIS PESOS 64/100 M.N. *)						

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: ISL4 Unidad: PZA						
Lavabo Ideal Standard modelo Veracruz II, de color, incluye: materiales, mano de obra, instalación y pruebas.						
MATERIALES						
	LAVABO VERACRUZ II SALMON I.STD	PZA	\$224.40	1.628325	\$365.40	45.22%
	MANERAL EUROPA CAPRI CHI C-15 HELVE	PZA.	\$78.10	1.628325	\$127.17	15.74%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$492.57</u>	60.95%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 20 (1 PLOMERO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$540.47 /	2.456512	\$220.02	27.23%
	CUADRILLA No 20 (1 PLOMERO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$540.47 /	18.423842	\$29.34	3.63%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	6.141281	\$56.99	7.05%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$306.35</u>	37.91%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$308.35	0.030000	\$9.19	1.14%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$9.19</u>	1.14%
	Costo directo				<u>\$808.11</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$1,060.98</u>	
	(* UN MIL SESENTA PESOS 98/100 M.N. *)					

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: HV200 Unidad: PZA						
Regadera económica H-200 Helvex, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
105-031-H-200	REGADERA ECONOMICA H-200	PZA	\$178.30	1.628325	\$290.33	49.87%
	MANERAL TRITON CHI C-13 HELVEX	PZA	\$67.40	1.628325	\$109.75	18.85%
	Subtotal: MATERIALES				\$400.08	68.72%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 12 (1 COLOCADOR + AY.)	JOR	\$465.08 /	4.913025	\$94.66	16.26%
	CUADRILLA No 20 (1 PLOMERO+ 1 AY.ESP.)	JOR	\$540.47 /	21.494482	\$25.14	4.32%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	6.141281	\$56.99	9.79%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$176.79	30.37%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$176.79	0.030000	\$5.30	0.91%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$5.30	0.91%
	Costo directo				\$582.17	
	PRECIO UNITARIO				\$764.35	
(* SETECIENTOS SESENTA Y CUATRO PESOS 35/100 M.N. *)						

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: LUCO77/65 Unidad: PZA						
Luminaria "Astral" modelo 77/65, de 50 W, de la marca Construlita, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES						
	LUMINARIA CONSTRULITA MODELO 77/65	PZA	\$51.70	1.628325	\$84.18	38.30%
	CINTA DE AISLAR PLASTICA	PZA	\$7.21 /	12.282561	\$0.59	0.27%
	F HALOG DIC BV MR16 50W 12V 13	PZA.	\$27.53	1.628325	\$44.83	20.40%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$129.60</u>	58.97%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR	\$540.47 /	9.826049	\$55.00	25.02%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	12.97%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$83.50</u>	37.99%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$83.50	0.030000	\$2.51	1.14%
	ANDAMIOS	%	\$83.50	0.050000	\$4.18	1.90%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$6.69</u>	3.04%
	Costo directo				<u>\$219.79</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$288.56</u>	
(* DOSCIENTOS OCHENTA Y OCHO PESOS 56/100 M.N. *)						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par: A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	importe	%
Análisis: SALIDA E Unidad: Sal						
Salida Electrica Incluye : materiales, ma						
MATERIALES						
	MATERIAL ELECTRICO	LOTE	\$290.00	1.628325	\$472.21	71.39%
	Subtotal: MATERIALES				\$472.21	71.39%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 19 (1 ELECTRIC.+AY.ESP)	JOR	\$540.47 /	3.684768	\$146.68	22.18%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	4.31%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$175.18	26.49%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$175.18	0.030000	\$5.26	0.80%
	ANDAMIOS	%	\$175.18	0.050000	\$8.76	1.32%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$14.02	2.12%
	Costo directo				\$661.41	
	PRECIO UNITARIO				\$868.37	
(* OCHOCIENTOS SESENTA Y OCHO PESOS 37/100 M.N. *)						

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par. A01 análisis no. 10

CASA HABITACION TIPO 60 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: PVMDUR Unidad: M2						
Pintura vinilica en muros marca Comex Durex a dos manos, incluye: aplicación de sellador, materiales, preparación de la superficie, mano de obra, equipo, herramienta y andamios.						
MATERIALES						
	PINTURA VINILICA DUREX MASTER 14-00	LT	\$14.41	0.651330	\$9.39	22.65%
	SELLADOR VINILICO 5x1	LT	\$15.33	0.162832	\$2.50	6.03%
	Subtotal: MATERIALES				\$11.89	28.69%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 8 (1 PINTOR + AYUDANTE)	JOR	\$430.05 /	22.108610	\$19.45	46.92%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	44.217221	\$7.92	19.11%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$27.37	66.03%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$27.37	0.030000	\$0.82	1.98%
	ANDAMIOS	%	\$27.37	0.050000	\$1.37	3.31%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$2.19	5.28%
	Costo directo				\$41.45	
	PRECIO UNITARIO				\$54.42	
	(* CINCUENTA Y CUATRO PESOS 42/100 M.N. *)					

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2-Ene-2002

Par AQ1 análisis no 10

CASA HABITACION TIPO 50 M2 DE CONSTRUCCION

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: PSV86104 Unidad: M2						
Piso de loseta Santa Julia de 33.3x33.3 cm. modelo acuarela, color sepia, asentado con pegazulejo y juntas de 1/4" en color negro, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, mano de obra, equipo y herramienta						
MATERIALES						
	LOSETA ACUARELA SEPIA DE 33.3X33.3	M2	\$92.00	1.709741	\$157.30	50.01%
	PEGAZULEJO	KG	\$2.68	8.141624	\$21.82	6.94%
	JUNTEX	KG	\$3.50	2.442487	\$8.55	2.72%
	Subtotal: MATERIALES				<u>\$187.67</u>	59.67%
MANO DE OBRA						
	CUADRILLA No 11 (1 AZULEJERO + AYUD.)	JOR	\$465.08 /	4.913025	\$94.66	30.10%
	RESIDENTE DE OBRA	JOR	\$350.00 /	12.282561	\$28.50	9.06%
	Subtotal: MANO DE OBRA				<u>\$123.16</u>	39.16%
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$123.16	0.030000	\$3.69	1.17%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				<u>\$3.69</u>	1.17%
	Costo directo				<u>\$314.52</u>	
	PRECIO UNITARIO				<u>\$412.83</u>	
(* CUATROCIENTOS DOCE PESOS 93/100 M.N. *)						

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

El método de la ruta crítica es un medio que nos permite tomar decisiones gerenciales en muy variados niveles. Es un método en el que se incluyen las fases de planeación y programación así como sus diferentes recursos y sus interrelaciones. Su origen se remonta a 1958 y tiene como antecedentes los estudios de tiempos y movimientos de Federico Taylor (1870) y la teoría y de Gantt, quien con base en diagramas de barras ideó una forma de organizar operaciones de carácter industrial. El profesor David B. Porter de la universidad de Nueva York aplicó el método de Gantt a la industria de la construcción en 1917.

Alrededor de 1958 la empresa E. I. Du Pont de Nemours, desarrolló un sistema que básicamente evolucionó hasta convertirse en el método CPM (Critical Path Method), con la finalidad de administrar y controlar la construcción de plantas en toda América.

CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA:

El método de la ruta crítica permite la coordinación de las etapas de planeación, programación y control. La planeación es seleccionar el proceso o secuenciación más eficiente de las actividades de un proyecto, por lo que en esta etapa se seleccionan todas las actividades y sus interrelaciones. En la etapa de programación se establecen los tiempos de cada una de estas actividades y del proyecto en su totalidad, con la posibilidad de una nueva reestructuración en la etapa de planeación para un proceso más eficiente.

La base del método de la ruta crítica es la representación de la secuenciación de las actividades de un proceso por medio de un diagrama construido basándose en flechas, denominado red de actividades, con lo que se busca determinar el tiempo óptimo de realización de las actividades. El siguiente paso consiste en asignar tiempos a cada una de las actividades con base en la experiencia de proyectos anteriores dentro del contexto tiempo-costos más favorable; debido a que los costos varían con el tiempo en el proceso de planeación-programación se juega con ambos factores en busca de la solución óptima.

Este método busca auxiliar a la dirección de un proyecto relacionando todos los factores del problema, considerando todos los datos, eliminando las incertidumbres y ofreciendo elementos de juicio para la toma de decisiones y aplicación de acciones, lo cual tiene una primordial relevancia en el tema de este trabajo, para el cual podría, en algunos casos sustituirse el factor costo económico, por la mitigación de consecuencias negativas producto de los desastres naturales y antrópicos como pudieran ser las pérdidas humanas.

Entre algunas de sus ventajas, el método de la ruta crítica, suministra un fundamento sólido para la etapa de la planeación; permite obtener una visión de conjunto del proyecto muy clara; es un medio muy importante para la evaluación de metas, objetivos y selección de alternativas; muestra las interrelaciones entre actividades permitiendo determinar las responsabilidades de los departamentos involucrados; permite almacenar una memoria del desarrollo de las actividades y; hace posible cuantificar y evaluar la magnitud y consecuencias de las desviaciones con respecto al plan original.

TÉCNICA DEL MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

Este método es aplicable, siempre y cuando el proyecto conste de actividades bien definidas y esenciales para la culminación del proyecto, las cuales deben ser iniciadas y terminadas independientemente de las demás y dentro de cierta secuencia condicionada por diferentes tipos de limitaciones.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

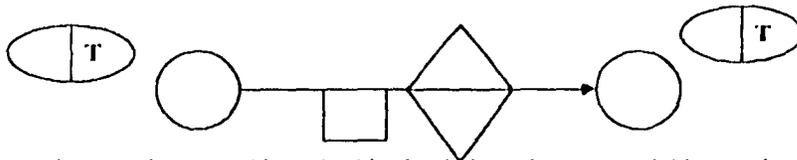
El primer paso del método de la ruta crítica consiste la determinación de todos los pasos o procesos de un proyecto a los que se les denomina actividades, para posteriormente establecer las relaciones, secuenciación y dependencia entre todas las actividades. Cada actividad quedará representada con una flecha en la red de actividades, con un círculo al principio y al final de cada actividad al que se denomina evento que indica el momento del inicio o culminación de una actividad y que por lo tanto no consume tiempo. La selección de actividades debe hacerse de forma tal que la red de actividades no resulte muy engorrosa de forma que al director del proyecto le presente más dificultades que ventajas, por lo que una actividad pudiera referirse a su vez a un proceso que a su vez dependa de subactividades, pero por otro lado la red de actividades no debe resultar tan general que carezca de sentido su uso y resulte meramente esquemático.

REGLAS DE LA RUTA CRÍTICA

La misma lógica de una red de actividades establece una serie de reglas para su diseño:

- 1) Toda actividad tiene un inicio y un final a los que se le llama evento al que se le designa con un número.
- 2) No pueden haber dos actividades diferentes con los mismos eventos inicial y final.
- 3) En la construcción de la red de actividades se pueden generar actividades que no forman parte del proceso, y que por lo tanto no consumen ni tiempo ni recursos, para mantener la lógica de la red, como por ejemplo, para las actividades que inician simultáneamente y de las cuales depende una misma actividad, a las que se llama actividades virtuales y las que se indican con una línea punteada.
- 4) El número del evento inicial siempre debe ser menor al del evento final para una actividad.
- 5) Se deben respetar las reglas de dependencia entre las actividades, de tal forma que probablemente sea necesario recurrir a actividades virtuales.

Para una actividad de ruta crítica, del evento i al evento j se identifican los siguientes elementos: Tiempo límite de inicio (t_{li}), tiempo límite de término (t_{lt}), tiempo más próximo de inicio (t_{pi}), tiempo más próximo de término (t_{pt}), holgura total (H_T), y duración (d) que no coincidir con los valores reales de la actividad, sino con la configuración de la red, que se identifican a continuación.



En términos más generales y considerando el hecho de los valores nos coinciden con los reales de cada actividad se puede sustituir la nomenclatura de los t_{pi} , t_{li} , t_{pt} , t_{lt} , por los de T_E^i , T_L^i , T_E^j , T_L^j , respectivamente, que son específicos para cada actividad. Una descripción más amplia de las holguras se hace a continuación.

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

HOLGURAS

Se define como actividades críticas a aquellas en las que t_m y t_m coinciden con t_i y t_i , respectivamente, lo que implica que un retraso en este tipo de actividad produce un retraso igual en todo el proyecto, por no tener un margen de tolerancia al que se le denomina holgura. Otras actividades que si tienen holguras pueden servir como margen de seguridad para retrasos. Estas se clasifican como

Holgura total (H_T): Es el máximo retraso que se puede presentar en una actividad sin que se produzca por ello un retraso en el proyecto. En este sentido la Ruta Crítica se define como la cadena de actividades que no tienen holgura, que es la que debe recibir mayor atención, seguida de las actividades o cadenas con holguras mínimas. La holgura total se calcula a partir de $H_T = t_i - t_m - d$ como:

$$H_T = T_L^i - T_E^i - d$$

Las cadenas son aquellas actividades consecutivas que tienen la misma holgura total, y esta puede ser utilizada por una sola de ellas totalmente o parcialmente por varias de ellas. Los demás tipos de holgura son parte de la holgura total.

Holgura Libre (H_L): Es la margen de tiempo que tiene una actividad, no sólo para no causar un retraso en el proyecto, sino para no retrasar el tiempo más próximo de inicio de ninguna actividad subsecuente y se calcula como:

$$H_L = T_E^j - T_E^i - d$$

Se concentra al final de una cadena de actividades, aunque pueda ser consumida por actividades anteriores de esta, parcial o totalmente.

Holgura de Interferencia (H_{INT}): Es el intervalo de tiempo para una actividad, tal que un excedente en tiempo de la actividad después de haberse consumido la holgura libre de dicha actividad producirá un excedente en la duración del proyecto en esa misma magnitud. La forma más práctica de calcularla es:

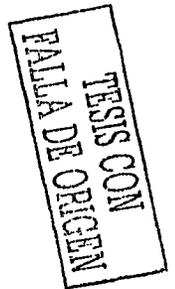
$$H_{INT} = H_T - H_L$$

Por estar intimamente ligado a la holgura total y a la holgura libre, suele prescindirse de la holgura de interferencia.

Holgura Independiente (H_{IND}): Representa el margen adicional de una actividad en las condiciones más ajustadas es decir, que las actividades contiguas terminen y comiencen en sus tiempos límite de término y límite de inicio. Es decir el margen de tiempo que queda aun en estas circunstancias sin que se produzca un retraso en la terminación de un proyecto o en la iniciación de una actividad subsecuente. La Holgura Independiente se calcula de la siguiente manera:

$$H_{IND} = T_E^j - T_L^i - d$$

Este tipo de holgura se da en casos muy particulares, siendo cero para la mayoría de los casos e incluso negativa, por lo que en este último caso carece de significado y se debe ignorar su valor.



En resumen, el método de la ruta crítica es un proceso muy útil en la planeación y la programación de actividades de un proceso, resultando ideal para la planeación, programación y control de construcción de obras de infraestructura, con el fin de optimizar tiempos y recursos. En este sentido, pudiera ser especialmente útil en la reedificación y remodelación de infraestructura dañada por diferentes fenómenos en donde, no se cuenta con mucho tiempo para la toma de decisiones, pudiéndose contar con diferentes rutas críticas para diferente tipo de obras con el fin de tener una preparación más adecuada en caso de contingencia.

Por otro lado los planes de acción por parte de las autoridades de protección civil para el caso de contingencias producto de desastres pudieran tomar en consideración el Método de la Ruta Crítica, en virtud de la necesidad de la optimización del factor tiempo que en esos casos es de vital importancia, además de que permitiría tener un mayor control de las eventualidades que pudiesen irse dando sobre la marcha. De tal suerte que independientemente del tipo de desastre pudieran tenerse a mano diferentes tipos de planes basados en esta valiosa herramienta de la ingeniería.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Proyecto de Vivienda: Cálculo de Holguras y Tiempos

Act.	Descripción de Actividades	d	t_{pi}	t_{pf}	t_{ti}	t_{tf}	H_r	H_i	H_f	H_{IND}	G. C.
0-1	Limpia y Desyerbe	2	0	2	0	2	1	1	0	0	2
0-2	Trazo y Nivelación	1	0	2	0	2	1	0	1	1	2
1-2	Ficticia	0	2	2	2	2	0	0	0	0	1
2-3	Excavación de Cepa	6	2	8	2	8	0	0	0	0	1
2-4	Plantilla 5cm.	4	2	8	2	8	2	2	0	2	3
3-4	Ficticia	0	8	8	8	8	0	0	0	0	1
4-5	Cimiento piedra braza	10	8	18	8	18	0	0	0	0	1
5-6	Castillos	8	18	26	18	26	0	0	0	0	1
5-7	Relleno	7	18	25	18	31	6	0	6	0	5
6-8	Muros	7	26	33	26	33	0	0	0	0	1
7-9	Firme 8cm.	2	25	33	31	33	6	6	0	0	5
8-9	Ficticia	0	33	33	33	33	0	0	0	0	1
8-10	Cadenas	6	33	39	33	55	16	0	16	0	7
9-11	Losa	20	33	53	33	53	0	0	0	0	1
10-14	Aplanado fino (ext.)	3	39	58	55	58	16	16	0	0	7
11-12	Aplanado yeso plafón	3	53	56	53	56	0	0	0	0	1
11-13	Aplanado yeso muros	3	53	56	53	56	0	0	0	0	1
11-17	Impermeabilización	1	53	62	53	62	8	8	0	8	6
12-13	Ficticia	0	56	56	56	56	0	0	0	0	1
13-14	Salida Eléctrica	2	56	58	56	58	0	0	0	0	1
13-15	Piso de loseta	3	56	59	56	61	2	0	2	0	3
13-17	Puerta abatible y ventana	1	56	62	56	62	5	5	0	5	4
14-16	Pintura vinilica	3	58	61	58	61	0	0	0	0	1
15-17	Inodoro, lavabo y regadera	1	59	62	61	62	2	2	0	0	3
16-17	Luminaria	1	61	62	61	62	0	0	0	0	1

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Rehabilitación o Reconstrucción de Pavimentos Flexibles

Después de demoler la capa de carpeta asfáltica y de excavar las capas: base, sub-base y terracería se construyen nuevamente este pavimento.

Definiendo a un pavimento como la estructura, consistente de una o más capas de material tratado, mediante la cual puede realizarse un tránsito de vehículos rápido, seguro y cómodo; ofreciendo una superficie de rodamiento capaz de soportar las cargas de los vehículos, los agentes de interperismo y cualquier otro agente perjudicial.

El cual deberá contar con los siguientes requisitos

1. Requisitos Estructurales

1.1 Debe tener una resistencia y un espesor total suficiente, tanto para soportar las cargas de los vehículos como para transmitir los esfuerzos a las terracerías, de modo que estas no se deformen de manera perjudicial.

1.2 Debe prevenir la penetración o la acumulación de agua en el interior del pavimento.

1.3 Debe tener una capa superior que sea adecuada para el rodamiento y ser resistente tanto a las cargas de los vehículos como a los agentes del interperismo.

2. Requisitos funcionales

2.1 El vehículo debe operar dentro de un rango de velocidad definida

2.2 La rugosidad de la superficie del pavimento no debe generar vibración

En otras palabras, el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito exitoso de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstas por el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo constituye, así como las características de los materiales empleados en su construcción, ofrecen una gran variedad de posibilidades de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o más comúnmente. Por varias y, a su vez, dichas capas pueden ser materiales naturales seleccionados, sometidos a diversos tratamientos; su superficie de rodamiento propiamente dicha puede ser una capa asfáltica.

Los pavimentos flexibles están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente en dos capas no rígidas, la base y la sub-base. La calidad de las capas es descendiente hacia abajo, ya que el diseño de pavimentos flexibles, emplea el principio de que una carga de cualquier magnitud, puede disiparse con la profundidad a través de capas sucesivas de material, o sea que la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica al ser transmitida hacia debajo de la superficie, ya que se va repartiendo en una área mayor, por esta causa, los materiales pueden disminuir su calidad con la profundidad pero cumpliendo con las normas mínimas de calidad para la capa cuestión.

Enfatizando lo dicho anteriormente, la resistencia de estos pavimentos es el resultado de la acción conjunta del sistema de capas y al diseñar un pavimento flexible se debe ir analizando capa por capa, buscando que la resistencia de cada una, sea compatible con el nivel de esfuerzos a que estará sometida, haciendo el análisis para toda la estructura del camino.

A continuación se presenta un pavimento flexible en terraplen.

Pavimento	carpeta base Sub-base
Terracerria	Capa sub-rasante Cuerpo del terraplén
Terreno Natural	

Las funciones mas importantes de cada una de las capas que constituyen el pavimento flexible son:

a) CARPETA

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Además debe ser una capa prácticamente impermeable, constituyendo una protección para la base.

Cuando esta hecha de concreto asfáltico colabora a la resistencia estructural del pavimento, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento, es el elemento más importante.

b) BASE

La base es el elemento fundamental desde el punto de vista estructural, su función consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a las capas inferiores los esfuerzos producidos por el tránsito a su máxima intensidad. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos de pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

Las bases pueden construirse de diferentes materiales como:

- I) Piedra triturada o grava de depósito de aluvión.
- II) Materiales estabilizados con cemento, asfalto o cal
- III) Estabilizados.

Desde el punto de vista económico, la base permite reducir el espesor de la carpeta que es mas costosa.

c) SUB-BASE

Una de las funciones de la sub-base es de carácter económico ya que se utiliza para disminuir el espesor del material de la base (material mas costoso) su función desde el punto de vista estructural es similar a la base.

Otra función consiste en servir de transición entre el material de base generalmente granular mas o menos grueso y la propia sub-rasante, generalmente formada con materiales finos. La sub-base más fina, que la base, actúa como filtro de esta e impide la incrustación en la sub-rasante. -

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de las terracerías, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de la humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.

Otra función de la sub-base es la de actuar como tren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua procedente de las terracerías.

d) Sub-rasante y Terracerías

Estarán constituidas por materiales que garanticen una resistencia capaz de soportar los esfuerzos que le transmiten los vehículos a través de las capas superiores y ser lo suficientemente estables a cambios volumétricos para evitar que las deformaciones que sufran las terracerías se manifiesten perjudicialmente en el pavimento.

Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplen.

TIPOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los pavimentos flexibles son aquellos que son capaces de permitir ligeras deformaciones provocadas por efectos de las cargas de los vehículos que transitan por ellos, sin llegar a sufrir daños en su estructura. Estas deformaciones por lo general se recuperan inmediatamente después que se retira la carga. Existen casos en que por recomodo o recompactación de las capas inferiores, motivada por el paso de los vehículos, se provoca una deformación permanente, la cual si no es de consideración y no se presenta con aparición de grietas, no existe motivo para alarmarse.

La estructura de un pavimento flexible esta integrada por una capa de sub-base, una capa de base, una carpeta asfáltica y riego de sello.

El espesor de cada una de estas capas esta relacionado directamente con la vida de diseño del pavimento, la composición e intensidad del tránsito, el peso por eje de los vehículos, así como la calidad de los materiales pétreos y asfaltos empleados en la construcción de los pavimentos.

Las carpetas asfálticas relativamente delgadas, únicamente proporcionan a la estructura del pavimento una capa de desgaste e impermeabilización económica. Estos pequeños espesores de carpeta no ayudan para incrementar la resistencia estructural del conjunto del pavimento, pero le proporcionan una superficie que permite la circulación en todo tiempo y además protege a las capas inferiores de la destrucción por efectos del tránsito y los agentes atmosféricos.

Las carpetas asfálticas para soportar grandes volúmenes de tránsito y cargas elevadas, deben tener un espesor mínimo de 7 cm.

Independientemente del espesor o tipo de la carpeta asfáltica, la carga se transmite a través del material pétreo y el producto asfáltico solo sirve como agente ligante que fija las partículas del material pétreo en las posiciones adecuadas para transmitir los efectos de las cargas aplicadas a las capas inferiores donde se disipan

Los pavimentos flexibles se dividen en dos grupos:

1.- Carpetas Asfálticas.

a) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente (concreto asfáltico)

b) Carpetas de concreto asfáltico en frío

2.- Sistemas de penetración o estratificados.

- a) Tratamientos asfálticos superficiales incluyendo riegos de sello
- b) Tratamientos superficiales multicapa
- c) Macadam asfáltico

El pavimento con carpetas asfálticas incluye todas las mezclas asfálticas en la que los materiales pétreos se cubren con un producto asfáltico por medio mecánico. El mezclado puede realizarse en planta fija, planta móvil o motoconformadora. Este tipo de pavimento se emplea para tráfico pesado.

El pavimento de penetración o estratificado incluye todos los pavimentos que se forman colocando el asfalto y el material pétreo en distintos momentos o en capas separadas. Son sistemas estratificados únicamente en el sentido de que se construyen en capas separadas, estos pavimentos se construyen para tráfico ligero.

MEZCLAS EN PLANTA

El concreto asfáltico elaborado y colocado en caliente es un pavimento asfáltico de mayor calidad y se compone de materiales pétreos graduados unidos, formando una masa sólida. Este tipo de mezcla para pavimentación se fabrica en una planta mezcladora central en donde se calienta el asfalto y el material pétreo a una temperatura aproximada de 150 grados centígrados se dosifica la mezcla y se coloca en obra mientras esta muy caliente. Las instalaciones para mezclas en caliente están construidas de tal forma que, después de que los pétreos están calientes y secos se separan en diferentes tamaños y se combinan de acuerdo con un proyecto determinado; y luego se mezclan con el asfalto. Las mezclas obtenidas se transportan a la obra en camiones y se colocan en capas uniformes por medio de una extendidora mecánica y después se compactan mientras están calientes.

Las plantas para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente pueden transportarse de un lugar a otro, los costos de transportes e instalación son bastante elevados y deben tomarse en cuenta cuando se elija el tipo de pavimento.

Las mezclas asfálticas elaboradas y colocadas en frío, es de calidad inferior a la elaborada y colocada en caliente y se debe usar para reparaciones o en obras de poco volumen en donde no se justifica el movimiento de una planta de mezcla en caliente.

La mezcla asfáltica elaborada en frío es una combinación de materiales pétreos y productos asfálticos líquidos (asfaltos rebajados o emulsiones) que se mezclan y colocan a la temperatura ambiente. La elaboración y colocación de las mezclas en frío deben limitarse a los meses cálidos, en términos generales, las mezclas en frío se elaboran de tres formas diferentes: plantas fijas, plantas móviles o mezclados sobre el camino o plataforma mediante el empleo de motoconformadora en cada uno de estos tipos de mezcla, el producto asfáltico se calienta a una temperatura tal que adquiere la viscosidad necesaria para un mezclado homogéneo y en seguida se coloca sobre el material pétreo.

El material pétreo que se utiliza en la elaboración de concreto asfáltico y mezclas en frío deberá tener un desgaste de la prueba de los ángeles inferior al 35% y tener buena adherencia con el producto asfáltico empleado, la cual se verifica mediante pruebas de laboratorio ya establecidas.

PROCESO CONSTRUCTIVO

LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES PARA BASE Y SUB-BASE

Localizar un banco de materiales es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad y cantidad requeridos.

Garantizar que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles

En primer lugar, en lo referente a la calidad de los materiales extraíbles, de acuerdo al uso que se le dará.

En segundo lugar, tiene que ser accesible y de fácil explotación.

En tercer lugar, tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.

Los bancos deben de estar localizados de tal manera, que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución.

A diferencia de los bancos para terracerías los cuales son abundantes y fáciles de localizar, los bancos para base y sub-base por tener solicitudes más importantes, son más difíciles de encontrar.

FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE SUB-BASE Y BASE

Los materiales seleccionados que se emplean en la construcción de sub-bases y bases, deberán ser alguno de los tipos siguientes:

Materiales que no requieren tratamiento.

Materiales que requieren ser disgregados.

Materiales que requieren ser cribados.

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

Los materiales que no requieren tratamiento son los poco o nada cohesivos, como limos, arenas y gravas, que al extraerlos quedan sueltos y que no contengan más del 5% de partículas mayores de 51 mm.

Los materiales que requieren ser disgregados son los tezontles, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al extraerlos resultan con terrones y que una vez sometidos a la acción del equipo de disgregación, no contengan más del 5% de partículas mayores de 51 mm.

Los materiales que requieren ser cribados son los poco o nada cohesivos, como mezclas de gravas arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y con un contenido entre el 5 % y el 25 % de material mayor de 51 mm. Estos materiales deberán ser cribados por la malla de 51 mm para eliminar este material.

Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados son los siguientes:

- a) Materiales poco o nada cohesivos, como mezclas de grava, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y contienen mas del 25 % de partículas mayores de 51 mm. Estos materiales deberán ser triturados y cribados por la malla de 38 mm.
- b) Tezontles y materiales cohesivos, como tepctates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas alteradas, que al extraerlos resulten con terrones que puedan disgregarse por la acción del equipo mecánico y que posteriormente a este tratamiento contienen mas del 5% de partículas de tamaño mayor de 51 mm. Estos materiales deben ser triturados y cribados por la malla de 38 mm sin que previamente deban disgregarse por la acción del equipo mecánico.

Los materiales que requieren trituración total y cribado a través de la malla de 38 mm son los que provienen de:

- i. Piedras extraídas de mantos de roca.
- ii. Piedra de pepena.
- iii. Piedra suelta de depósitos naturales desperdicio.

La explotación de un banco se realiza de la siguiente manera:

BARRENACION Y VOLADURA

La barrenación se realiza con equipos hidráulicos logrando rendimientos mayores a 35 metros lineales por hora: Así mismo se lleva un registro de cada barreno en cuanto al material encontrado a cada metro de profundidad para colocar el explosivo mas adecuado a cada una de las regiones rocosas evitando así la fuga de energía.

Definida la carga para cada barreno se procede a colocar el explosivo en su lugar y haciendo las conexiones entre barreno por circuitos y con diferentes tiempos para evitar vibraciones que puedan dañar zonas aledañas, contando con la utilización de un explosor secuencial para reducir al máximo dichas vibraciones.

También se lleva un registro sismográfico así como la filmación de cada voladura con el fin de lograr día a día un mejor conocimiento de las características de este banco.

TRITURACIÓN

Se requiere de una planta de trituración lo cual permite el desplazamiento de esta por los frentes de explotación, ahorrando con la inclusión de bandas transportadoras hasta un 40% del costo de la trituración primaria si se realiza con equipos convencionales (trituradora y camiones fuera de carretera). Dado que se elimina al 100% los caminos fuera de carretera para el movimiento del material del frente de explotación al tren de trituración.

Los distintos productos que se elaboran, se almacenan y mediante túneles con bandas transportadoras, seogan a los camiones de volteo los cuales llevaran el producto al lugar de utilización.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El acarreo del material para sub-base y base se realiza con camiones de volteo con 6 m³ de capacidad, los cuales lo depositaran en la sub-rasante, que la locomotora Caterpillar lo acamellonará y lo extenderá para incorporar el agua suficiente hasta lograr la humedad optima de compactación. Generalmente el tendido del material se hace en tramos de 300 metros en promedio.

Una vez que el material fue extendido y hubo adquirido la humedad optima de compactación, se procederá a compactarlo iniciando el proceso de las orillas al centro, en el caso de las tangentes para no perder el bombeo y en las curvas, de la parte interior a la exterior para que no se desplace el material.

Pasar el vibrocompactador de 6 pasadas en promedio y después se aplicara el compactador duo-pactor, teniendo cuidado de no abusar de su utilización, ya que tiende a extraer los agregados finos a la superficie y formar una película granular que impida la incorporación del material asfáltico en el riego de impregnación.

Se compactara la base y la sub-base juntas para no tener problemas de la prueba Proctor estándar.

Se obtiene un rendimiento en promedio en la compactación de la sub-base y base de 20 m³/hora.

BARRIDO DE BASE

Este barrido se hace previamente a la aplicación del riego de impregnación con la finalidad de remover de la corona de la base todo el polvo y material suelto que se encuentra sobre ella para lograr fácilmente la incorporación del producto asfáltico.

RIEGO DE IMPREGNACIÓN Y RIEGO DE LIGA

El riego de impregnación es la aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada, con objeto de impermeabilizarla y/o estabilizarla para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

El riego se efectuara como una petrolizadora la cual consiste en un camión provisto de un tanque con quemadores de aceite que calientan directamente la tubería que pasa por todo el tanque, lleva en la parte posterior un sistema de tubos de riego a través de los cuales se aplica el asfalto a presión sobre la superficie del camino.

El producto asfáltico utilizado será FM-1 (asfalto rebajado de fraguado medio), el cual es adecuado para la granulometría de la base.

El asfalto FM-1 se aplica a 60 °C, en una proporción que varia desde 1.2 hasta 1.4 litros por cada metro cuadrado.

Terminada la impregnación se cierra el tramo para el paso de vehículos para permitir que el asfalto penetre en la base. La penetración sera de 1 a 2 milímetros en promedio.

Después de 3 o 4 días se da un riego con arena para abrir el camino al transito vehicular y percatarse de la irregularidades existentes y corregirlas antes de la aplicación de la carpeta asfáltica. A esta ultima actividad se le conoce como poreo.

Previamente al tendido la carpeta asfáltica, se efectuara previamente el barrido de la base para remover toda la arena producto del porco, y se aplicara un riego de liga con FR-3 (asfalto rebajado de fraguado rápido), a una temperatura de 80°C y en una proporción que variara desde .9 hasta 1.1 litros por cada metro cuadrado. Este riego se aplicara con la petrolizadora.

FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

Las características granulométricas de las carpetas de concreto asfáltico pueden ser:

- a) Tamaño máximo del agregado: 9.5 mm
- b) Tamaño mínimo del agregado: 2.38mm

Cuando los agregados pétreos cumplen con las condiciones granulométricas antes expuestas, se procede al secado de los mismos hasta lograr una humedad inferior al 1% para posteriormente mezclarlos en un quemador con el cemento asfáltico proveniente de una cisterna de almacenamiento.

Una vez integrados ambos materiales, son conducidos a tolvas de almacenamientos las cuales servirán racionalmente la carpeta asfáltica en camiones de volteo de 6 m³ de capacidad para transportarla hasta el sitio de utilización.

La temperatura de salida de la carpeta asfáltica será de 150°C y la de tendido de 110°C en promedio.

El tendido del material se realizara con equipo y en capas de 5 cm de espesor y 2.2 metros de ancho.

El equipo interactúa con el camión de volteo que mientras el material es vaciado en un deposito primario de la petrolizadora esta a su vez se desplaza y tiende la carpeta asfáltica proporcionándole así mismo una compactación previa al paso de los equipos especializados.

A continuación se aplicaran 4 pasadas en promedio con un compactador de rodillo liso y finalmente se utilizara un compactador neumático.

El rendimiento estimado en esta actividad será de 26 m³/hora.

RIEGO DE SELLO

Una vez concluido el tendido y la compactación de la carpeta asfáltica, se procederá a efectuar un riego de sello, el cual consiste en la aplicación de un material asfáltico cubierto con una capa de material pétreo, para impermeabilizar la carpeta, protegerla del desgaste y proporcionar una superficie antiderrapante.

Los materiales pétreos empleados en el riego de sello no deberán ser mayores de 9.5 mm ni menores de 4.76 mm.

Previo al barrido de la superficie a tratar, se aplicará un riego de liga como el ejecutado antes de la colocación de la carpeta asfáltica, para entonces regar el material granular y plancharlo con tres o cuatro pasadas con el compactador neumático y otras tantas con los cepillos de barrido, este último con la finalidad de distribuir de manera uniforme el material pétreo evitando así la formación de bordos y ondulaciones.

El rendimiento estimado para este riego será de 2000 m²/ jornada de 8 horas.

CAPA SUBRASANTE	
Espesor de la capa	30 CM Minimo
Tamaño máximo de agregados	3" (7.6 cm)
Grado de compactacion	95% del PSVM
Valor relativo soporte (VSR)	15% Minimo
Expansion máxima	5%

CAPA SUBBASE	
Espesor de la capa	15 CM Minimo
Tamaño máximo de agregados	3" (7.6 cm)
Grado de compactacion	95% del PSVM
Valor relativo soporte (VSR)	50 %
Contenido de arena	20%

CAPA BASE	
Espesor de la capa	15 CM Minimo
Tamaño máximo de agregados	2" (5.1 cm)
Grado de compactacion	95% del PSVM
Valor relativo soporte (VSR)	100 %
Contenido de arena	50%

CARPELA	
Espesor de la capa	7 CM Minimo
Tamaño máximo de agregados	3/8" (9.5 mm)
Grado de compactacion	100% del PSVM
Valor relativo soporte (VSR)	>100 %
Contenido de arena	55 %

* PARA CAMINOS TIPO B

DATOS PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO

- 1.- Tipo de carretera.
- 2.-Transito de proyecto.
- 3.- Materiales a emplear.
- 4.-Nivel de confianza.

1. TIPO DE CARRETERA			
TIPO	VEHICULOS/DIA TDPA	ANCHO DE CALZADA (metros)	ANCHO DE CORONA (metros)
A	MAS DE 3000	7.0 (DOS CARRILES) 2X7 (CUATRO CARRILES) 2X7 (CUATRO CARRILES)	12.0 (UN CUERPO) ≥22 (UN CUERPO) 2X11 (CUERPO SEPARADOS)
B	DE 1500 A 3000	7.0	9.0
C	DE 500 A 1500	6.0	7.0
D	DE 100 A 500	6.0	6.0
E	HASTA 100	4.0	4.0

2.- TRANSITO DE PROYECTO

- 2.1 Transito diario en el carril de proyecto
- 2.2 Composicion del transito , por tipo de vehiculo en porciento
- 2.3 Carga por eje (sencillo, doble o triple) de cada tipo de Vehiculo en toneladas métricas.
- 2.4 Proporción de vehiculos cargados y vacios, en forma Global por cada tipo de unidad.
- 2.5 Tasa de crecimiento anual del transito en porciento.
- 2.6 Periodo de proyecto en años. 10 a 15 años

3.- MATERIALES A EMPLEAR (VER CAPAS DE PAVIMENTO)

4.- NIVEL DE CONFIANZA 50-99

**PAVIMENTOS
PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
4 KM DE PAVIMENTOS ASFALTICO						
CARPETA10	Carpeta de 10 cms de espesor de concreto asfáltico, incluye: materiales, acarreo, mano de obra , equipo y herramienta.	M2	4000.00	80.05	320,200.00	40.37
BASES	Base conformada con material de banco compactada al 95% de su PVSM incluye: acarreo , humectación , compactación , equipo y herramienta	M3	1200.00	87.29	104,748.00	13.20
SUBASE	Subase conformada material de banco compactada al 95% de su PVSM incluye: acarreo , humectación , compactación , equipo y herramienta	M3	1200.00	87.17	104,604.00	13.19
BANQ8CE	Carpeta de concreto hecho en obra de F'c=200kg/cm2 para cuneta, incluye: preparación de la superficie, cimbrado de fronteras , colado, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	1500.00	175.80	263,700.00	33.24
Total del presupuesto					793,252.00	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3-Mar-2003

Par: A01 análisis no. 30

CONSTRUCCION DE CARRETERA DE 4MTS DE ANCHO DE CORONA Y CUNETAS DE CONCRETO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: CARPETA10		Unidad: M2				
Carpeta de 10 cm de espesor de concreto asfáltico, incluye: materiales, scarreos, mano de obra, equipo y herramienta						
MATERIALES	MEZCLA ASFALTICA	TON	\$246.60	0.200000	\$49.32	61.61%
	Subtotal: MATERIALES				\$49.32	61.61%
MANO DE OBRA	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$186.28 /	90.000000	\$2.07	2.59%
	INGENIERO RESIDENTE	JOR	\$420.00 /	180.000000	\$2.33	2.91%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$4.40	5.50%
EQUIPO Y HERRAMIENTA	PAVIMENTADORA BLAW-KNOX DE 120 HP	HOR	\$378.73	0.033000	\$12.50	15.62%
	VIBROCOMPACTADOR VAP 70	HOR	\$239.27	0.033000	\$7.90	9.87%
	HERRAMIENTA MENOR	%	\$4.40	0.030000	\$0.13	0.16%
	ACARREO DE ASFALTO	T/KM	\$1.45	4.000000	\$5.80	7.25%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$26.33	32.89%
	Costo directo				\$80.05	
	(* OCHENTA PESOS 05/100 M.N. *)					

3-Mar-2003

Par: A01 análisis no. 30

CONSTRUCCION DE CARRETERA DE 4MTS DE ANCHO DE CORONA Y CUNETAS DE CONCRETO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: BASES Unidad: M3						
Base con formado con material de banco, compactado al 95% de su PVSM, incluye: acarrees, humectación, compactación, equipo y herramienta.						
MATERIALES	AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.200000	\$2.47	2.83%
	Subtotal: MATERIALES				\$2.47	2.83%
MANO DE OBRA	INGENIERO RESIDENTE	JOR	\$420.00 /	185.000000	\$2.27	2.60%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$2.27	2.60%
EQUIPO Y HERRAMIENTA	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	\$145.94 /	60.000000	\$2.43	2.78%
	MOTOCONFORMADORA	HOR	\$337.92 /	30.000000	\$11.26	12.90%
	CAMION PIPA DE 9 M3	HOR	\$150.77 /	60.000000	\$2.51	2.88%
	CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	\$231.71 /	60.000000	\$3.86	4.42%
	VIBROCOMPACTADOR VAP 70	HOR	\$239.27 /	60.000000	\$3.99	4.57%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$24.05	27.55%
BASICOS	MATERIAL DE BANCO	M3	\$45.00	1.300000	\$58.50	67.02%
	Subtotal: BASICOS				\$58.50	67.02%
	Costo directo				\$87.29	
(* OCHENTA Y SIETE PESOS 29/100 M.N. *)						

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3-Mar-2003

Par: A01 análisis no. 30

CONSTRUCCION DE CARRETERA DE 4MTS DE ANCHO DE CORONA Y CUNETAS DE CONCRETO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
--------	----------	--------	-------	----------	---------	---

Análisis: subbases Unidad: M3

Sub-Base con formado con material de banco, compactado al 95% de su PVSM, incluye: acarreo, humectación, compactación, equipo y herramienta.

MATERIALES

AGUA (MANEJO)	M3	\$12.36	0.200000	\$2.47	2.83%
Subtotal: MATERIALES				\$2.47	2.83%

MANO DE OBRA

INGENIERO RESIDENTE	JOR	\$420.00 /	195.000000	\$2.15	2.47%
Subtotal: MANO DE OBRA				\$2.15	2.47%

EQUIPO Y HERRAMIENTA

CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	\$145.94 /	60.000000	\$2.43	2.79%
MOTOCONFORMADORA	HOR	\$337.92 /	30.000000	\$11.26	12.92%
CAMION PIPA DE 9 M3	HOR	\$150.77 /	60.000000	\$2.51	2.88%
CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	\$231.71 /	60.000000	\$3.86	4.43%
VIBROCOMPACTADOR VAP 70	HOR	\$239.27 /	60.000000	\$3.99	4.58%
Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$24.05	27.59%

BASICOS

MATERIAL DE BANCO	M3	\$45.00	1.300000	\$58.50	67.11%
Subtotal: BASICOS				\$58.50	67.11%
Costo directo				\$87.17	

(* OCHENTA Y SIETE PESOS 17/100 M.N. *)

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

3-Mar-2003

Par: A01 análisis no. 30

CONSTRUCCION DE CARRETERA DE 4MTS DE ANCHO DE CORONA Y CUNETAS DE CONCRETO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: BANQ8CE Unidad: M2						
Carpeta de 8 cm. de concreto hecho en obra de Fc=200 KG/CM2 para cuneta, acabado escobillado, incluye: preparación de la superficie, cimbrado de fronteras, colado, materiales, mano de obra, equipo y herramienta.						
MATERIALES	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	\$14.00	1.000000	\$14.00	7.96%
	CEMENTO GRIS	TON	\$1,304.35	0.002000	\$2.61	1.48%
	Subtotal: MATERIALES				\$16.61	9.45%
MANO DE OBRA	CUADRILLA No 5 (1 ALBAÑIL+1 PEON)	JOR	\$410.81 /	4.000000	\$102.70	58.42%
	INGENIERO RESIDENTE	JOR	\$420.00 /	190.000000	\$2.21	1.26%
	Subtotal: MANO DE OBRA				\$104.91	59.68%
EQUIPO Y HERRAMIENTA	HERRAMIENTA MENOR	%	\$104.91	0.030000	\$3.15	1.79%
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$3.15	1.79%
BASICOS	CONCRETO DE Fc=150 KG/CM2, HECHO EN OBRA, T.M.A.= 19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3 0	\$626.60	0.081600	\$51.13	29.08%
	Subtotal: BASICOS				\$51.13	29.08%
	Costo directo				\$175.80	
	(* CIENTO SETENTA Y CINCO PESOS 80/100 M.N. *)					

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA DE CONCRETO PARA HOSPITAL

ÍNDICE

A) Introducción

- 1.- Objetivo.
- 2.- Alcance
- 3.- Códigos y Reglamentos

B) Materiales

- 1.- Cemento Portland
- 2.- Agregados
- 3.- Agua
- 4.- Aditivos
- 5.- Acero de Refuerzo

C) Estructuración

- 1.- Estructuración de la cimentación
La cimentación es a base de zapatas corridas con contratraves
- 2.- Estructuración de la estructura
La estructura esta formada por columnas, trabes y losas macisas
Las columnas y las trabes forman marcos rígidos en dos direcciones.

D) Criterios de Análisis

- 1.- Criterios Generales
- 2.- Efecto de Acciones y sus Combinaciones

E) Criterios de Diseño

- 1.- Criterios Generales
- 2.- Criterios de Dimensionamiento
- 3.- Revisión de Deformaciones
- 4.- Detalles de Diseño

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.-Objetivo: El objetivo de esta especificación es definir los lineamientos generales para **diseñar la estructura de concreto reforzado de un Hospital**

2.- Alcance: El alcance de esta especificación cubre el diseño de la estructura de concreto y su cimentación

3.- Códigos y Reglamentos

El diseño de la estructura y su cimentación deberán concordar con las siguientes normas o reglamentos

3.1.-Reglamento de construcciones para el distrito federal 1993

3.2.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de "cimentaciones". Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.3.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de "estructuras de Mampostería." Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.4.-Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de "estructuras de concreto." Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.5.-Normas Técnicas Complementarias para diseño " Por sismo" . Gaceta oficial del Departamento del Distrito Federal 1987

3.6.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Métodos de Diseño " Cap. C.1.1
Comisión Federal de Electricidad. 1993

3.7.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Acciones " Cap. C.1.2
Comisión Federal de Electricidad. 1993

3.8.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Análisis de Estructuras" Cap. C.2.1
Comisión Federal de Electricidad. 1993

3.9.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Diseño por Sismo " Cap. C.1.3
Comisión Federal de Electricidad. 1993

3.10.-Manual de Diseño de Obras Civiles " Diseño Estructural de Cimentaciones " Cap.2.2
Comisión Federal de Electricidad. 1993

B).- Materiales.

A continuación se anotan las especificaciones más importantes para el diseño de la estructura

1.- Cemento Pórtland

Especificación NOM C.1 (1980): Cemento Pórtland; ASTM. C. 150 (1986)

2.- Agregados pétricos

Especificación NOM C.111(1982). Agregados para concreto; ASTM. C.33 (1986)

3.-Agua para Mezclado

Especificación NOM C.122 (1982). Agua para concreto; ASTM C.94 (1986)

4.-Aditivos

Especificación NOM C.255 (1981). Aditivos para concreto; ASTM C.260 (1986)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

y ASTM C.494 (1986)

5.- Acero de Refuerzo.

Especificación NOM B 6 (1983): Acero de Refuerzo: ASTM A 615 (1987)

C) Criterios de Análisis

1.- Criterios Generales se analizarán los efectos que producen en la estructura las cargas y fuerzas de las diversas acciones, atendiendo a métodos racionales de análisis estructural. En concordancia con los principios de la mecánica, en forma tal que se obtenga una trayectoria de cargas continua, capaz de transferir todas las fuerzas desde sus respectivos puntos de aplicación, a los elementos resistentes

En el análisis se consideran todas las cargas y efectos que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, estableciendo congruencia entre las condiciones básicas de carga y sus combinaciones, con los procedimientos para valorar la resistencia del elemento.

2.- Efecto de las Acciones y sus Combinaciones

Acciones mínimas por considerar

2.1 Acciones Permanentes

c_m = peso propio o carga muerta de la estructura

2.2 Acciones Variables

c_v = carga viva

c_{vm} = carga viva máxima

c_{vi} = carga viva instantánea

2.3 Acciones Accidentales

s = sismo

2.3.1.- Análisis Sísmico

Para el análisis sísmico de la estructura se utilizará el método sísmico-estático

De acuerdo con la ubicación de la obra, esta se localiza en la zona sísmica "c", tipo de suelo II, la estructura se clasifica por su destino dentro del grupo "A".

Por su estructuración es tipo I, por lo que el coeficiente sísmico es de $c=0.96$ y un factor de ductilidad $Q=2$ (ver manual de diseño por sismo)

2.4 Combinaciones de carga

carga vertical máx. = $1.4 c_m + 1.4 c_{vm}$

carga vertical + sismo $x = 1.1 (c_m + c_{vi} + s_x + 0.3 s_y)$

carga vertical + sismo $y = 1.1 (c_m + c_{vi} + s_y + 0.3 s_x)$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

D) Criterios de Diseño

1.- Criterios Generales el diseño y construcción de la estructura y cada uno de sus elementos y conexiones deberá satisfacer los requisitos de resistencia y deformabilidad ante todas las combinaciones de cargas más desfavorables que puedan presentarse durante la vida útil de la estructura.

2.- Dimensionamiento

El Dimensionamiento de los elementos deberá satisfacer los requisitos de resistencia para todas las acciones básicas de diseño y sus combinaciones

3.- Revisión de deformaciones

Deberá revisarse que las deformaciones inducidas a la estructura por todas las combinaciones de cargas estén comprendidas entre los límites aceptables.

4.- Detalles de diseño

El diseño deberá detallarse completamente, de manera que los documentos principales, los planos constructivos contengan toda la información de hipótesis de cálculo, características de los materiales incluyendo detalles de conexiones, su refuerzo con cortes y traslapes.