Serie: Atlas Nacional de Riesgos

Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos

Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA
CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Rosa Icela Rodríguez Velázquez
Secretaria de Seguridad y Protección Ciudadana

Laura Velázquez Alzúa
Coordinadora Nacional de Protección Civil

Enrique Guevara Ortiz
Director General
Centro Nacional de Prevención de Desastres (cenapred)

1ª edición, noviembre 2006
Versión electrónica, 2021
Ciudad de México

© SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA
Avenida Constituyentes 947, edificio B, planta alta
Colonia Belén de las Flores
Álvaro Obregón, C. P. 01110, Ciudad de México
Teléfono: 55 1103 6000
https://www.gob.mx/sspc

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Coyoacán, C. P. 04360, Ciudad de México
Teléfono: 55 5424 6100
www.gob.mx/cenapred
Comentarios: editor@cenapred.unam.mx

©Autores:

Lineamientos generales para la elaboración de Atlas de Riesgos
Enrique Guevara Ortiz, Roberto Quaas Weppen y Georgina Fernández Villagómez

Aspectos geográficos y tecnológicos
Oscar Zepeda Ramos, Edgar Muñoz Hernández y Lucrecia Torres Palomino

Revisores: Roberto Quaas Weppen y Enrique Guevara Ortiz

ISBN: 970-628-904-6

Edición: La edición estuvo a cargo de los autores bajo la coordinación de
Violeta Ramos Radilla
Portada: María José Aguas Ovando y Demetrio Vázquez Sánchez

Derechos reservados conforme a la ley
IMPRESO EN MÉXICO. PRINTED IN MEXICO
Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD
DE LOS AUTORES

Serie: Atlas Nacional de Riesgos

Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos

Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA
CNPC
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

CONTENIDO

PRÓLOGO 5

PRESENTACIÓN 9

I. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE ATLAS DE RIESGOS

1.1 INTRODUCCIÓN 11

1.2 ANTECEDENTES 12

1.3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS 13
1.3.1 El Ciclo de la prevención 13
1.3.2 Conceptos fundamentales sobre riesgo 15

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 18
1.4.1 Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio 18
1.4.2 Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados 19
1.4.3 Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad 20
1.4.4 Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado al tipo de fenómeno tanto natural como antropogénico 21
1.4.5 Integración de la Información sobre los Fenómenos Naturales o Antropogénicos, Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Considerando los Recursos Técnicos y Humanos 22

1.5 CONCEPTUALIZACIÓN DE UN ATLAS NACIONAL DE RIESGOS 22
1.5.1 Diseño conceptual 22
1.5.2 Algunos productos esperados del ANR: 23

CONCLUSIONES 24

BIBLIOGRAFÍA 25

II ASPECTOS GENERALES GEOGRÁFICOS Y TECNOLÓGICOS

RESUMEN 27

OBJETIVOS 27

2.1 INTRODUCCIÓN 27

2.2 NIVELES DE DETALLE EN LA ELABORACIÓN DE UN ATLAS DE RIESGO 28
2.2.1 Elaboración y percepción comunitaria de los atlas de riesgo 29
2.2.2 Elaboración de atlas de riesgo por parte de autoridades de protección civil 30
2.2.3 Análisis de riesgo por parte de instituciones académicas y científicas 31

2.3 CARTOGRAFÍA DE RIESGO 32
2.3.1 Mapas de amenazas y recursos 32
2.3.2 Mapas de peligro 32
2.3.3 Mapas de riesgo 33
2.3.4 ¿Para que sirven los atlas de riesgo? 35

2.4 DATOS GEOGRÁFICOS Y ESTADÍSTICOS 36
2.4.1 ¿Cómo obtener datos geoestadísticos? 36
2.4.2 Aspectos históricos 37
2.4.3 Aspectos geoestadísticos básicos 37
2.4.4 Formas de representar la Tierra 38
2.4.5 Sistemas de coordenadas 38
2.4.6 Proyecciones cartográficas utilizadas en México 40
2.4.7 Sistema de referencia oficial para México (INEGI) 41
2.4.8 Escala 43
2.4.9 Simbología 45
2.4.10 Cartografía 46
2.4.11 La representación del terreno 48

2.5 ASPECTOS TECNOLÓGICOS 50
2.5.1 Los sistemas de información geográfica 50
2.5.2 El modelo espacial del riesgo 52
2.5.3 Percepción remota 53
2.5.4 Sistemas de posicionamiento global (GPS) 61
2.5.5 Herramientas para la generación de escenarios de riesgo 65

CONCLUSIONES 70

GLOSARIO 71

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 75

PRÓLOGO

En la agenda nacional de la protección civil, la prevención de desastres ha tomado una gran relevancia, debido principalmente a la diversidad de fenómenos que pueden causar desastres en nuestro territorio. Así, se reconoce la importancia de establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos, y no sólo focalizar recursos para la atención de las emergencias y la reconstrucción.

Sin duda en los últimos años se ha avanzado en este sentido; sin embargo, los logros son aún insuficientes y es indispensable invertir más recursos para transitar lo más pronto posible de un esquema fundamentalmente reactivo a uno preventivo. Esta nueva filosofía permitirá garantizar no sólo una sociedad más preparada y segura, sino un país menos vulnerable frente a los fenómenos potencialmente destructivos, sean éstos de origen natural o antropogénico.

La estrategia de la prevención establece tres pasos fundamentales. Primero, conocer los peligros y amenazas para saber dónde, cuándo y cómo nos afectan. Segundo, identificar y establecer en el ámbito nacional, estatal, municipal y comunitario, las características y los niveles actuales de riesgo ante esos fenómenos. Por último, diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura, mejorando normas y procurando su aplicación, y finalmente, preparando e informando a la población para que sepa cómo actuar antes, durante y después de una contingencia.

Modernas tecnologías, combinadas con nuevas visiones y esquemas de coordinación y comunicación, permiten ahora monitorear y detectar muchos de los fenómenos perturbadores y prevenir anticipadamente sus efectos, facilitando la toma de decisiones y la implementación de medidas para disminuir sus efectos, particularmente en evitar la pérdida de vidas humanas. Esta transición hacia la prevención se ha sustentado fundamentalmente en el conocimiento sobre el origen, manifestación e impacto de los fenómenos. Este conocimiento permite actuar para algunos fenómenos en forma temprana, con más eficacia operativa, buscando minimizar la pérdida de vidas humanas y bienes materiales. Sin embargo, apenas se han dado los primeros pasos en la prevención, aunque firmes, de ninguna manera son suficientes. El siguiente paso decidido que se tiene que dar es en la valoración más rigurosa del riesgo.

Equivocadamente se tiene la percepción de que los desastres se deben exclusivamente a los peligros. Se suele señalar, por ejemplo, al huracán o al sismo como el responsable de las pérdidas durante un desastre o emergencia. En realidad es la sociedad en su conjunto la que se expone con su infraestructura física, organización, preparación y cultura característica al encuentro de dichos fenómenos, manifestando usualmente diversos grados de vulnerabilidad en estos aspectos. Se concluye por tanto, que los desastres no son naturales, es decir, son producto de condiciones de vulnerabilidad y exposición derivados en gran medida por aspectos socioeconómicos y de desarrollo no resueltos, como elevados índices de construcciones informales, marginación, pobreza, escaso ordenamiento urbano y territorial, entre otros.

Hablar de prevención necesariamente es hablar de riesgo. Los desastres se dan por la presencia de una condición de riesgo, como resultado de la acción de un fenómeno perturbador sobre un bien expuesto.

El riesgo de desastres, entendido como la probabilidad de pérdida, depende de dos factores fundamentales que son el peligro y la vulnerabilidad. Comprender y cuantificar los peligros, evaluar la vulnerabilidad y con ello establecer los niveles de riesgo, es sin duda el paso decisivo para establecer procedimientos y medidas eficaces de mitigación para reducir sus efectos. Es por ello prioritario desarrollar herramientas y procedimientos para diagnosticar los niveles de peligro y de riesgo que tiene nuestro país a través de sistemas organizados de información como se plantea en la integración del Atlas Nacional de Riesgos, ANR, basado éste en los atlas estatales y municipales.

Como brazo técnico del Sistema Nacional de Protección Civil, al Centro Nacional de Prevención de Desastres se le ha encomendado el desarrollo del ANR. Éste se concibe como una herramienta estratégica que permita la integración de información sobre peligros y riesgos a nivel estatal y municipal en una plataforma informática homogénea, dinámica y transparente.

Por analogía con un atlas geográfico, el ANR pudiera entenderse como un conjunto de mapas o cartas encuadernadas en un voluminoso libro que muestra de una manera gráfica información de peligro o amenaza para una cierta área o región. El primer atlas que se publicó en 1994 por la Secretaría de Gobernación, tenía estas características el cual fue ampliado en 2000 por el Cenapred en una publicación más completa con un diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México.

El riesgo es una variable muy compleja y continuamente cambiante en el tiempo que es función de la variabilidad de las amenazas que nos circundan y de la condición también dinámica de la vulnerabilidad y grado de exposición. Por tanto, para la mayoría de los fenómenos, no es posible representar al riesgo mediante una simple gráfica o mapa, éste debe ser estimado de acuerdo con las circunstancias y condiciones específicas del lugar o área de interés. Por lo anterior, conceptualmente el ANR ha evolucionado de un conjunto estático de mapas, a un sistema integral de información sobre riesgos de desastres, empleando para ello bases de datos, sistemas de información geográfica, cartografía digital, modelos matemáticos y herramientas para visualización, búsqueda y simulación de escenarios de pérdidas.

Bajo este nuevo enfoque, el Cenapred continúa promoviendo diversas investigaciones y publicaciones vinculadas con el Atlas Nacional de Riesgos con el objetivo de trasmitir a los usuarios, particularmente del ámbito de la protección civil, información y orientación relativos a los avances, conocimientos y desarrollos tecnológicos en la materia. Busca asimismo, guiar a los interesados en el tema sobre cómo proceder metodológicamente para establecer sus atlas locales y motivándolos a utilizarlos como un instrumento cotidiano de trabajo y consulta, indispensable para valorar el riesgo y establecer las medidas de mitigación y preparación necesarias.

En este sentido, el presente documento encabeza una nueva serie de publicaciones titulada “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos” que engloba, como su nombre lo indica, diversas herramientas metodológicas para orientar y ayudar a evaluar los peligros y riesgos a los que estamos expuestos. En este primer conjunto de publicaciones se discuten y analizan conceptos generales sobre riesgos y cartografía, evaluación de la vulnerabilidad y análisis de peligros y riesgos de algunos fenómenos geológicos, hidrometeorológicos y también químicos. Estos documentos integran las recientes experiencias y trabajos de investigación desarrollados en el Centro, así como revisiones y ampliaciones de documentos anteriores.

Los documentos son una contribución orientada a clarificar conceptos, formular esquemas sencillos y accesibles utilizando un lenguaje lo menos técnico posible, para que los usuarios integren, paso a paso y con metodologías uniformes, información sobre algunos de los principales

peligros y riesgos a los que están expuestos en sus entidades. Por la complejidad y gran variedad de fenómenos que integra un atlas que se pretende tenga una cobertura nacional; muchos de éstos se irán incorporando en futuros documentos conforme se avance en las investigaciones y se desarrollen las bases metodológicas que faciliten posteriormente su aplicación en forma sistemática. Es necesario tomar en cuenta que los trabajos que se presentan por las distintas áreas del Centro, en su mayoría son novedosos y pioneros, como es el tema del Atlas Nacional de Riesgos, integrado como rompecabezas por los atlas estatales y municipales, considerada herramienta central de una Protección Civil preventiva en el que México, sin lugar a duda, está haciendo un trabajo innovador y de vanguardia.

El paso importante que ahora habrá que dar con estas guías, es integrar grupos locales de trabajo para aplicar y calibrar las metodologías, quizá a través de proyectos piloto y retroalimentar con la experiencia de campo a los especialistas que las diseñaron. De lograrse esta dinámica, se habrán dado pasos firmes para avanzar en la unificación de criterios para la integración de los atlas municipales, luego estatales y finalmente el atlas a nivel nacional.

Este Centro seguirá trabajando intensamente en la consecución del Atlas Nacional de Riesgos, proyecto sin duda toral y estratégico para el Sistema Nacional de Protección Civil, para el desarrollo del País, para la Seguridad Nacional y principalmente, para el bienestar de la sociedad que está expuesta a los fenómenos perturbadores. Para alcanzar esta deseada y ambiciosa meta, es necesario la activa participación y colaboración de todos, particularmente de aquellos que tenemos una responsabilidad en el ámbito de la Protección Civil y la Prevención de Desastres. Para ello el Cenapred pone a las órdenes de las entidades estatales y municipales y también a la población en general, todos sus recursos tecnológicos y humanos disponibles.

Recordemos, los desastres no son naturales, se derivan de una condición de riesgo. Consecuentemente los Atlas de Riesgo son el vehículo y a la vez guía estratégica indispensable para incidir, a través de la prevención, de manera efectiva en la mitigación de los riesgos y consecuentemente en la reducción de los desastres.

Roberto Quaas W.

PRESENTACIÓN

Como parte del trabajo emprendido bajo el proyecto del Atlas Nacional de Riesgos, el Cenapred se ha concentrado en la tarea de conjuntar la información y las experiencias generadas a través de la investigación y la colaboración con diferentes instituciones del ámbito académico, gubernamental y de la sociedad civil, para elaborar una serie de publicaciones y material de difusión, que permitan, en primera instancia a las unidades estatales de protección civil, y también a instituciones interesadas en la prevención y mitigación del riesgo, contar con guías metodológicas cuyo objetivo es el establecer procedimientos que, de manera práctica y directa, ayude a sintetizar y generar información con una terminología y base conceptual homogéneas orientadas al conocimiento del riesgo, la cual será integrada en un documento o sistema denominado genéricamente "Atlas de Riesgos".

El capítulo inicial de las metodologías aborda dos temas sustantivos e indispensables para la construcción de un atlas de riesgos. Primeramente, se propone el marco conceptual de cualquier estudio sobre riesgo; adicionalmente orienta en cuanto a los aspectos geográficos y tecnológicos, herramientas mediante las cuales se deberá cimentar un desarrollo técnico que pueda ser de utilidad para las autoridades de protección civil y de otros ámbitos de gobierno.

Este primer capítulo consta de dos partes: La primera, "Lineamientos generales para la elaboración de atlas de riesgos," lleva de la mano al lector para que, como una primera etapa, asimile los aspectos relacionados con los conceptos y definiciones básicas sobre riesgo. Así mismo establece cuáles deben ser aquellos elementos que permitirán a quien elabore un atlas de riesgo, llegar a un diagnóstico sobre los fenómenos naturales y antrópicos que influyen en su entorno, identificar los sistemas expuestos y obtener los niveles de riesgo para al ámbito de interés. De tal modo, el documento cubre los aspectos relacionados con el Atlas Nacional de Riesgos, definido como un elemento indispensable para la integración de información para el Sistema Nacional de Protección Civil.

El Atlas Nacional de Riesgos ha evolucionado tecnológicamente, de manera que en la presente metodología se establecen los criterios para desarrollar un Sistema Integral de Información sobre Riesgo de Desastre, los subsistemas que lo integran y los productos obtenidos. Este modelo ha funcionado como embrión de múltiples sistemas que se han desarrollado en varios estados, a través de sus unidades de protección civil; de ahí la importancia de comprender el objetivo y alcances de un atlas de riesgo.

No se puede pensar en un atlas, sin que el lector conozca y asimile los aspectos relacionados con la geografía y la cartografía. Como complemento natural a los aspectos conceptuales sobre riesgo, se desarrolló la segunda parte del capítulo denominada "Aspectos generales geográficos y tecnológicos"; ahí se plasman aquellos conocimientos que permitirán a quienes desarrollan un atlas de riesgos, contar con información sobre el marco de referencia geográfico y las fuentes de información indispensable. De manera directa, estas recomendaciones son de utilidad para quienes establecen términos de referencia para la elaboración de estos instrumentos.

El desarrollo tecnológico en materia de tecnologías de la información y las telecomunicaciones y su interacción con el ámbito de la prevención de desastres, no podían pasar desapercibidos. Es por esta razón que en la última parte del documento se presenta una recopilación sobre diferentes tecnologías: los sistemas de información geográfica, los sistemas de posicionamiento global y la percepción remota. Considerar estos temas dentro del desarrollo de un atlas de riesgos es cada día es más necesario, ya que permite: reducir costos, agilizar tiempos de desarrollo y obtener productos que pueden ser utilizados en otros ámbitos mediante la sobreposición de capas. Actualmente, en aspectos referentes a la generación, análisis y difusión de la información sobre riesgo, no se puede vislumbrar un desarrollo que no se lleve a

cabo a través de los sistemas de información geográfica, ya que se han posicionado como una tecnología indispensable en los estudios territoriales y en el análisis de los peligros, facilitando la automatización en la generación de escenarios de riesgo.

Se aborda el uso de estas tecnologías para el análisis de diversos fenómenos, sus ámbitos de acción y su limitaciones, finalmente se hace una descripción de una tecnología reciente que permite obtener el contorno de la superficie terrestre de manera muy exacta a través de haces de luz (tecnología Lidar) y que se ha empezado a utilizar de manera generalizada para obtener modelos del terreno, útiles para generar mapas de peligro por inundaciones, entre otros.

Actualmente, el estudio de los peligros, al igual que la vulnerabilidad y el riesgo, se ha colocado como tema de interés en ámbitos académicos, un referente en los análisis de desarrollo urbano y una necesidad de las autoridades en los tres niveles de gobierno. Sin embargo, existe una diversidad en las metodologías que se utilizan en México, lo que llega a ocasionar que, en ocasiones los resultados no sean útiles para quien más lo requiere: la población en general. Por lo anterior, la presente aportación del Cenapred propone un marco conceptual, geográfico y tecnológico, que de ser implementado por las instancias interesadas, seguramente arrojará un producto homogéneo, con lo que se logrará interactuar con otros ámbitos de las administraciones federal, estatal y municipal, y finalmente permitirá cumplir con el principal objetivo de un atlas de riesgos, la prevención de desastres.

I. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE ATLAS DE RIESGOS

Enrique Guevara O., Roberto Quaas W. y Georgina Fernández V.

1.1 INTRODUCCIÓN

Para un país en proceso de cambio cuyo objetivo es lograr un desarrollo humano integral, equitativo y sustentable, las cifras anuales de pérdidas provocadas por el embate de los fenómenos naturales constituyen una condición inaceptable. Sin duda alguna se ha avanzado, sin embargo, son aún insuficientes los logros y es necesario por lo tanto, invertir mayores esfuerzos y recursos para transitar de un esquema reactivo a uno preventivo. Por ello es indispensable establecer estrategias, políticas y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir el efecto de los fenómenos perturbadores con la coparticipación y corresponsabilidad de los diferentes niveles de gobierno, sectores social y privado.

Este cambio de estrategia debe lograr que la sociedad sea capaz de afrontar los peligros naturales y generados por el hombre asegurando al mismo tiempo que el desarrollo no incremente su vulnerabilidad y por ende el riesgo. Sólo así se podrá garantizar un país menos vulnerable y una población más preparada y segura.

Como se verá más adelante, el punto de partida y un requisito esencial para la puesta en práctica de las acciones de protección civil y políticas de prevención y mitigación del impacto de los desastres, es contar con un **diagnóstico de riesgos**, es decir, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno. Una manera efectiva para integrar esta información y hacerla disponible a un amplio número de usuarios, es a través de un Atlas. La cartografía digital y los sistemas informáticos modernos ofrecen una herramienta de gran utilidad para la representación de peligros y riesgos a diferentes escalas y detalles, así como la generación de diferentes escenarios a través de modelos y simulaciones.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil (LGPC) en su artículo 12, fracción XVI, es atribución de la Secretaría de Gobernación desarrollar y actualizar el Atlas Nacional de Riesgos. Para tal efecto, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como apoyo técnico del Sistema Nacional de Protección Civil, se ha dado a la tarea de emprender el desarrollo del mismo.

El reto que se ha establecido es la integración de un sistema de información sobre el riesgo de desastres detallado a nivel municipal y de comunidades en zonas de riesgo. La integración de este **Atlas Nacional de Riesgos (ANR)**, demandará un enorme esfuerzo de investigación, recopilación de datos, trabajo de campo, y sobre todo de coordinación multi-institucional, siendo indispensable la participación de los tres niveles de gobierno, las autoridades de Protección Civil, organizaciones públicas y privadas, así como la población en general.

El ANR será consistente con los atlas estatales y municipales de riesgos. Importante entonces, para su implementación, es contar con diagnósticos a nivel local, partiendo de criterios homogéneos y siguiendo una metodología común. Es por esta razón que el CENAPRED ha encaminado sus esfuerzos para proponer lineamientos generales y criterios uniformes para

identificar y cuantificar los peligros, establecer las funciones de vulnerabilidad y estimar el grado de exposición.

El objetivo de este documento es proporcionar una guía metodológica general para la implementación de atlas de riesgos.

1.2 ANTECEDENTES

Los antecedentes del ANR se remontan a 1991, cuando la Secretaría de Gobernación publicó una primer versión general del "Atlas Nacional de Riesgos" y más recientemente el "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana" elaborado por el CENAPRED en 2001. En los últimos años, varias entidades federativas han elaborado sus respectivos atlas y otras se encuentran desarrollándolos.



a) *b)*

Figura 1.1 ***Antecedentes del ANR: a) Atlas Nacional de Riesgos. SEGOB, 1991, b) Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, CENAPRED***

Las herramientas actuales para el manejo de información, así como los avances logrados en la identificación del peligro y el desarrollo de modelos para su representación, han permitido cambiar el enfoque tradicional de un Atlas de Riesgos, de ser una colección de mapas, a un sistema integral de información que permita evaluar el riesgo de desastres a diferentes niveles y escalas, que permita la realización de simulaciones y escenarios, y muy importante, que pueda ser actualizado fácilmente y se mantenga vigente.

1.3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

1.3.1 El Ciclo de la prevención

México se encuentra situado en una región afectada por diversos fenómenos naturales y generados por el hombre, que anualmente causan daños, pérdidas económicas y lamentablemente pérdida de vidas humanas. El país se encuentra situado en una zona de alta actividad sísmica y volcánica provocada por el movimiento de 5 placas tectónicas. Es por ello que dos terceras partes del territorio se encuentran en zonas de alto y muy alto peligro sísmico. Asimismo del gran número de volcanes que existen, 14 de ellos se les consideran activos ya que han tenido actividad eruptiva en tiempos históricos.

La ubicación del país y sus características geográficas favorecen también la presencia de fenómenos hidrometeorológicos, como los 25 huracanes que en promedio se generan anualmente afectando principalmente las zonas costeras en ambos litorales. Asociadas a estos fenómenos también se presentan lluvias torrenciales que provocan inundaciones y deslaves. Por el contrario, algunas regiones del país se ven afectadas por escasez de agua durante tiempos prolongados dando lugar a sequías. Algunas otras regiones se ven afectadas por sistemas invernales. Adicionalmente existen fenómenos como los incendios forestales, marea roja, y las actividades humanas relacionadas con la industria y el manejo de materiales peligrosos, que igualmente afectan año con año al país.

Por sus efectos, los desastres pueden tener importantes consecuencias en el ámbito económico y social, en el desarrollo de una región e inclusive llegar a comprometer la seguridad nacional. Por tanto, su impacto puede incidir significativamente en el bienestar y calidad de vida de sus habitantes. Así, en las últimas dos décadas (1980-1999), los efectos causados por los desastres en México significaron, en promedio anual, pérdidas de 500 vidas humanas y daños materiales por 700 millones de dólares. [Bitrán D., 2001].



Figura 1.2 ***México se encuentra situado en una región que es afectada por diversos fenómenos naturales y generados por el hombre, que anualmente causan daños, pérdidas económicas y lamentablemente también de vidas humanas***

Un elemento clave para lograr reducir el impacto destructivo que provocan los fenómenos naturales o antropogénicos, es la implementación de una efectiva estrategia de **prevención.** Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las etapas identificadas del ciclo de la prevención mostrado en la figura 1.3.



Figura 1.3 Ciclo de la Prevención

Estas etapas incluyen:

Identificación de Riesgos: conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; estudiar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo, entendiendo el riesgo como el productor del peligro (agente perturbador), la vulnerabilidad (propensión a ser afectado) y la exposición (el valor del sistema afectable).

Mitigación y prevención: basado en la identificación de riesgos, consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los desastres antes de que éstos ocurran.

Incluye la implementación de medidas estructurales y no estructurales para reducción de la vulnerabilidad o la intensidad con la que impacta un fenómeno: planeación del uso de suelo, aplicación de códigos de construcción, obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, preparación para la atención de emergencias (disponibilidad de recursos, albergues, rutas de evacuación, simulacros, etc.).

Atención de emergencias: se refiere a acciones que deben tomarse inmediatamente antes, durante y después de un desastre con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente, sin olvidar la atención prioritaria y apoyo a los damnificados.

Recuperación y reconstrucción: acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado (población y entorno). Esta etapa incluye la reconstrucción y mejoramiento de infraestructura y servicios dañados o destruidos.

Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia: consiste en valorar el impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Tiene entre otras ventajas: determinar la capacidad del gobierno para enfrentar las tareas de reconstrucción, fijar las prioridades y determinar los requerimientos de apoyo y financiamiento, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

La experiencia adquirida en las etapas anteriores del ciclo de la prevención debe incorporarse para redefinir políticas de planeación, mitigación y reducción de vulnerabilidades, y evitar la reconstrucción del riesgo, es decir que un mismo fenómeno vuelva a impactar en el futuro de manera semejante.

1.3.2 Conceptos fundamentales sobre riesgo

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido tratado y desarrollado por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente, aunque en la mayoría de los casos de manera similar. Un punto de partida es que los riesgos están ligados a actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un **agente perturbador** (fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar **daños** a un **sistema afectable** (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un **desastre** (ver figura 1.4). Así, un movimiento del terreno provocado por un sismo no constituye un riesgo por sí mismo. Si se produjese en una zona deshabitada, no afectaría ningún asentamiento humano y por tanto, no produciría un desastre.

En términos cualitativos, se entiende por **Riesgo** la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una **amenaza**, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.



Figura 1.4 Esquema de riesgo

En forma cuantitativa se ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. Esta definición se expresa en la ecuación de la figura 1.5. A continuación se analiza brevemente cada uno de estos conceptos y las características que deben tener en el análisis de riesgo.

Riesgo = f(**Peligro, Vulnerabilidad, Exposición**)

R = f(**P, V, E)**

Figura 1.5 Definición de riesgo

El **Peligro** se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado.

Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante parámetros cuantitativos con un significado físico preciso que pueda medirse numéricamente y ser asociado mediante relaciones físicas con los efectos del fenómeno sobre los bienes expuestos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad. La **magnitud** es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera. La **intensidad** es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos. Por ejemplo, en los sismos, la magnitud se define en términos de la energía liberada por el súbito movimiento de las placas tectónicas y se mide en la escala de Richter. La intensidad sísmica refleja, en cambio, el grado de movimiento que experimenta el terreno en un sitio dado, lo que dependerá fundamentalmente de la distancia del sitio al epicentro y de las características del terreno en el sitio. La intensidad se mide a través de la escala de Mercalli. Para algunos fenómenos, la distinción entre magnitud e intensidad no es tan clara, pero en términos generales el peligro está más asociado a la intensidad del fenómeno que a su magnitud, o sea más a las manifestaciones o efectos que el fenómeno puede presentar en el sitio de interés, que a las características básicas del fenómeno mismo. En este sentido, el estudio del peligro lleva a la construcción de escenarios, es decir, a la representación de los efectos del fenómeno en la región de interés.

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. El concepto de periodo 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. En ocasiones se utiliza también el inverso del periodo de retorno llamada **tasa de excedencia,** definida como el número medio de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad. Para muchos de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación. En estos casos se recurre a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones en el tema específico.

La **Vulnerabilidad** se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas

esperadas. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas. Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es mucho menos vulnerable ante la ocurrencia de un terremoto, que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno. En otro aspecto, una población que cuenta con una organización y preparación para responder de manera adecuada ante la inminencia de una erupción volcánica o de la llegada de un huracán, por ejemplo mediante sistemas de alerta y planes operativos de evacuación, presenta menor vulnerabilidad que otra que no está preparada de esa forma.

La vulnerabilidad física se expresa como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través de una función matemática o matriz de vulnerabilidad con valores entre cero y uno. Cero implica que el daño sufrido ante un evento de cierta intensidad es nulo, y uno, implica que este daño es igual al valor del bien expuesto. De dos bienes expuestos uno es más vulnerable si, ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad, sufre mayores daños.

La **Exposición o Grado de Exposición** se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible a dinero. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a verse afectadas.

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o inclusive evitando el asentamiento en el sitio.

Una vez que se han identificado y cuantificado el peligro, la vulnerabilidad y el grado de exposición para los diferentes fenómenos perturbadores y sus diferentes manifestaciones, es necesario completar el análisis a través de escenarios de riesgo, o sea, representaciones geográficas de las intensidades o de los efectos de eventos extremos. Esto resulta de gran utilidad para el establecimiento y priorización de acciones de mitigación y prevención de desastres. Ejemplos de escenarios de peligro son la representación de los alcances de una inundación con los tirantes máximos de agua que puede tener una zona; distribución de caída de ceniza consecuencia de una erupción volcánica; la intensidad máxima del movimiento del terreno en distintos sitios debido a un sismo. Ejemplos de escenarios de riesgos serían el porcentaje de viviendas de adobe dañadas para un sismo de determinada magnitud y epicentro, el costo de reparación de la infraestructura hotelera por el paso de un huracán, el número de personas que podrían verse afectadas por el deslizamiento de una ladera inestable, etc.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Partiendo de los conceptos fundamentales de riesgo expresados en la sección anterior, se advierte que la base fundamental para un diagnóstico adecuado de riesgo es el conocimiento científico de los fenómenos (peligros o amenazas) que afectan a una región determinada, además de una estimación de las posibles consecuencias del fenómeno; éstas dependen de las características físicas de la infraestructura existente en la zona, así como de las características socioeconómicas de los asentamientos humanos en el área de análisis.

Así, es posible plantear un procedimiento general para la elaboración de un Atlas de Riesgo el cual puede resumirse en los siguientes pasos:

- Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio;
- Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados;
- Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad;
- Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado a cada tipo de fenómeno, tanto natural como antropogénico;
- Integración sistemática de la información sobre los fenómenos naturales y antropogénicos, peligro, vulnerabilidad y riesgo considerando los recursos técnicos y humanos.

1.4.1 Identificación de los fenómenos naturales y antrópicos que pueden afectar una zona en estudio

El riesgo depende de las condiciones específicas de un sitio en estudio, según su ubicación, y de los fenómenos que pueden manifestarse con mayor o menor intensidad. Asimismo, las condiciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos de una región condicionan los niveles de riesgo a que está sometida. Por ello el primer paso para la construcción de un atlas de riesgos es la identificación de los fenómenos que han afectado y por lo tanto podrán afectar un área geográfica. En México, el Sistema Nacional de Protección Civil reconoce, de acuerdo con su origen, los siguientes agentes perturbadores:

- Fenómenos geológicos;
- Fenómenos hidrometeorológicos;
- Fenómenos químicos;
- Fenómenos sanitario-ambientales;
- Socio-organizativos.

Para identificar los fenómenos que afectan una zona en estudio, se debe recurrir a diferentes fuentes de información tales como fuentes bibliográficas, hemerográficas y/o comunicación verbal.

La información anterior debe ser considerada como el punto de partida para la integración de un atlas, y aunque no representa todavía un atlas de riesgos, resulta de gran utilidad para las autoridades de protección civil. La información histórica puede ser representada en mapas temáticos que pueden aprovechar las autoridades de protección civil para tener conocimiento de los sitios que son susceptibles de ser afectados por un fenómeno determinado; asimismo, es la base para estimar la frecuencia con que un fenómeno afecta una zona.

1.4.2 Determinación del peligro asociado a los fenómenos identificados

Una vez identificados los fenómenos que pueden afectar una zona en estudio, se procede a la evaluación del *peligro*, que consiste en obtener una descripción probabilística de la posible ocurrencia de dichos eventos perturbadores con distintas intensidades. Esto deberá calcularse para cada medida de la intensidad que sea significativa según el tipo de sistema y los modos de falla o daño que se deban incluir en el análisis de riesgo. Dos medidas clásicas asociadas al peligro son el *periodo de retorno* o bien, la *tasa de excedencia*. La tasa de excedencia es el número de eventos por unidad de tiempo (generalmente por año) que sobrepasan un cierto nivel de intensidad; el periodo de retorno es el inverso de la tasa de excedencia y se define como el lapso que, en promedio, hay que esperar para que ocurra un evento con intensidad superior a una especificada. En lo que se refiere a las medidas de intensidad, éstas son propias de cada fenómeno y están relacionadas con los parámetros con los que se evalúa la vulnerabilidad. Por ejemplo, en el caso del fenómeno sísmico, una medida de intensidad puede ser la aceleración máxima del suelo; para un huracán la velocidad del viento; para inundación el tirante acumulado de la precipitación; para una explosión química la energía liberada, etc.

Dependiendo del fenómeno en estudio y la zona en la cual se desea conocer sus efectos, los peligros a los cuales puede estar expuesta la población tendrán un impacto diferente.

Como ejemplo de la evaluación del peligro, en la figura 1.6 se muestra, para el caso de sismo, la aceleración máxima del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 100 años.



Figura 1.6 Aceleraciones máximas del terreno (en cm/s^2) para un periodo de retorno de 100 años (Gutiérrez C., CENAPRED)

1.4.3 Identificación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad

Este punto consiste en la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, los que en la mayoría de los casos, son obras construidas por el hombre; sin embargo, también se cubren los casos de formaciones geológicas naturales, como laderas que pueden deslizarse o mantos de suelo blando que pueden agrietarse y que pueden ocasionar algún tipo de daño.

Para evaluar la vulnerabilidad se pueden utilizar métodos cuantitativos que requieren el empleo de expresiones matemáticas llamadas funciones de vulnerabilidad, que relacionan las consecuencias probables de un fenómeno sobre una construcción, una obra de ingeniería, o un conjunto de bienes o sistemas expuestos con la intensidad del fenómeno que podría generarlas. Así por ejemplo, desde el punto de vista preventivo, en el caso de la vivienda es importante estimar el nivel de daño esperado para un nivel de intensidad dado, de manera que se puedan tomar las medidas preventivas para disminuir su vulnerabilidad. Si se tratara de una obra civil, como por ejemplo de un hospital, las consecuencias se podrían medir en términos del servicio que dejaría de prestar. En el caso de construcciones destinadas al comercio, las consecuencias tendrían que calcularse, no solamente en términos del daño físico, sino también en términos de las pérdidas indirectas, es decir, aquellas que se derivan del mal funcionamiento de la construcción a consecuencia de los daños físicos. Para generar las funciones de vulnerabilidad correspondientes, se deberá hacer una selección cuidadosa de los parámetros de intensidad generados por un fenómeno, de manera tal que tengan una adecuada correlación con las consecuencias que de ellos se derivan. Asimismo, se debe realizar una clasificación de los sistemas expuestos, por ejemplo, de acuerdo a su sistema estructural un grupo de construcciones puede clasificarse como sigue (CENAPRED, I. de I, 2003):

Tipo I. Casas para habitación unifamiliar, construidas con muros de mampostería simple o reforzada, adobe, madera o sistemas prefabricados.

Tipo II. Edificios para vivienda, oficinas y escuelas, construidos con concreto reforzado, acero, mampostería reforzada o sistemas prefabricados.

Tipo III. Construcciones especiales: teatros y auditorios, iglesias, naves industriales, construcciones antiguas.

Tipo IV. Sistemas de gran extensión o con apoyos múltiples: puentes.

Tipo V. Tuberías superficiales o enterradas

Normalmente, una función de vulnerabilidad tiene la forma mostrada en la figura 1.7. Esta función relaciona un parámetro de intensidad sísmica (eje horizontal), como la aceleración espectral, con los daños que este parámetro puede ocasionar en viviendas de tres o cuatro pisos construidas con mampostería confinada que se localizan en zona de muy alto peligro sísmico (zona D del mapa de regionalización sísmica de la CFE). En la figura, cero significa daño nulo y uno significa pérdida total de la construcción.

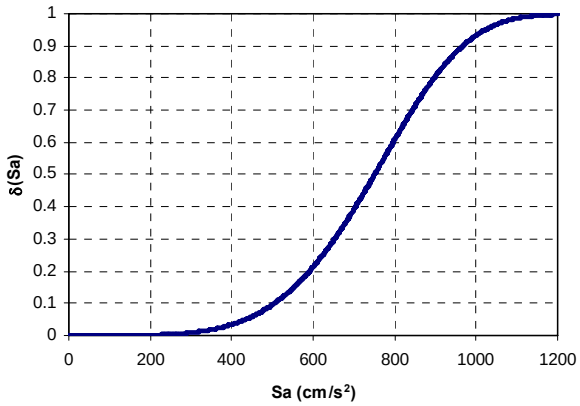


Figura 1.7 - Función de daño físico para estructuras de mampostería adecuadamente confinada de tres o cuatro niveles y localizadas en la zona sísmica D del mapa de regionalización sísmica de CFE (CENAPRED, I de I, UNAM, 2003)

1.4.4 Evaluación de los diferentes niveles de riesgo asociado al tipo de fenómeno tanto natural como antropogénico

En términos generales, el riesgo es una función matemática denominada "convolución" del peligro y la vulnerabilidad. Para fines de protección civil una de las herramientas de mayor utilidad para la toma de decisiones es la construcción de escenarios en los que se detecten las zonas con niveles elevados de riesgo, en términos, por ejemplo, de las pérdidas monetarias derivadas de las consecuencias ocasionadas por la ocurrencia de un fenómeno. Otras medidas de riesgo pueden ser, los metros cuadrados perdidos de construcción, el número de vidas humanas perdidas, etc. Así, por ejemplo en la figura 1.8 se encuentra un escenario en el que se muestran las pérdidas, en pesos, debidas a la inundación que se generaría en un poblado asentado en la zona aledaña a un río si se presentara una precipitación con un periodo de retorno de cinco años. Es claro que con la ayuda de este escenario, las autoridades de protección civil podrían detectar las viviendas que deben ser reubicadas, tanto para evitar la pérdida de vidas como de daños materiales.

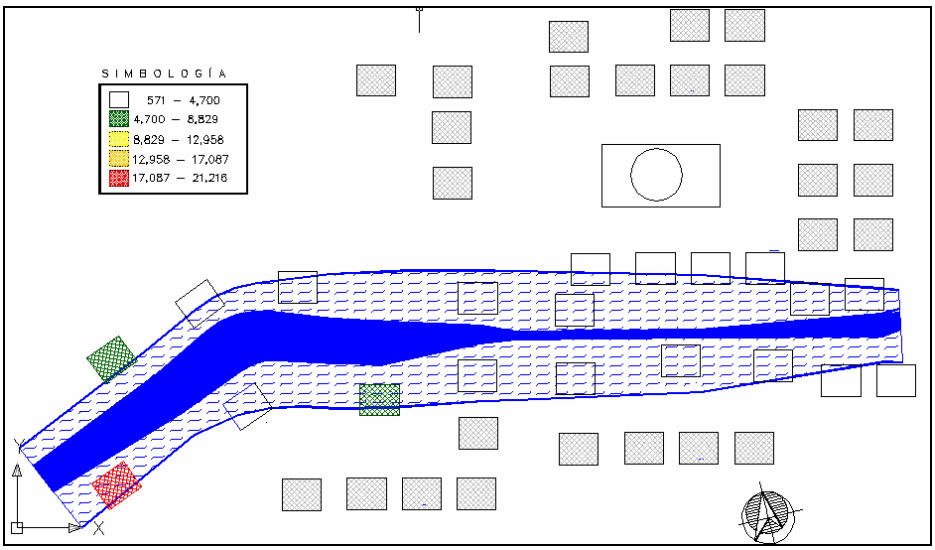


Figura 1.8 Mapa de riesgo por inundación para un periodo de retorno de cinco años (pérdidas calculadas) (CENAPRED)

1.4.5 Integración de la Información sobre los Fenómenos Naturales o Antropogénicos, Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Considerando los Recursos Técnicos y Humanos

Idealmente, un atlas de riesgos se debe concebir como un ente dinámico que sea un sistema integral de información del riesgo de desastres. Bajo ese concepto, la integración de la información que conforma un atlas de riesgo y su elaboración, requiere de tres elementos fundamentales:

- Metodologías para la identificación de los fenómenos que afectan una zona determinada para la evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo;
- Criterios para la selección de la cartografía adecuada que permita representar los resultados de un análisis de riesgo;
- Criterios para la selección de un sistema en el que se integre, procese y visualice la información anterior.

1.5 CONCEPTUALIZACIÓN DE UN ATLAS NACIONAL DE RIESGOS

La presente sección tiene por objeto mostrar en términos generales la estructura del Atlas Nacional de Riesgos (ANR).

El ANR está dirigido a autoridades y dependencias de los niveles de gobierno; autoridades de protección civil; diversas instituciones relacionadas con la planeación territorial, urbana, desarrollo social, ambiental; instituciones académicas y de investigación, así como población en general. Con la implementación del ANR se prevé fortalecer al Sistema Nacional de Protección Civil a través de un esquema homogéneo de valoración del riesgo como una política preventiva y de desarrollo, en suma, contar con una herramienta útil, entre otras acciones para:

- Establecer políticas y estrategias de prevención;
- Mejorar la toma de decisiones en relación con planes de desarrollo urbano;
- Evaluar pérdidas humanas y materiales, tanto para eventos simulados como inmediatamente después de ocurrido un fenómeno natural o antropogénico;
- Atender las necesidades de una emergencia derivadas de la ocurrencia de un fenómeno natural o antropogénico, es decir, estimar los recursos que deberían ser destinados a la zona afectada;
- Contribuir a la cultura de la autoprotección a través de la orientación y concientización de la población sobre riesgo;
- Mejorar la calidad en la contratación de seguros de la infraestructura pública, tal como escuelas, hospitales, vías de comunicación, etc., ante la acción de fenómenos naturales o antropogénicos.

1.5.1 Diseño conceptual

Cuando se habla de un atlas, generalmente, se tiene la idea de voluminoso libro o un compendio de mapas. Esta visión tiene al menos dos desventajas:

- El rápido crecimiento urbano en varias zonas del país, se traduce en un incremento del grado de exposición de la población y de sus bienes. Por ello, es fácil entender que su vigencia caduque rápidamente;

- Si bien un mapa es un producto útil y fácil de entender para los integrantes de protección civil, en lo que se refiere a la toma de decisiones, es necesario recurrir a otros insumos. Un mapa, es en el mejor de los casos, la representación gráfica del resultado de análisis complejos en el tiempo y espacio de las variables que determinan los desastres. Así, una vez que se imprime un mapa en un atlas tradicional, no es posible alterar el análisis, o estudiar un escenario diferente.

Por estas razones el ANR se ha planteado que sea un Sistema Integral de información del Riesgo de Desastres:

Sistema, ya que será un conjunto ordenado de "objetos", procesos, principios y soluciones tecnológicas racionalmente enlazados entre sí con un fin común: evaluar el riesgo.

Integral, ya que deberá ser capaz de incluir información actualizada, inclusive en tiempo real, con un nivel de detalle suficiente, según se requiera, para cubrir todas las escalas convenientes; implica un manejo compartido de datos de muy diferentes características y ubicaciones, mediante un diseño dinámico y modular.

De información, ya que deberá ser capaz de aceptar, reducir y facilitar el análisis e interpretación de la información. Es también, con un valor agregado, parte de los productos esperados. Según su destinatario, se deberán lograr varios niveles de información.

Riesgo de Desastres, es el objetivo final del producto: poder evaluar el riesgo mediante el análisis temporal y espacial de las amenazas, la vulnerabilidad y el grado de exposición, así como la estimación de pérdidas, entre otros.

Además, el ANR deberá ser ***interactivo***, de modo que permita hacer análisis y visualizar la información instantáneamente, de plataforma abierta para facilitar su desarrollo y actualización permanentes y deberá hacer uso de las tecnologías de información más actuales.

Una atribución más del ANR, es que a la palabra *Nacional* se le ha dado un significado amplio, es decir, que un análisis de riesgo se podrá efectuar desde una pequeña zona urbana, pasando por un municipio, una entidad federativa, hasta la República Mexicana en su conjunto.

1.5.2 Algunos productos esperados del ANR:

- Mapas de peligro por fenómeno, que identifiquen las zonas en donde afectan los fenómenos con diferentes intensidades y periodos de retorno;
- Mapas de vulnerabilidad de población, escuelas, hospitales, y otros, en los cuales se señalen las zonas en donde el potencial de daño es mayor;
- Mapas que desplieguen el tamaño de los sistemas afectables;
- Mapas de riesgo que identifiquen las zonas en donde, para un fenómeno con intensidad dada, las consecuencias del daño sean máximas, medias o mínimas;
- Mapas de afectación ante la ocurrencia de algún fenómeno;
- Estadísticas sobre la ocurrencia y efecto de los fenómenos perturbadores;
- Costo de los desastres;
- Costo esperado de la ocurrencia de un fenómeno;
- Uso de sistemas de datos georreferenciados a cualquier usuario con aplicaciones web basados en GIS con funciones específicas para la generación automatizada de mapas.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo introductorio se han presentado los lineamientos y los conceptos fundamentales necesarios para comprender la metodología general para la elaboración de un atlas de riesgo. Asimismo se dio una breve descripción del proyecto del Atlas Nacional de Riesgos que se está desarrollando, entendido como un sistema integral de información del riesgo de desastres. La intención de la guía básica conformada por cinco libros es orientar y alentar a todas las autoridades de protección civil estatales y municipales a que conjuguen sus esfuerzos para integrar sus respectivos atlas o actualizar las ya desarrollados. Se presentan algunas metodologías específicas para la integración de atlas de riesgo, orientadas a lograr la aplicación de criterios y métodos uniformes en la evaluación de peligros, vulnerabilidad y/o riesgos para distintos fenómenos perturbadores.

Es importante mencionar que la implementación de los atlas de riesgo es un trabajo que llevará tiempo y requerirá necesariamente de la participación de diversas instituciones y especialistas, así como de cierta infraestructura básica de cómputo y programación. En la medida que unamos esfuerzos, nos apoyemos mutuamente y compartamos información, lograremos alcanzar en un plazo razonable no solamente los atlas estatales y municipales, sino también simultáneamente integrar el atlas a escala nacional. Dichos instrumentos serán fundamentales para incidir eficazmente en la mitigación del riesgo y consecuentemente en una protección civil preventiva.

BIBLIOGRAFÍA

Alcocer S., Bitrán D., Zepeda O. (2001) Propuesta "Atlas Nacional de Riesgos. Sistema Virtual de Identificación de Riesgos de Desastres en México".

Basic Engineering (2002), "Análisis de requerimientos y necesidades para el ANR-SIIRIDE", Asesoría al CENAPRED.

Bitrán D. (2001), "Características del Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99". Libro 1. Serie impacto Socioeconómico de los Desastres en México, CENAPRED.

Cardona O.D (1996) "Variables involucradas en el manejo de Riesgos". Revista Desastres y Sociedad. No 6, Año 4.

CENAPRED (2001). "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México", Centro Nacional de Prevención de Desastres, México D.F.

CENAPRED (2003), Curso Introductorio a las Metodologías para la Elaboración de los Atlas de Riesgo Estatales y Municipales.

CENAPRED (2002) "Programa especial de prevención y mitigación del riesgo de desastres 2001-2006".

Guía Cartográfica para el levantamiento de Riesgos a nivel Municipal. (1998). Secretaría de Gobernación.

Instituto de Ingeniería, UNAM-CENAPRED (2003) "Guía Metodológica para el Análisis del Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo y Pérdidas Causadas por Desastres Naturales o Antropogénicos y su Reducción y Prevención".

Ley General de Protección Civil. (2002), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de mayo de 2000.

Ordaz M. (1996), "Algunos Conceptos del Análisis de Riesgos". Revista Prevención. CENAPRED.

Reyes, C. (2003) "Algunas consideraciones generales para el desarrollo del Atlas Nacional de Riesgos. CENAPRED".

UN/ISDR Commission on Sustainable Development (2002), "Natural Disaster and Sustainable Development. Understanding the links between development, environment and natural disasters".

UN/ISDR (2002), "Vivir con Riesgo. Un repaso mundial de iniciativas de reducción de desastres".

II. ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y TECNOLÓGICOS

Oscar Zepeda Ramos, Edgar Muñoz Hernández y Lucrecia Torres Palomino

RESUMEN

Como parte del desarrollo del Atlas Nacional de Riesgo (ANR), Sistema Integral de Información sobre Riesgo de Desastre (SIIRIDE), surgió la necesidad de contar con una guía para la elaboración de atlas estatales o municipales de riesgo; en este sentido, se consideró necesario un capítulo donde se establezcan las bases cartográficas que deberá contemplar un atlas, las fuentes indispensables de información, (principalmente aquéllas que provienen de instituciones oficiales) y conocer algunos de los recursos tecnológicos que permiten la integración y análisis de información sobre riesgo.

En este capítulo se presentarán los estándares cartográficos necesarios para desarrollar o actualizar un atlas de riesgo, así como tecnologías que permiten el manejo y análisis de información geográfica y estadística con el fin de generar escenarios de riesgos útiles, confiables y sobre todo, compatibles con el ANR.

OBJETIVOS

Presentar de manera práctica, cuáles deberán ser las bases cartográficas y las fuentes de información geoestadística necesarias para la elaboración de un atlas de riesgo.

Describir la forma en que se puede simplificar y automatizar la generación de escenarios de peligro y riesgo, a través de tecnologías como los sistemas de información geográfica, la percepción remota y los sistemas de posicionamiento global.

2.1 INTRODUCCIÓN

La inquietud sobre los diversos peligros que rodean al ser humano es antigua, ya que fenómenos como erupciones volcánicas, inundaciones y sismos, han sido representados gráficamente casi desde la aparición de la escritura, de ahí, que la elaboración de mapas sobre fenómenos y su impacto en la sociedad, ha sido parte de la evolución de la cartografía.

Esta representación de los peligros ha sido asociada de manera directa con la concepción histórica del Universo y de la Tierra, así como del avance de las ciencias en general, de ahí que las primeras representaciones del peligro estuvieron asociadas a designios divinos mediante la simbolización de algún ser supremo. Actualmente la representación gráfica-espacial del riesgo se ha simplificado gracias al avance de las ciencias y la tecnología. Un ejemplo de esto, es el uso extendido de los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales pueden desplegar y analizar una gran cantidad de datos como son: la caracterización del medio físico, el tipo de infraestructura, el número de habitantes y tipo de vivienda, siendo éstas algunas de las variables indispensables para el análisis y diagnóstico del riesgo. De manera parecida se utilizan cada vez con mayor frecuencia imágenes de satélites que permiten obtener información del subsuelo, superficie y la atmósfera de la tierra.

En cuanto a los orígenes del vocablo Atlas, éste se deriva del latín "Atlas" y del griego Ατλας, que era el nombre del gigante quien se suponía sostenía con sus hombros la bóveda celeste. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, un atlas es una colección de mapas geográficos, históricos o de elementos que pertenezcan a un tema en específico conjuntados en un volumen. Partiendo de la definición anterior un atlas de riesgo será fundamentalmente un conjunto de metodologías que a través de su representación en forma de mapas puedan ubicar espacial y temporalmente el peligro, además de localizar geográficamente la vulnerabilidad física y social de los sistemas expuestos, para finalmente representar diversos escenarios de riesgo mediante la evaluación cuantitativa de las pérdidas derivadas del impacto de diversos fenómenos perturbadores.

El primer paso para la elaboración de un atlas de riesgos, es contar con una base cartográfica homogénea, es decir, que haya sido generada bajo los mismos criterios y normas. La recomendación es gestionar o adquirir aquella producida por instituciones con amplia experiencia, principalmente el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI), órgano rector en la producción de este tipo de información. Queda fuera del alcance de esta guía los criterios para generar cartografía básica; solamente se establecen aquellos elementos generales que deberá cumplir la información geoestadística para desarrollar un atlas.

Para establecer el grado de detalle de un atlas, se deberán tomar en cuenta tres criterios principales: el primero, es el nivel en que se representa la información estadística y geográfica (agregación), por ejemplo: a nivel estatal, municipal, localidad, colonia, manzana, etc., el segundo será la capacidad de análisis, procesamiento y almacenamiento de la información (no es lo mismo elaborar un diagnóstico de riesgo para una colonia que para un municipio urbano) y por último, la infraestructura en materia de recursos humanos y materiales.

En primer término se presentará una descripción de mapas sobre peligro y riesgo, que se han desarrollado en diferentes ámbitos, así como algunos criterios para definir los niveles de elaboración y comprensión de los atlas de riesgos. En una segunda parte se presentarán los conceptos sobre los sistemas de referencia geográficos, escala, simbología y las fuentes de información. Por último, se enumerarán algunas tecnologías que facilitan la obtención de información para la generación de escenarios de riesgo.

2.2 NIVELES DE DETALLE EN LA ELABORACIÓN DE UN ATLAS DE RIESGO

Para el diseño de un atlas de riesgo, es necesario tener presente la forma de entender los mapas y la información contenida en el mismo (percepción), la cual variará en función del tipo de usuario:

a) Funcionarios de gobierno federal, estatal y municipal. Éstos deberán incorporar los resultados finales del análisis de riesgo a las políticas institucionales, de desarrollo urbano y reordenamiento territorial. Para este tipo de usuarios se deberán diseñar y elaborar mapas donde se presenten los niveles de riesgo en términos de un semáforo (verde, amarillo y rojo). Adicionalmente los funcionarios de protección civil, deberán comprender aspectos técnicos relacionados con el riesgo como intensidades, periodos de retorno y vulnerabilidad; con esto se facilita el diseño de planes de prevención, mitigación y atención de emergencias basados en escenarios de riesgo.

b) Población en general. Aquellos grupos que no tienen un conocimiento especializado sobre los fenómenos y su representación gráfica, por lo tanto, los productos deberán ser de fácil comprensión con leyendas que expliquen el fenómeno y el nivel de riesgo. Es importante que estos mapas representen de manera muy clara el entorno (ríos,

costas, montañas, vías de comunicación, etc), de tal forma que la población pueda localizar con precisión la ubicación de su vivienda, y en consecuencia generar conciencia del nivel de riesgo en el que se encuentra su familia y bienes.

c) Académicos. Para este sector, se deberá contar con información digital y bases de datos que puedan ser manejados en sistemas de información. Además deberán permitir conocer los periodos de retorno e intensidades de los fenómenos, así como presentar los sistemas vulnerables y los niveles de riesgo en términos económicos o probabilísticos.

A continuación se presenta una descripción de tres niveles de detalle en la elaboración de cartografía de peligro y riesgo, sus objetivos y alcances.

2.2.1 Elaboración y percepción comunitaria de los atlas de riesgo

Cuando los habitantes de una localidad colaboran en la elaboración de su atlas, se logra una buena percepción del riesgo por medio de la zonificación de fenómenos que pueden producir daños, por ejemplo, conocer en dónde se inunda con cierta frecuencia y qué casas resultan ser las más afectadas, el lugar donde habitualmente se presentan accidentes carreteros, entre otros. Con esta información, es posible generar mapas a través de elementos gráficos, ubicando a nivel local los peligros circunscritos en su entorno (vivienda, lugar de trabajo, escuela), acotando el análisis a colonias o barrios. En el caso de no contar con información sobre peligros, este análisis puede considerarse como un esfuerzo inicial que posteriormente sea complementado con estudios de carácter más formal.

Es importante destacar que la elaboración de este tipo de atlas está impulsada por la necesidad de la población de contar con información sobre áreas de peligro y tiene como fin prevenir muertes y daños debidos a fenómenos perturbadores que se puedan presentar en un futuro.

Existen varias publicaciones sobre la percepción del peligro por parte de la comunidad. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha llevado a cabo trabajos en este sentido, un ejemplo es la "Guía de trabajo para la elaboración de los mapas de riesgos comunales", publicada en el sitio web: *http://www.eird.org/fulltext/Educacion/gu%eda-mapas-riesgo.pdf*. En la figura 2.1 se presenta la portada de la guía.



Figura 2.1 Portada de la "Guía de trabajo para la elaboración de los mapas de riesgo comunales" (EIRD)

2.2.2 Elaboración de atlas de riesgo por parte de autoridades de protección civil

Es importante señalar que la elaboración de un atlas de riesgo tiene un sustento jurídico en las leyes federales y estatales de protección civil, las cuales definen la atribución y competencia de las instancias que deben desarrollarlos y mantenerlos actualizados. Sin embargo, no en todos los municipios del país existe una normatividad correspondiente. De acuerdo con un diagnóstico realizado por los autores, casi el 80 % de los estados del país cuentan con un atlas de riesgo, sin embargo, a nivel municipal sólo el 2 % cuenta con un diagnóstico sobre peligro (Zepeda, 2003).

En este sentido, resulta indispensable que las autoridades locales participen en las tareas de ubicación de zonas de peligro, por ejemplo ubicar geográficamente áreas de atención emergencias y/o se han realizado acciones de reconstrucción, que conlleven a la localización de los lugares con mayor frecuencia de eventos e incidencia de daños.

La Secretaría de Gobernación ha llevado a cabo esfuerzos por integrar documentos diversos para la elaboración de atlas de riesgo, tales como la "Guía técnica para la preparación de mapas de ubicación geográfica de riesgos" (1994) y la "Guía cartográfica para el levantamiento de riesgos a nivel municipal" (1998). Aunque estas guías no tienen como objetivo definir cómo realizar estudios sobre peligro, ni mencionar criterios para determinar el riesgo, sí abordan extensamente aspectos como la simbolización de infraestructura y la zonificación con base en la experiencia de las autoridades de protección civil. Es importante mencionar que la presente guía aborda aquellos aspectos que las publicaciones anteriores no contemplan.

En la figura 2.2 se muestran aquellos elementos considerados en las guías para ser incluidos en los de mapas de peligro; por una parte los agentes perturbadores y por el otro los sistemas afectables y de apoyo para la atención de emergencias.

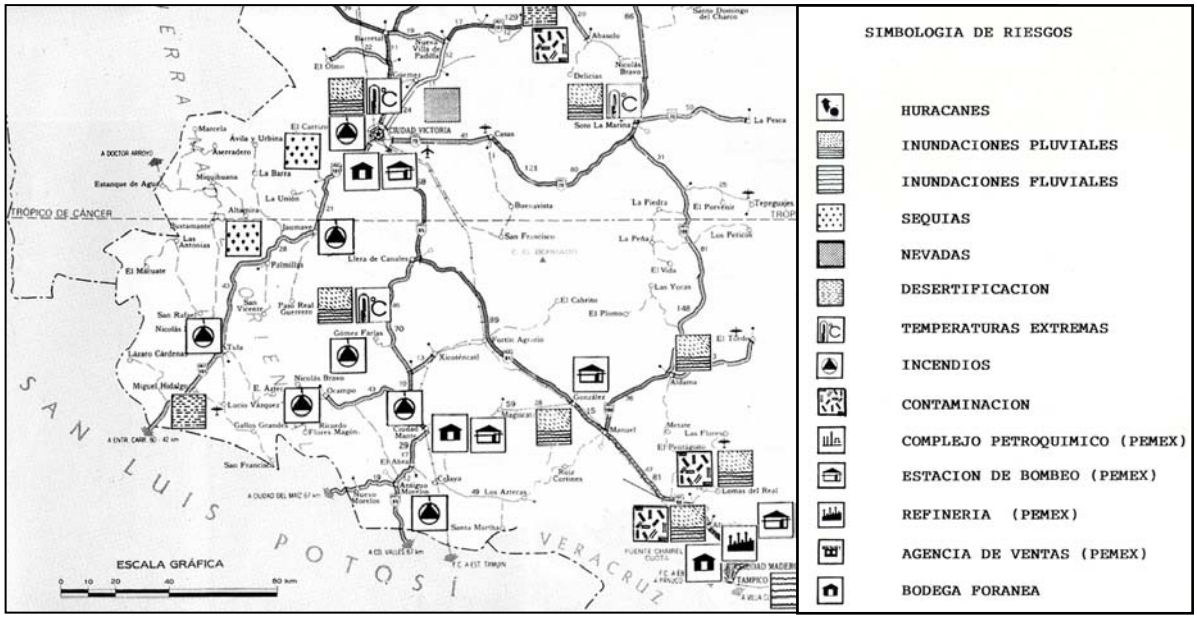


Figura 2.2 Fragmentos del mapa general de ubicación geográfica de riesgos de Tamaulipas, elaborado por la Dirección General de Protección Civil (1994)

2.2.3 Análisis de riesgo por parte de instituciones académicas y científicas

Tiene como objetivo determinar la causa-efecto de los fenómenos naturales y antropogénicos, a través de la investigación analítica y experimental de los procesos que ocurren en la tierra y en la atmósfera, elaborando o calibrando modelos físicos y matemáticos. Algunas de sus aplicaciones prácticas derivan en el ámbito de la protección civil, a través del estudio de los peligros, vulnerabilidad y riesgo.

Como parte de estas investigaciones en diversos ámbitos, se realizan estudios para determinar las intensidades y probabilidades de ocurrencia de diversos fenómenos. Muchas veces, los resultados tienen un alto nivel técnico y están dirigidos a un grupo de especialistas que trabajan sobre las mismas líneas de investigación, mientras que algunos otros han servido como apoyo para la toma de decisiones, como por ejemplo, determinar las zonas que deberán ser evacuadas, o la reubicación de vivienda.

Parte importante de este trabajo es la modelación, la cual en la mayoría de los casos requiere de software especializado, así como de equipo de cómputo con una gran capacidad de procesamiento con el cual se realizan procesos matemáticos complicados. La aplicación de estos modelos requiere especialización en su uso, y pruebas que permitan acercarse a resultados que representen la realidad. Sin embargo, productos de este tipo, montados sobre una base cartográfica adecuada, pueden generar mapas muy útiles para fines de protección civil, por ejemplo el mapa de peligros del volcán Popocatépetl. Sin embargo, como consecuencia de que los desarrollos están orientados principalmente a estudios específicos sobre el peligro o riesgo, muchas veces no pueden ser integrados en sistemas de información geográfica, sin embargo, con un proceso de georeferenciación (ubicación espacial), fácilmente pueden relacionarse con otro tipo de información como por ejemplo, vías de comunicación, localidades, etc.

En la figura 2.3 se presentan dos ejemplos de desarrollos propios del CENAPRED, un simulador de escenarios de dispersión de ceniza volcánica del Popocatépetl y un programa que determina el riesgo sísmico en el Distrito Federal. Sin embargo, los resultados de estos programas no necesariamente pueden ser utilizados *a priori*, ya que se requiere de conocimientos especializados para interpretar y valorar los resultados.

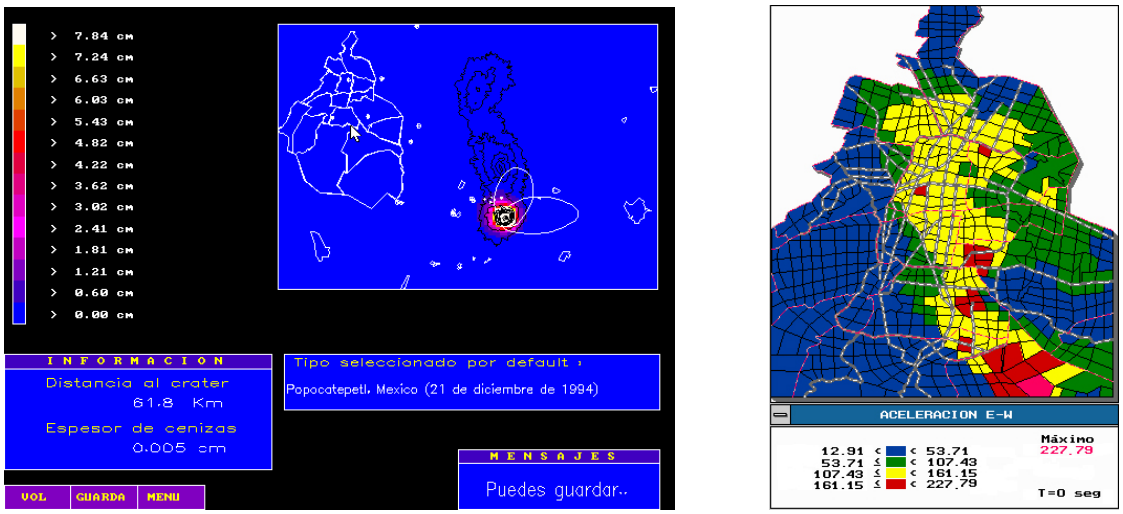


Figura 2.3 Aplicaciones que involucran la modelación de fenómenos

2.3 CARTOGRAFÍA DE RIESGO

2.3.1 Mapas de amenazas y recursos

Esta información generalmente se circunscribe a localidades urbanas y la base cartográfica es un mapa que representa la traza urbana (localización y nombre de calles, avenidas, manzanas, colonias y tipo de infraestructura). Estos mapas se pueden elaborar a partir de dos fuentes: la primera, sobre mapas que tienen fines recreativos y de turismo, en los cuales se presenta la zonificación de regiones donde habitualmente se atienden emergencias, la segunda, emplea una base cartográfica formal y se destaca la presencia o ausencia de un fenómeno (amenaza), sin considerar la frecuencia e intensidad.

Aunque este tipo de planos generalmente no cuentan con características que permitan determinar su escala, proyección y simbología, sirven de apoyo para contar con una base cartográfica mínima. Su dimensión generalmente varía desde tamaño carta hasta planos de diferentes medidas. Por ejemplo, en la figura 2.4 se presenta un mapa donde se muestran áreas susceptibles a inundaciones y la distribución de infraestructura, como escuelas, parques e iglesias.

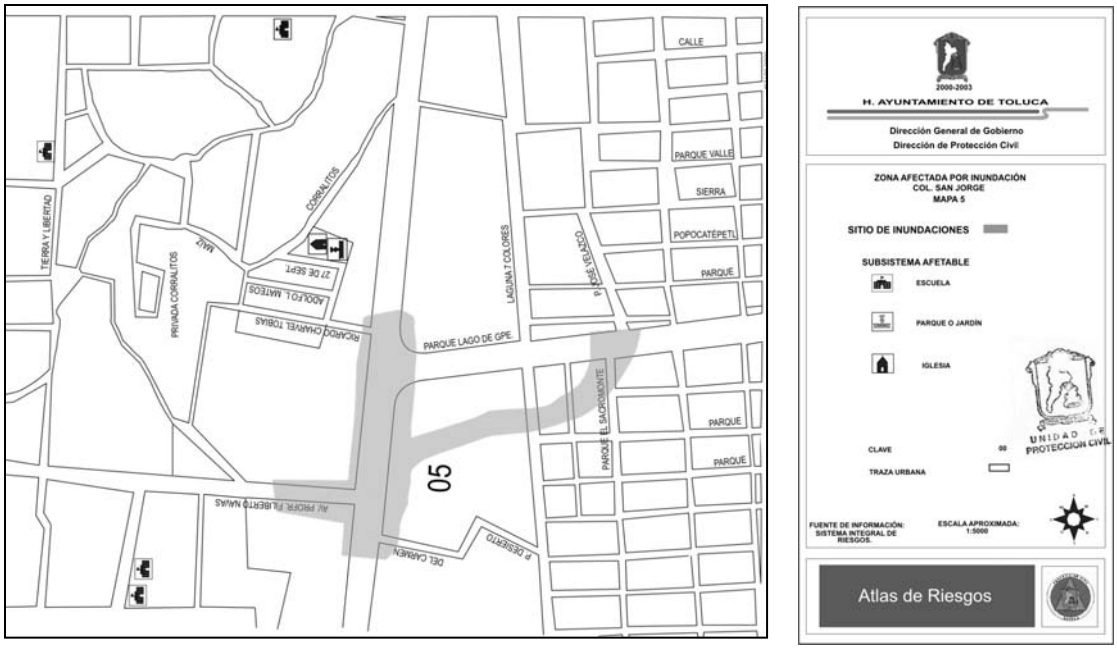


Figura 2.4 Fragmento de un mapa de amenaza por inundación para el municipio de Toluca

2.3.2 Mapas de peligro

Son mapas que representan la distribución de los fenómenos perturbadores de origen natural o antropogénico, basados en datos probabilísticos y/o estadísticos que conducen a la determinación de un nivel cuantitativo de la intensidad de algún fenómeno perturbador que existe en un lugar determinado. Los estudios pueden realizarse a distintas escalas y se basan principalmente en información obtenida del monitoreo, trabajo en campo, experimentación y su posterior análisis y modelación. Centros de investigación y diversas instituciones han elaborado mapas de peligro a nivel nacional, generalmente a escalas menores. En la figura 2.5 se presenta el ejemplo de un mapa de zonificación de velocidades de viento, que es de utilidad para que los ingenieros civiles tengan criterios para considerar las fuerzas que producen los vientos en el diseño de edificaciones.

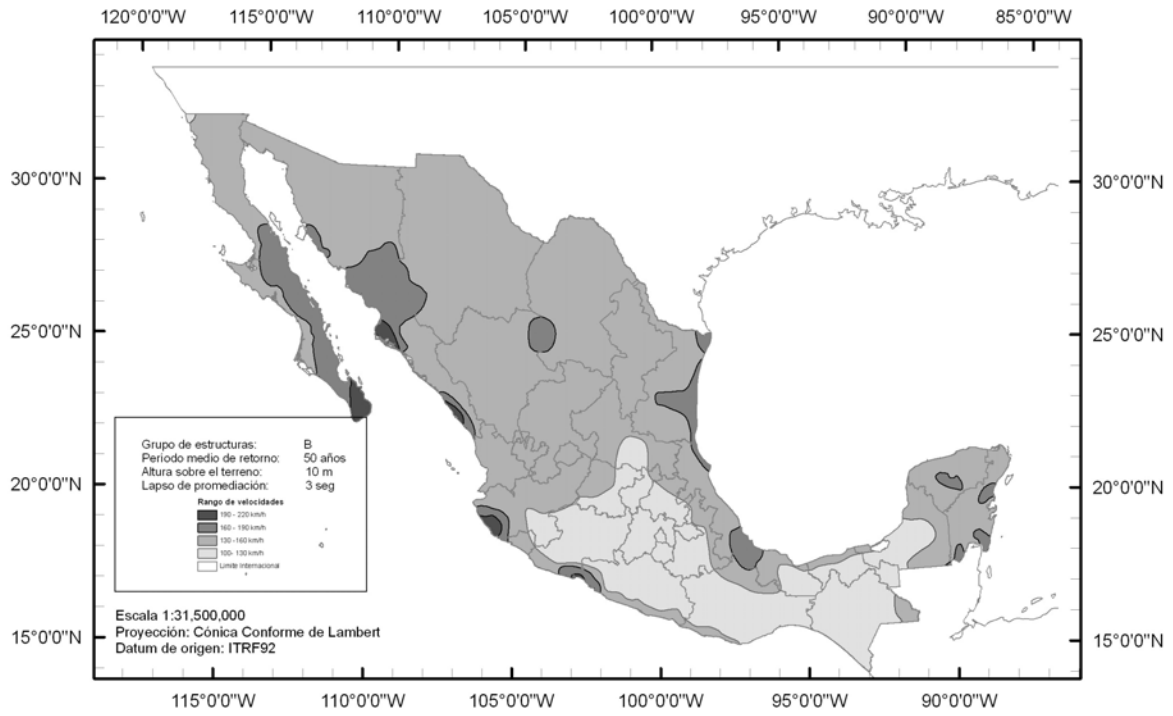


Figura 2.5 Zonificación de velocidades de viento máximas (Comisión Federal de Electricidad)

La representación de un peligro a través de un mapa asocia su distribución espacial (ubicación territorial y extensión) con su probabilidad de ocurrencia en un tiempo determinado (periodo de retorno). Estos mapas representan la intensidad del fenómeno de estudio mediante una clasificación asociada a una escala de colores, relacionándola con una base cartográfica, que puede ser una carta topográfica, la división estatal o municipal de la zona o elementos de infraestructura como vías de comunicación o presas.

En los últimos años el CENAPRED se ha avocado a desarrollar metodologías para evaluar peligros asociados a diferentes fenómenos perturbadores, generando mapas de peligros naturales y antropogénicos para integrarlos y publicarlos en el portal del Atlas Nacional de Riesgo: www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx. Este compendio de información podrá ser utilizado como insumo básico para la elaboración de atlas estatales y municipales de riesgo.

2.3.3 Mapas de riesgo

Es conveniente aclarar el uso dado al término riesgo. De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española, significa "aquel evento que implica la proximidad de un daño, desgracia o contratiempo que puede afectar la vida de los hombres". Este significado tiene diferentes connotaciones y se aplica a temas tan diversos como la economía, el medio ambiente, la seguridad pública, entre otros. De ahí que su significado se ha extendido a la mayoría de las actividades humanas, por lo que no es de extrañar que, entre la mayoría de la gente prevalezca cierta confusión en denominar al peligro como riesgo y viceversa.

Para fines de protección civil el riesgo de desastres está claramente definido, entre otros por las Naciones Unidas, y en el capítulo I de este libro, que lo caracteriza como "el grado de pérdida

previsto en un sistema determinado, debido a un fenómeno natural definido y en función tanto del peligro como de la vulnerabilidad".

De acuerdo con la definición anterior, mapas de riesgo son aquellos que representan gráficamente en una base cartográfica, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, su periodo de retorno e intensidad, así como la manera en que impacta en los sistemas afectables, principalmente caracterizados por la actividad humana (población, vivienda, infraestructura y agricultura).

Bajo este concepto es más adecuado hablar sobre escenarios de riesgo, los cuales son la serie de mapas que representan los niveles de pérdidas del sistema expuesto, al cambiar las variables que determinan al peligro y la vulnerabilidad. Por ejemplo, se puede generar una serie de mapas de riesgo para una inundación modificando el periodo de retorno de la lluvia y su intensidad, y manteniendo como sistema expuesto la vivienda. Otro tipo de mapas se obtendrían al mantener constante el peligro y variar la vulnerabilidad de la vivienda. Para la generación de éstos se utilizan sistemas de información y herramientas informáticas, las cuales se describen en la parte final de este capítulo.

Un ejemplo de un mapa de riesgo se presenta en la figura 2.6, donde se elaboró un índice de riesgo por incendios forestales para la población. En la imagen se muestra cómo se fue elaborando a partir de la simplificación de datos sobre peligro, vulnerabilidad y sistema expuesto. Este mapa es resultado de un análisis específico ya que las variables y condiciones existentes en su elaboración no son las mismas que pudieran existir actualmente.

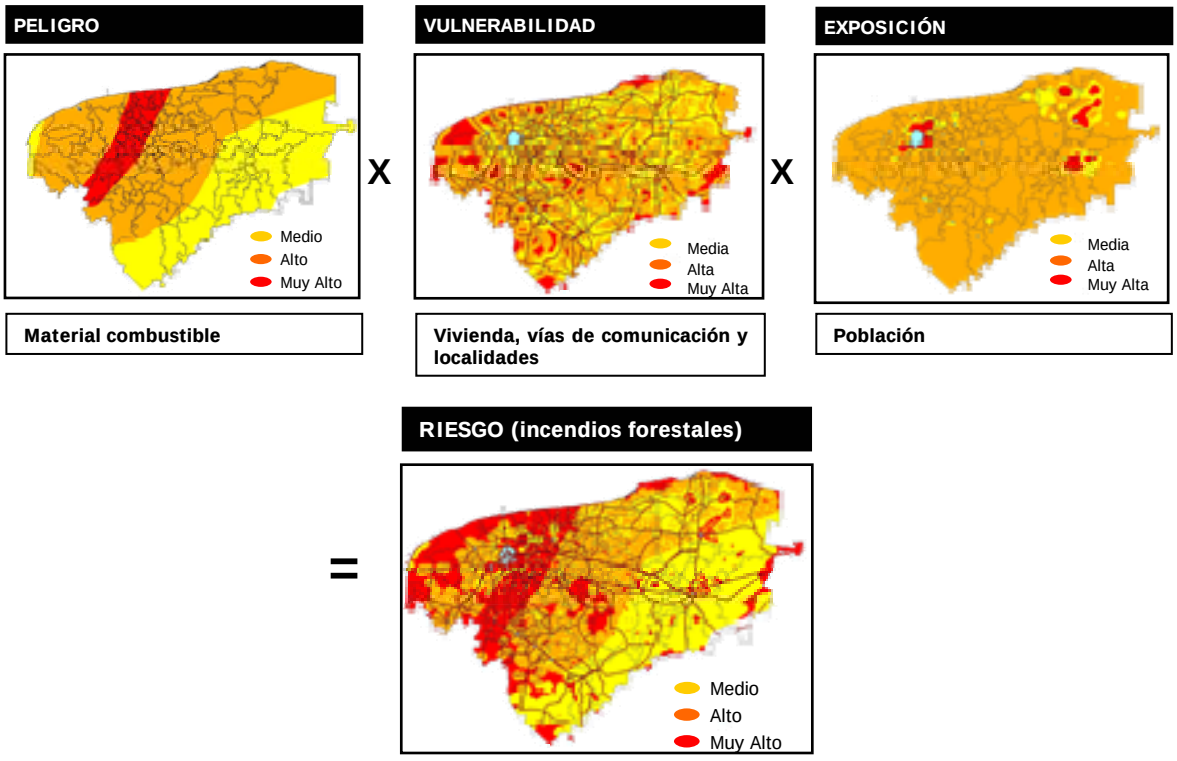


Figura 2.6 Mapa de riesgo por incendios forestales para la población de Yucatán (Zepeda 2003)

Es importante mencionar que para la elaboración de mapas de riesgo, se deberá contar con información confiable y con un alto nivel de desagregación, esto debido a la complejidad de simular la interacción entre las amenazas, el sistema expuesto y la vulnerabilidad física y social. Se pueden lograr aproximaciones con mapas de índices de riesgo, donde sin llegar a cuantificar el costo esperado como consecuencia de un fenómeno se puede determinar, a través de un modelo, la probabilidad de pérdida, mediante simplificaciones que requieren de validación y calibración previas. Estos modelos son desarrollados por instituciones de investigación, sin embargo, el ajuste de los mismos se deberá hacer tras evaluar los daños y pérdidas ocasionados por un fenómeno y compararlos con los resultados obtenidos de escenarios previos. Derivado de esto, los modelos serán mejorados y representarán mejor la realidad.

2.3.4 ¿Para qué sirven los atlas de riesgo?

Finalmente, es importante hacer algunas consideraciones sobre el uso que se les debe dar a los atlas de riesgo. Esta herramienta no solamente tiene competencia en el ámbito de la protección civil, también puede ser utilizada en otros aspectos, como el desarrollo regional y la seguridad pública. También se pueden mencionar algunas aplicaciones específicas como:

- Adecuación de los planes de desarrollo urbano mediante la incorporación de información sobre peligro
- Diseño de los programas de reordenamiento territorial con una visión de riesgo
- Apoyo a los planes de seguridad pública a través de los programas de protección civil

Como resultado del impacto de diversos fenómenos en el territorio nacional, se ha impulsado la elaboración y desarrollo de atlas estatales y municipales de riesgo a través de leyes y reglamentos de protección civil y de mecanismos de financiamiento como el Fondo de Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), ya que a través de la integración de información sobre riesgo, se puede contar con herramientas, que entre otras cosas, permitirán reubicar a la población que está en zonas de peligro y reducir la vulnerabilidad de la infraestructura, por ejemplo de la vivienda, mediante medidas estructurales y no estructurales.

En la figura 2.7 se presenta un diagrama sobre los tipos de atlas, su nivel de elaboración y los objetivos que persiguen con la presente guía.

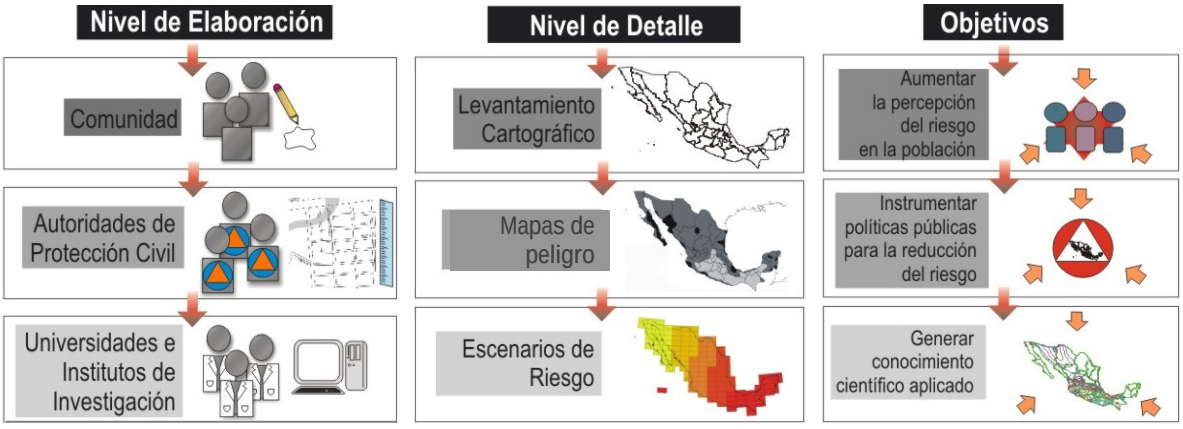


Figura 2.7 Niveles y objetivo de los atlas de riesgos

2.4 DATOS GEOGRÁFICOS Y ESTADÍSTICOS

Los datos geoestadísticos son aquellos referentes a la información geográfica y estadística que constituyen, junto con la integración cartográfica, insumos indispensables para el desarrollo y actualización de los atlas de riesgos.

Para la obtención de estos datos se mencionan las fuentes oficiales a nivel federal a las que se deberá acudir para contar con apoyo o asesoría. También existen organismos, secretarías de gobierno, comités, universidades e institutos quienes generan información geoestadística a nivel regional. Se sugiere identificar y contactar a estas instituciones con el fin de incorporarlas a un comité que establezca los criterios para la colaboración en materia de intercambio de información. Entre las instituciones que deberán participar se encuentran las comisiones estatales de agua, los organismos encargados del catastro, seguridad pública, entre otras.

En este capítulo se hace referencia al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), ya que es el organismo que por ley coordina las medidas tendientes a garantizar la integración de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de Información Geográfica, bajo normas, principios y procedimientos que logren dar unidad, congruencia y uniformidad a los procesos de captación, procesamiento y presentación de la información estadística y geográfica (PRONADIG 2003). El portal del INEGI (www.inegi.gob.mx/) ha puesto a disposición del público en general información geográfica y estadística, que puede descargarse de forma gratuita. Otra manera para obtener información es, recurrir a los Comités Técnicos Regionales, que son los instrumentos mediante los cuales los estados establecen un programa de trabajo y pueden recibir información y apoyo técnico por parte del Instituto.

En la elaboración de un atlas de riesgo se hará referencia a las fuentes básicas y especializadas de información, no existe un formato único que pueda ser utilizado de base, se recomienda que esté integrado en un sistema de información con bases de datos o tablas asociadas, que faciliten la realización de consultas.

2.4.1 ¿Cómo obtener datos geoestadísticos?

Parte indispensable para la elaboración de un atlas de riesgo, es contar con información de diferentes ámbitos, temas, escalas, etc., y sobre todo, considerar diversos procesos consistentes en la gestión, administración y difusión de la misma.

En la figura 2.8 se presenta un diagrama de flujo donde se muestran los procedimientos para la obtención de datos geoestadísticos y cartográficos. Es importante considerar que de acuerdo a una estimación de los autores, alrededor del 60 % del tiempo y recursos invertidos para la elaboración de un atlas se destina a la adquisición e integración de información, por lo que se deberá tener en cuenta que ésta tiene un costo que puede ser elevado y que requiere de infraestructura computacional y humana para su análisis y difusión.

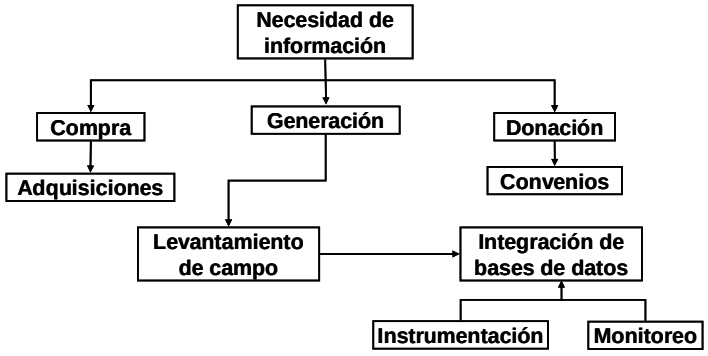


Figura 2.8 Diagrama de flujo para la obtención de información

2.4.2 Aspectos históricos

Se debe contar con un breve resumen histórico que mencione el año en que se constituyó el estado o municipio. De la misma forma se describirán los desastres más importantes que hayan impactado en la región.

Tabla 2.1 Aspectos históricos

Contenido	Observaciones	Fuentes de información
Resumen histórico	Es importante tener un marco histórico de referencia que nos permita conocer el año de conformación del municipio, además de contar con información relacionada con el impacto de fenómenos perturbadores, como podrían ser el año de ocurrencia, el número de muertos y heridos y los daños económicos	Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED) www.inafed.gob.mx Cronistas oficiales. Bibliotecas y hemerotecas locales

2.4.3 Aspectos geoestadísticos básicos

En la tabla 2.2 se presentan los aspectos mínimos en materia de información geográfica y estadística que debe contener un atlas de riesgo. Se enumeran temas, contenidos y las fuentes más conocidas a nivel nacional, principalmente la institución rectora en el tema (INEGI), sin embargo es importante señalar que la información estadística generada por instituciones regionales puede no coincidir con la del INEGI. Queda a criterio de los responsables de la elaboración del atlas las fuentes a considerar, siempre y cuando éstas cumplan con los estándares utilizados para este fin. Gran parte de esta información puede ser consultada en la página de internet del INEGI, en su sección de estadística.

Tabla 2.2 Aspectos geoestadísticos

Tema	Contenido	Fuentes de Información
Aspectos generales geográficos	Coordenadas geográficas extremas (latitud norte, longitud oeste), altitud media, colindancias principales número de localidades, clima, aspectos fisiográficos, uso de suelo y vegetación, hidrografía, geología y otros	Cuadernos estadísticos municipales y delegacionales. Resultados de los censos y conteos generales de población y vivienda. Sistema municipal de bases de datos (SIMBAD). Marco geoestadístico municipal. **INEGI (www.inegi.gob.mx).** Información específica regional.
Aspectos generales socio-estadísticos	Población y vivienda, proyecciones demográficas, índices de marginación, pobreza, salud, educación y otros	Cuadernos estadísticos municipales y delegacionales. Resultados de los censos y conteos generales de población y vivienda. Sistema municipal de bases de datos (SIMBAD). **INEGI (www.inegi.gob.mx).** Consejo Nacional de Población (www.conapo.gob.mx/). Instituto Nacional de Salud Pública (www.insp.mx). Secretaría de Educación (www.sep.gob.mx). Información específica regional.
Aspectos generales económicos	Unidades de producción, agricultura, ganadería, industria, finanzas públicas	Resultados de los censos económicos. Cuadernos estadísticos municipales y delegacionales. Sistema municipal de bases de datos (SIMBAD). **INEGI (www.inegi.gob.mx).** Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (www.sagarpa.gob.mx) Información específica regional.
Infraestructura de comunicación	Carreteras, autopistas, vías de ferrocarril, aeropuertos, puertos	Cuadernos estadísticos municipales y delegacionales. **INEGI (www.inegi.gob.mx).** Centros estatales SCT. Instituto Mexicano del Transporte (www.imt.mx). Información específica regional.

2.4.4 Formas de representar la Tierra

Para su estudio, la Tierra puede ser representada por medio de una esfera o globo terrestre, cartas geográficas y mapas. Actualmente se ha logrado, a través de programas computacionales, visualizar la tierra en tercera dimensión, logrando ver el relieve y otros rasgos como ciudades, ríos y lagos, con gran realismo. A continuación se describen algunas de estas representaciones.

Globos: Son una representación esférica de cómo se vería la Tierra desde el espacio exterior, mostrando los mares y continentes. Los globos terráqueos han sido elaborados desde tiempos históricos y tienen un carácter didáctico.

Mapa: Es la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, proyectada en un plano, elaborado mediante datos y elementos cartográficos.

Carta: Es la representación a diferentes niveles de detalle de los diversos rasgos geográficos. En la actualidad las cartas tienden a ser electrónicas, ya que ofrecen mayor versatilidad. Su mayor desventaja se debe a su naturaleza plana: una carta siempre contiene deformaciones, por lo que es importante seleccionar una proyección adecuada.

Plano: Representación de una parte pequeña de la superficie terrestre, que por ser de pequeñas dimensiones (menor a 25 km²), no requiere de la utilización de sistemas cartográficos.

2.4.5 Sistemas de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir, a partir de un punto denominado origen, la posición de cualquier punto en el espacio y establecer su relación con otros puntos. Para definir un sistema coordenado será indispensable establecer el sistema de referencia, el cual es el conjunto de ejes, puntos o planos que convergen en el origen y a partir de los cuales se calculan las coordenadas.

Existe una gran cantidad de sistemas de coordenadas, algunos de los más comunes son:

- Sistema de coordenadas cartesianas
- Sistema de coordenadas polares
- Sistema de coordenadas cilíndricas
- Sistema de coordenadas esféricas
- Coordenadas geográficas
- Coordenadas Universales Transversas de Mercator (UTM)

Para fines prácticos en el intercambio de información interinstitucional, las coordenadas de mayor uso son las geográficas y las referidas a la proyección UTM, ambas se describirán más adelante. Se recomienda que los atlas estatales y municipales de riesgo utilicen cualquiera de los dos sistemas, esto permitirá que la información pueda ser utilizada en otros ámbitos y sea fácilmente incorporada al Atlas Nacional de Riesgos.

2.4.5.1 Sistema de Coordenadas Geográficas

Las coordenadas geográficas están referidas a un sistema esférico, el cual está constituido por dos círculos máximos principales, los cuales dividen la Tierra en partes iguales. El primero denominado *ecuador*, que corre de este a oeste y es equidistante a los polos, y el segundo que va del

polo norte al polo sur, llamado *Meridiano de Greenwich* (meridiano de origen), tal como se presenta en la figura 2.9.a.

El sistema de coordenadas geográficas permite la localización de puntos sobre la tierra y está definido por los paralelos que son un grupo de líneas circulares, paralelas al ecuador y cóncavas al polo, y los meridianos; que son círculos máximos que convergen en los polos. De esta forma la ubicación de un punto se obtiene definiendo su distancia al norte o sur del ecuador (0º), y al este u oeste del meridiano de origen (0º).

Las coordenadas geográficas emplean como unidad de medida el *grado*, o sea una medida angular. Cada círculo completo está dividido en 360 grados, cada grado en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. Los símbolos que representan estas unidades son: grados (º), minutos (’) y segundos (”).

La *latitud* de un lugar es la medida de arco del meridiano, que va desde el ecuador al punto considerado. Los paralelos de latitud están enumerados de 0 a 90 grados, tanto al norte (N) como al sur (S) del ecuador, por lo que al mencionarlos es necesario indicar su sentido norte o sur.

La *longitud* de un lugar, es la medida del arco del ecuador entre el meridiano del lugar y el meridiano de origen. Los meridianos de longitud se enumeran de 0 a 180 grados al este (E) u oeste (O) del meridiano origen, por lo que se deberá indicar su dirección este u oeste.

Por ejemplo, la ciudad de Pachuca se encuentra localizada en la latitud 20º 07’ 21” norte (veinte grados, siete minutos, veintiún segundos), longitud 98º 44’ 10” oeste (noventa y ocho grados, cuarenta y cuatro minutos, diez segundos). En la figura 2.9.b. se presenta su ubicación mediante coordenadas geográficas.

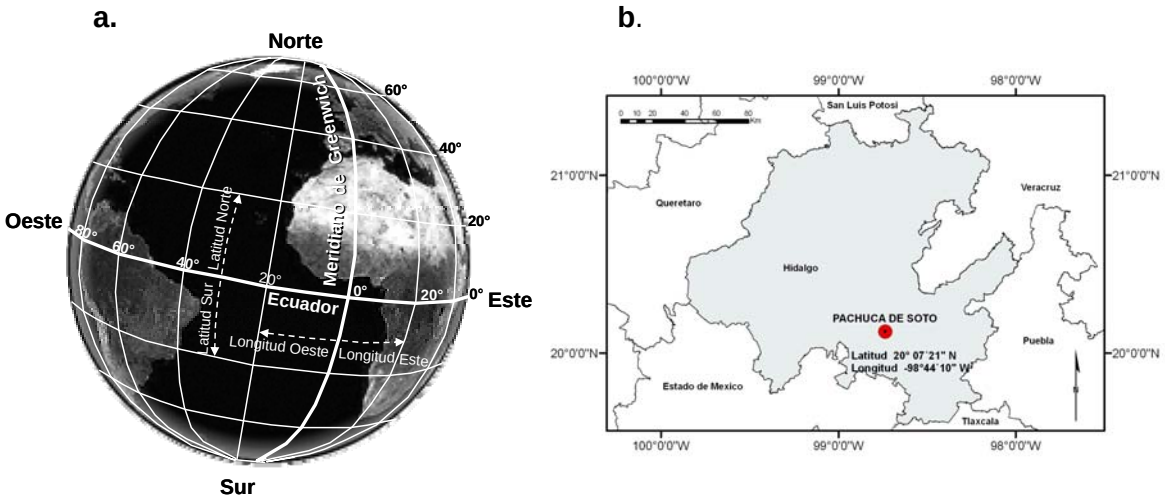


Figura 2.9 a. Sistema de coordenadas geográficas, b. Localización de la ciudad de Pachuca

Las coordenadas extremas que enmarcan el territorio mexicano, según INEGI, se muestran en la figura 2.10. La localización geográfica de cualquier estado o municipio deberá estar comprendida en el siguiente contexto geográfico:

- Norte: 32° 43′ 06′′ latitud norte, en el Monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América.
- Sur: 14° 32′ 27′′ latitud norte, en la desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala.
- Este: 86° 42′ 36′′ longitud oeste, en el extremo sureste de la Isla Mujeres.
- Oeste: 118° 27′ 24′′ longitud oeste, en la Roca Elefante de la Isla de Guadalupe

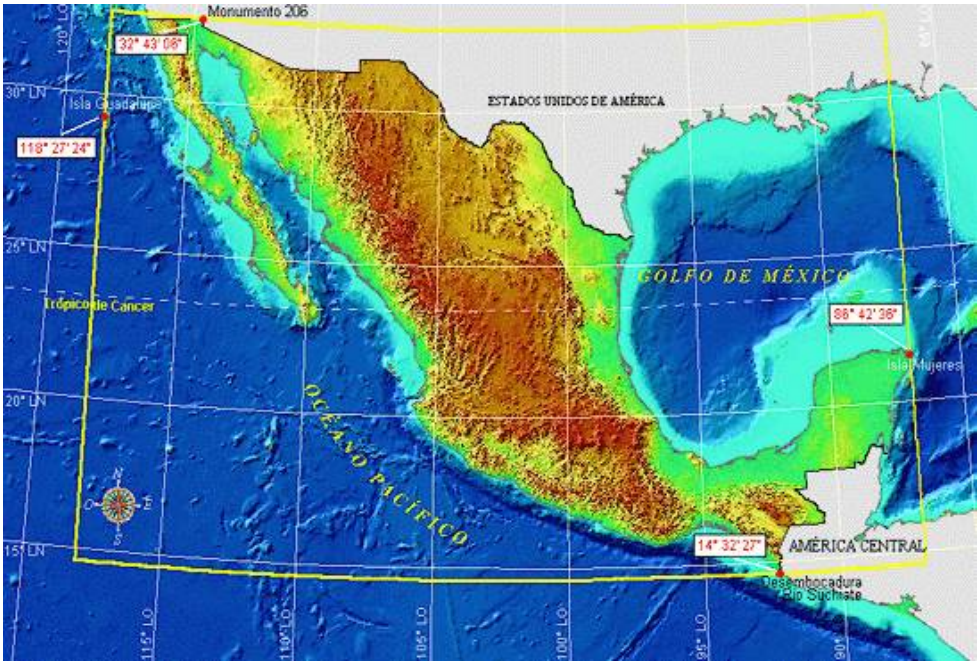


Figura 2.10 Coordenadas extremas del territorio nacional

2.4.6 Proyecciones cartográficas utilizadas en México

Por definición, la *Cartografía* trata sobre la elaboración de mapas e incluye dentro de sus procesos de elaboración, el levantamiento de información de campo, su análisis e interpretación para su impresión. El objetivo de esta ciencia-arte es la de representar a través de medios gráficos una extensa área sobre la superficie terrestre (mayor a 25 km²). Como se sabe, la superficie de la Tierra tiene una forma elipsoidal por lo que es necesario aplicar transformaciones para lograr trasladarla al plano, lo que significa hacer una simplificación de la realidad para plasmarla en dos dimensiones.

Se denomina *proyección* al método de representar la superficie de la Tierra en un plano, ya que por su forma, contiene desplazamientos y deformaciones. La elaboración de proyecciones incorpora cálculos geométricos complejos, basados en la proyección de las sombras de meridianos y paralelos de la esfera terrestre sobre una superficie, la cual puede convertirse a una forma plana, conociendo sus deformaciones. En México se utilizan de manera oficial, dos proyecciones: la cónica y la cilíndrica, que se describen a continuación:

a. *Proyección Cónica Conforme de Lambert*. Originada en 1772 por Johann Heinrich Lambert. Resulta de proyectar la superficie terrestre sobre un cono, cuyo vértice coincide con la línea del eje de rotación de la Tierra, se utiliza para elaborar cartas en escalas 1:1’000,000 o más pequeñas. En la figura 2.11.a se muestra cómo en esta proyección los

meridianos convergen hacia los polos separados entre sí por distancias iguales y los paralelos son semiarcos concéntricos a igual distancia entre ellos. En este tipo de proyección el área y la forma se distorsionan al alejarse de los paralelos estándar. Es utilizada para mapas de Norteamérica. En el caso de México, se utiliza para representar todo el territorio nacional, o regiones que comprendan varios estados.

b. *Proyección Universal Transversa de Mercator UTM*. Desarrollada también por Lambert en 1772, sufrió modificaciones por Gauss (1822) y Kruger (1912) quienes la definieron como se conoce en la actualidad. En ella se hace una proyección de la Tierra sobre un cilindro tangente a los meridianos, como se muestra en la figura 2.11.b. No sólo se emplea para representaciones cartográficas, sino también para el sistema de coordenadas UTM. Una de sus ventajas es que las distancias se expresan en metros, en vez de medidas angulares cuya dimensión lineal puede variar, y además conserva los ángulos y no distorsiona las superficies. Es ampliamente utilizada en México para la elaboración de cartas a escalas 1:250,000, 1:50,000 y mayores.

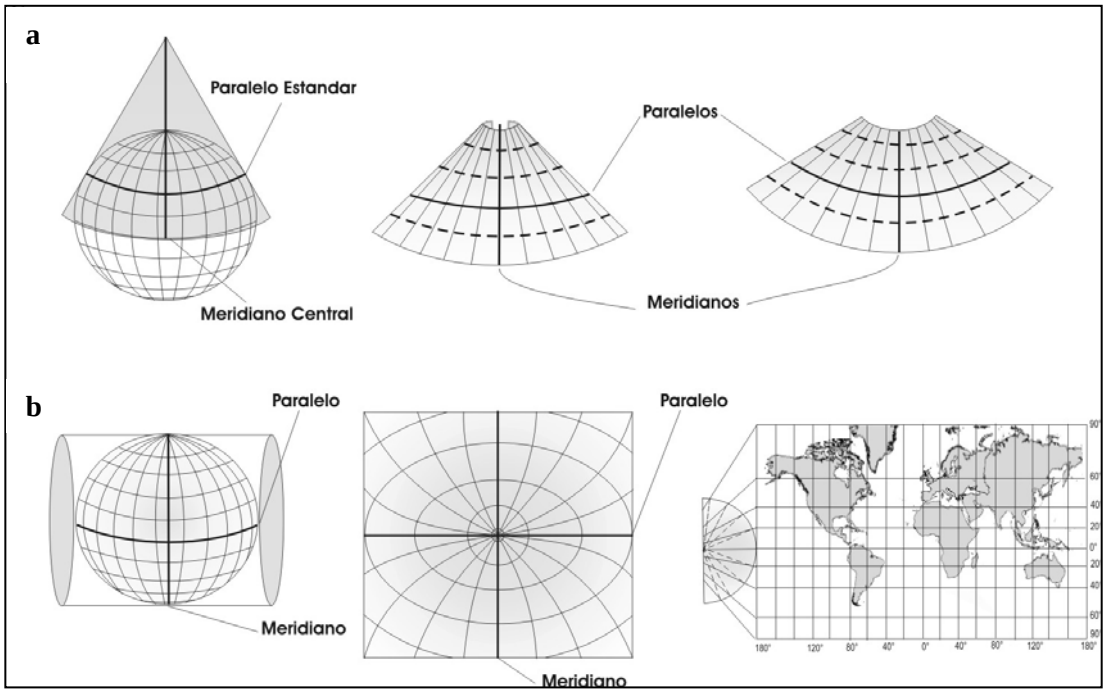


Figura 2.11 Ilustración gráfica para las proyecciones a) Cónica Conforme a Lambert, b) Universal Transversa de Mercator

2.4.7 Sistema de referencia oficial para México (INEGI)

La Geodesia es la ciencia que estudia y define la dimensión y forma de la Tierra, la que recibe el nombre de geoide en términos científicos. De manera imaginaria podríamos considerar al geoide como la superficie que tendría la Tierra si el mar estuviera en calma total y prolongándola imaginariamente por debajo de los continentes. El geoide se genera por la superficie equipotencial del campo de gravedad, es decir, la superficie donde el valor potencial de la gravedad es constante, este valor se relaciona con el nivel medio del mar en reposo, como se muestra en la figura 2.12.

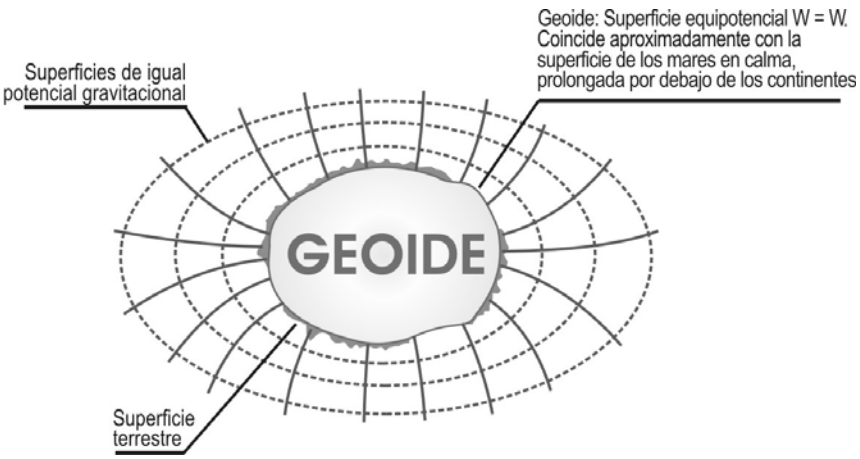


Figura 2.12 Representación del Geoide (http://recursos.gabrielortiz.com/)

2.4.7.1 Sistema geodésico de referencia (INEGI)

Los sistemas de referencia geodésicos definen la forma y dimensión de la Tierra, así como el origen y orientación de los sistemas de coordenadas. Los sistemas de referencia geodésicos pueden ser descritos con base en dos modelos matemáticos: el esférico y el elipsoidal, los cuales son obtenidos a través de parámetros físicos medidos sobre la superficie terrestre.

Los sistemas globales de coordenadas nos permiten definir posiciones sobre la superficie de la Tierra. El más usado es el que se define por medio de la latitud, longitud y la referencia de altura al nivel medio del mar.

Según la normas que define el INEGI para el Sistema Geodésico Nacional, se adopta el conceptualizado por la Asociación Internacional de Geodesia a través del Sistema Geodésico de Referencia (GRS 80), y éste deberá estar referido al Marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) definido por el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 2000, con datos de la época 2004.0 denominado ITRF 00 época 2004.0 asociado al GRS 80, el cual es el Marco de Referencia oficial para México.

Para la elaboración de atlas de riesgos, será importante conocer los sistemas de referencia. Se pueden establecer dos casos, el primero es determinarlo a través de la documentación de la cartografía que deberá elaborar el proveedor, y el segundo es que ante la ausencia de documentación sobre el sistema de referencia, se aceptará que puedan existir errores e imprecisiones en la localización de rasgos geográficos.

2.4.7.2 Sistema de alturas y datum vertical (INEGI)

En lo que respecta a las alturas, todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico vertical, deberá estar referido a un nivel de referencia definido por el Datum Vertical Norteamericano de 1988 (NAV88), debiéndose expresar sus valores en metros.

2.4.7.3 Sistema de coordenadas horizontales y proyección cartográfica (INEGI)

Las coordenadas "x" (Oeste) y "y" (Norte) para puntos y líneas están expresadas de acuerdo con la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) en las escalas 1:50,000 y 1:250,000.

Para las escalas 1:1’000,000 y 1:4’000,000, las coordenadas se expresan a través de la proyección Cónica Conforme de Lambert con paralelos base 17º30’ y 20º30’ y considerado el falso origen con coordenadas de 2’500,000 m en “x” y 0 m en “y”.

La UTM es una proyección cilíndrica que genera 60 zonas sucesivas para cubrir la totalidad del globo terrestre. Cada zona es de 6 grados de longitud por 80 grados de latitud al norte y al sur. La numeración de las zonas ocurre del 1 al 60 a partir del meridiano 180 hacia el este, en particular a México le corresponden las zonas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, incluida la zona económica exclusiva.

Por convención, cada una de las zonas se divide en fajas transversales de 4 grados de latitud, a México le corresponden las fajas D, E, F, G, H e I, como se muestra en la figura 2.13. Para establecer una referencia podemos considerar que un grado equivale aproximadamente a 110 km.

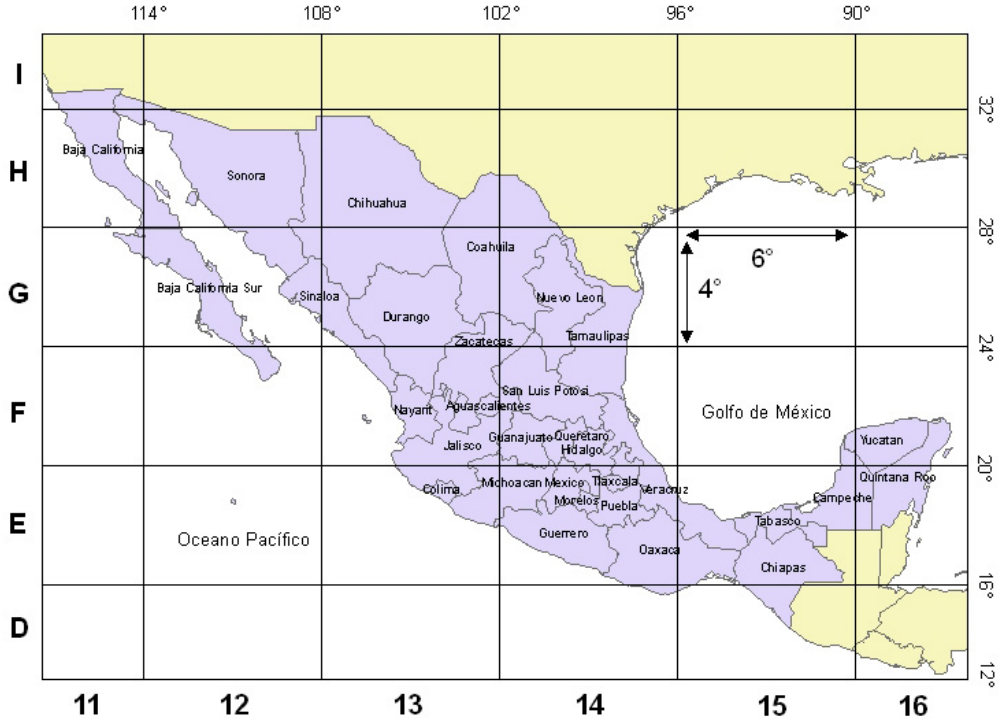


Figura 2.13 Zonas y fajas de la proyección UTM para México

2.4.8 Escala

Un mapa es una representación proporcional de una zona y sus rasgos característicos que se encuentran sobre la superficie terrestre. Esa proporción que existe entre la representación gráfica de un mapa con respecto a la superficie terrestre real se denomina *escala*. La escala determina el nivel de detalle, el tamaño y en cierta medida el costo de un atlas de riesgo. Su correcta elección es determinante para representar con éxito la información deseada.

En los mapas aparecen números que señalan el valor de la escala utilizada en su representación, por ejemplo: si al pie de un mapa se lee escala 1:1,000, quiere decir que tiene una reducción a la milésima parte de la superficie reproducida, es decir, que un centímetro de longitud

en el mapa representa 10 metros de longitud verdadera. La escala en los mapas puede ser representada mediante dos formas:

- *Como una representación gráfica*: Es una línea de cierto grosor dividida en partes proporcionales donde cada división en el mapa representa unidades de distancia en el terreno (p.e. metros o kilómetros). En la figura 2.14 se presenta un ejemplo de la representación gráfica para una escala 1:50,000.



Figura 2.14 Ejemplo de la representación gráfica de una escala

- *Mediante una fracción*: Representada por una fracción, en la cual las distancias medidas directamente en el mapa multiplicadas por el denominador de la escala, representan las distancias reales sobre el terreno, expresadas en las mismas unidades de medida. El numerador de la fracción es siempre la unidad, mientras mayor es el denominador, menor será la escala del mapa. En la figura 2.15 se presenta un ejemplo donde la escala de representación sería 1:1’000,000, se puede mencionar como escala uno a un millón, o escala un millón. En este caso el mapa representa una reducción de 1’000,000 veces, por lo que cada centímetro debe corresponder a diez kilómetros en la realidad.

$$\text{Escala Representada (E)} = \frac{1}{\text{1'000,000}} \left(\frac{\text{numerador}}{\text{denominador}} \right) \text{ o también } E = \text{1'000,000}$$

Figura 2.15 Ejemplo de una escala representada mediante una fracción

Abriendo un paréntesis podríamos mencionar que los geógrafos usan una forma fraccional para distinguir los mapas a grandes escalas de los mapas a escalas menores. Para identificar con facilidad cuando se habla de una escala podemos definir que los mapas con un denominador pequeño son los de una escala mayor, y los mapas de escalas menores son aquellos que tienen un denominador muy grande. Por ejemplo 1/20,000 es notablemente más grande que una escala a 1/250,000, mientras que una escala 1/1’000,000 es por mucho, más pequeña. Casi toda la literatura sobre el tema establece que los mapas con escalas de 1:20,000 o mayores se denominan “escalas grandes”, y los mapas con escalas de 1:500,000 o menores se determinan como de “escalas pequeñas”, con una denominación de “escala intermedia” para aquellos que se encuentran entre ambos valores.

En un mapa construido a gran escala es posible incluir numerosos rasgos físicos y de origen humano, pero al disminuir la escala, se tienen que llevar a cabo generalizaciones que inciden en el tipo de cartografía que se quiere representar. Al entender el uso de la escala, se facilita conocer la distancia que separa un punto del otro y calcular el tiempo de recorrido. En la tabla 2.3 se presentan las escalas comerciales que se utilizan en México. Es importante mencionar que el costo de las mismas está relacionado con su nivel de representación, ya que para una misma área no es lo mismo cubrirla con una carta 250,000 que con cinco cartas a una escala 50,000.

Tabla 2.3 Descripción de las escalas de cartografía usadas en México

Escala de la tabla	Nombre de la carta	1 cm corresponde a	1 cm² en la carta corresponde a	1 km real corresponde a	Dist. mínima real observable
1:1,000	mil	10 m	0.0001km ² = 0.01 ha	100 cm	0.25 m
1:5,000	5 mil	50 m	0.0025 km² = 0.25 ha	20 cm	1.25 m
1:20,000	20 mil	200 m	0.0400 km² = 4.00 ha	5 cm	5 m
1:50,000	50 mil	500 m	0.25 km² = 25 ha	2 cm	12.5 m
1:200,000	200 mil	2 km	4 km² = 400 ha	5 mm	50 m
1:250,000	250 mil	2.5 km	6.25 km² = 625 ha	4 mm	62.5 m
1:1,000,000	millón	10 km	100 km² = 10, 000 ha	1 mm	250 m

Para la elaboración de atlas de riesgos se proponen dos escalas principales: para zonas urbanas (ciudades y áreas metropolitanas) 1:5,000 o mayor, y para una representación a nivel estatal, una escala menor de 1:20,000. Como parte de los parámetros que se deben de considerar para definir la escala, se encuentra la extensión territorial de la entidad federativa, la existencia de información temática y los sistemas con los que se integrará la misma.

Es importante aclarar que la cartografía base que se utiliza tiene una escala de origen, y que esta escala puede ser diferente a la de su impresión. En la actualidad con el manejo de los SIG se puede incrementar o disminuir la escala de visualización fácilmente y llevar a cabo análisis entre información de escalas diferentes. Es importante tener presente la escala de elaboración, que es la que determina, la precisión de los rasgos que se intentan representar.

2.4.9 Simbología

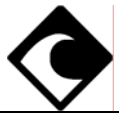
En México el INEGI ha elaborado cierta representación gráfica de elementos físicos y de infraestructura mediante su simbolización e incorporación a las cartas topográficas y temáticas. Parte de los criterios y descripción de la simbología puede ser consultada en el documento "Catálogo de símbolos y sus especificaciones para las cartas topográficas", el cual está disponible a través de su página de internet www.inegi.gob.mx.

Sin embargo, no existe un criterio único para lograr una representación de los peligros y del riesgo, ya que esto depende de la escala, de las metodologías y de los autores. Derivado de una recopilación de diversas fuentes, se presentan tres criterios para el uso de la simbología. Se sugiere que quien elabore el atlas las pueda considerar en el desarrollo del proyecto. En un futuro y como consecuencia de los trabajos que se vienen desarrollando a diferentes niveles se tendrá una norma que homogenice los criterios existentes, con el fin de contar con una misma representación gráfica del peligro, vulnerabilidad y riesgo.

1. La primera fuente es la "Guía técnica para la implementación del plan municipal de contingencias" (1998) elaborada por la Secretaría de Gobernación (SEGOB),
2. La segunda es la "Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad, identificación y zonificación" (2004) elaborada por el Servicio Geológico Mexicano y la Secretaría de Desarrollo Social, la cual establece por medio de un diccionario de datos geográficos la simbología para la zonificación e identificación puntual de los fenómenos, principalmente orientada a la representación por medio de SIG.
3. El estándar utilizado en los Estados Unidos y desarrollado por un grupo de trabajo del Departamento de Seguridad Interior, en conjunto con el Comité Federal de Datos Geográficos. Esta simbología contempla eventos naturales, infraestructura, incidentes, etc, y puede ser descargada directamente en la página web: http://www.fgdc.gov/HSWG/.

En la tabla 2.4 se presenta un resumen y algunos ejemplos de las fuentes y la simbología descrita en cada una de ellas.

Tabla 2.4 Fuentes de simbología para atlas de riesgo

Institución	Fuente	Ejemplos	Observaciones
SEGOB	Guía técnica para la implementación del plan municipal de contingencias	Lluvia  Tsunami 	Contiene la iconografía la cual se puede colocar dentro de la cartografía de manera puntual, con el fin de lograr una representación de los fenómenos perturbadores.
SGM/SEDESOL	Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad, identificación y zonificación	Sismos  Tsunamis 	Diccionario de datos donde se describen cualidades para puntos, líneas y polígonos, tales como el color, grosor y achurado con el fin de representar la zonificación de diferentes fenómenos
FGDC / USA	Comité Federal de Datos Geográficos / Grupo de trabajo para la seguridad interna	Lluvia  Tsunami 	Simbología de fenómenos naturales, infraestructura, etc. Se logra a través de un grupo de fuentes que se instalan en el sistema operativo

2.4.10 Cartografía

A continuación se presentan las recomendaciones en la adquisición de cartografía básica, topográfica y temática, para su integración en un atlas, así como los nombres de los productos y las instituciones o empresas que los producen. En la figura 2.16 se presenta, un esquema de los tipos de cartografía existentes en el mercado y sus escalas.

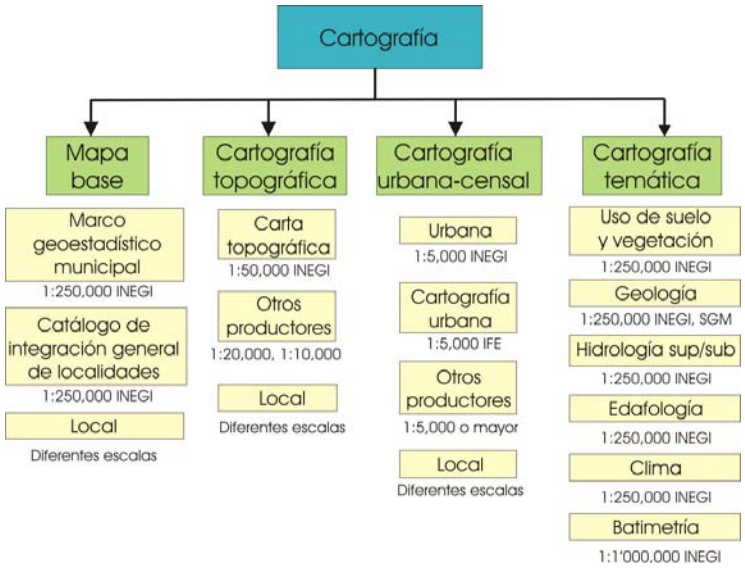


Figura 2.16 Tipos de cartografía, escalas e instituciones productoras

Para la integración de información sobre riesgo, es necesario resaltar que se deberá contar con cartografía catastral donde se localicen predios y viviendas.

Inicialmente los trabajos de un atlas de riesgo deberán contemplar la adquisición o actualización de la cartografía base, que es donde se agregará la información sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo. Posteriormente de la integración cartográfica se deberán aplicar diversas metodologías mediante el uso de herramientas tecnológicas.

Como recomendación se puede mencionar que la adquisición de cartografía no deberá ser la principal inversión en la elaboración de un atlas. Se sugiere que no genere un gasto mayor al veinte por ciento del costo del proyecto, o en su caso pueda ser adquirida por donaciones o convenios interinstitucionales. Otro aspecto a resaltar es tratar de obtener documentación sobre la cartografía (metadatos), con lo cual se podrá referir su escala, sistema de referencia horizontal y vertical, así como otros datos importantes para el adecuado manejo de la información.

2.4.10.1 Mapa base (INEGI)

Para contar con un mapa base se puede recurrir al marco geoestadístico nacional (MGN) generado por el INEGI para fines censales principalmente. Cabe mencionar que este producto no define los límites oficiales entre estados y municipios. En caso de que el estado no cuente con una base cartográfica elaborada por sus dependencias, se podrá recurrir a este producto, con el fin de contar con una división territorial y de colindancias. En un atlas de riesgo se deberá presentar la ubicación del municipio dentro su estado, así como la de éste en el contexto nacional. El marco geoestadístico municipal (MGM) está compuesto por los marcos geoestadísticos estatales, municipales y por las áreas geoestadísticas básicas rurales y urbanas (AGEBS).

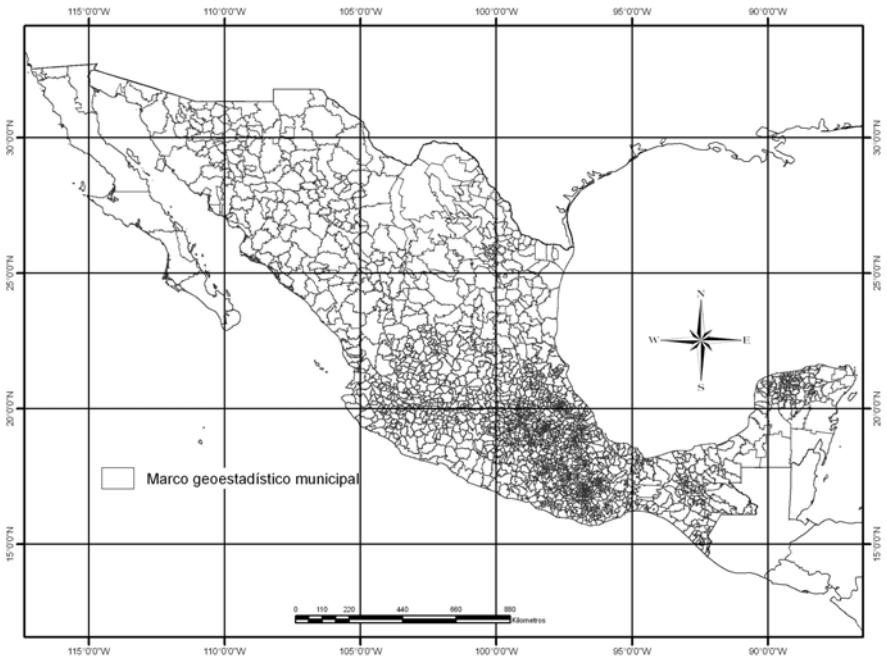


Figura 2.17 Marco Geoestadístico de la República Mexicana (MGM 2005), INEGI

El MGM está disponible en disco compacto. Contiene archivos digitales con información vectorial y alfanumérica que representa las áreas geoestadísticas municipales y estatales del país.

2.4.10.2 Catálogo de integración general de localidades

Elaborado por el INEGI con información de los censos de población y vivienda, el catálogo de integración general de localidades (CIGEL), representa el número total de localidades existentes en el país. Este producto sirve para ubicar geográficamente las localidades, además es útil para elaborar análisis espaciales sobre población y vivienda, y a su vez derivar estudios que puedan asociarse a la vulnerabilidad física y social,

Según el INEGI, se define a la localidad como todo lugar ocupado por una o más edificaciones utilizadas como viviendas, las cuales pueden estar habitadas o no. Este lugar es reconocido por un nombre dado por la ley o la costumbre. En la figura 2.18 se presenta de manera puntual la ubicación de todas las localidades del país.

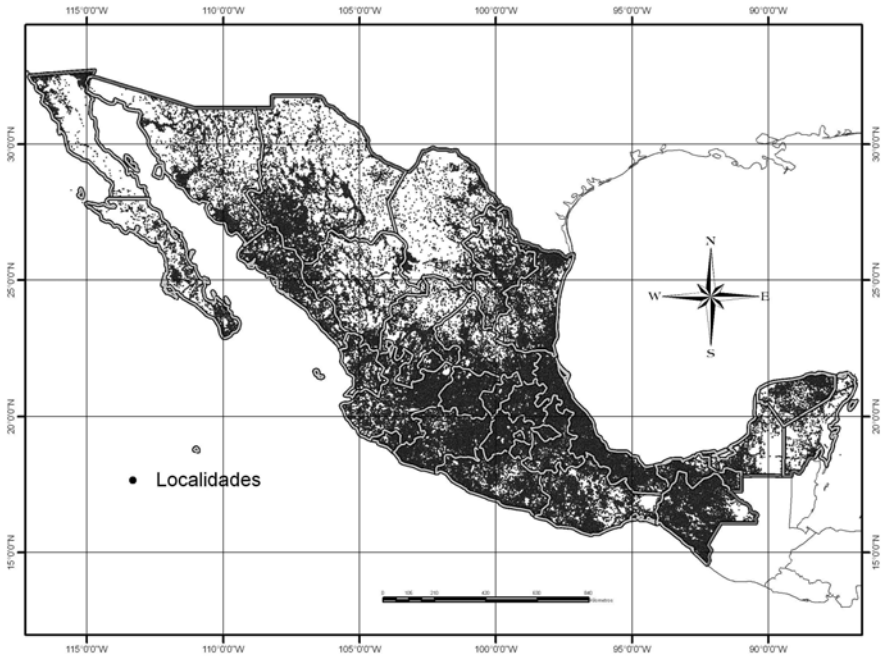


Figura 2.18 Integración territorial de México (CIGEL 2000), INEGI

2.4.11 La representación del terreno

El relieve es la diferencia de nivel entre los distintos puntos de la superficie terrestre. La representación del relieve en los mapas se logra mediante la utilización de distintos métodos. Uno de ellos es el de las *curvas de nivel* que van uniendo los puntos situados a igual altura. Otro es por medio de modelos digitales del terreno (MDT), o de elevación (MDE) que son imágenes compuestas por arreglos numéricos que permiten conocer la altura asociada a una longitud y latitud específicas.

Se puede recurrir a varios métodos para obtener una representación del terreno, el más utilizado es el que resulta de la aplicación de técnicas fotogramétricas, esto es, derivado de la interpretación de pares estereoscopios obtenidos por fotografía aérea. De éstos se sigue el contorno del terreno y se van obteniendo áreas de iguales alturas mediante líneas que las delimitan.

Otras formas de obtener MDE de alta resolución y precisión pueden ser a través del uso de radar de apertura sintética, de imágenes satelitales o por medio de tecnología LIDAR (*light detection and ranking*) la cual mediante pulsaciones láser que reflejan al terreno determina con gran precisión la conformación de la superficie terrestre.

En la figura 2.19 se presentan cuatro ejemplos de la representación del terreno para el estado de Oaxaca, el primero mediante curvas de nivel, el segundo a través de un modelo digital de elevación, en tercer lugar se presenta el sombreado del modelo digital y por último una vista tridimensional del Estado.

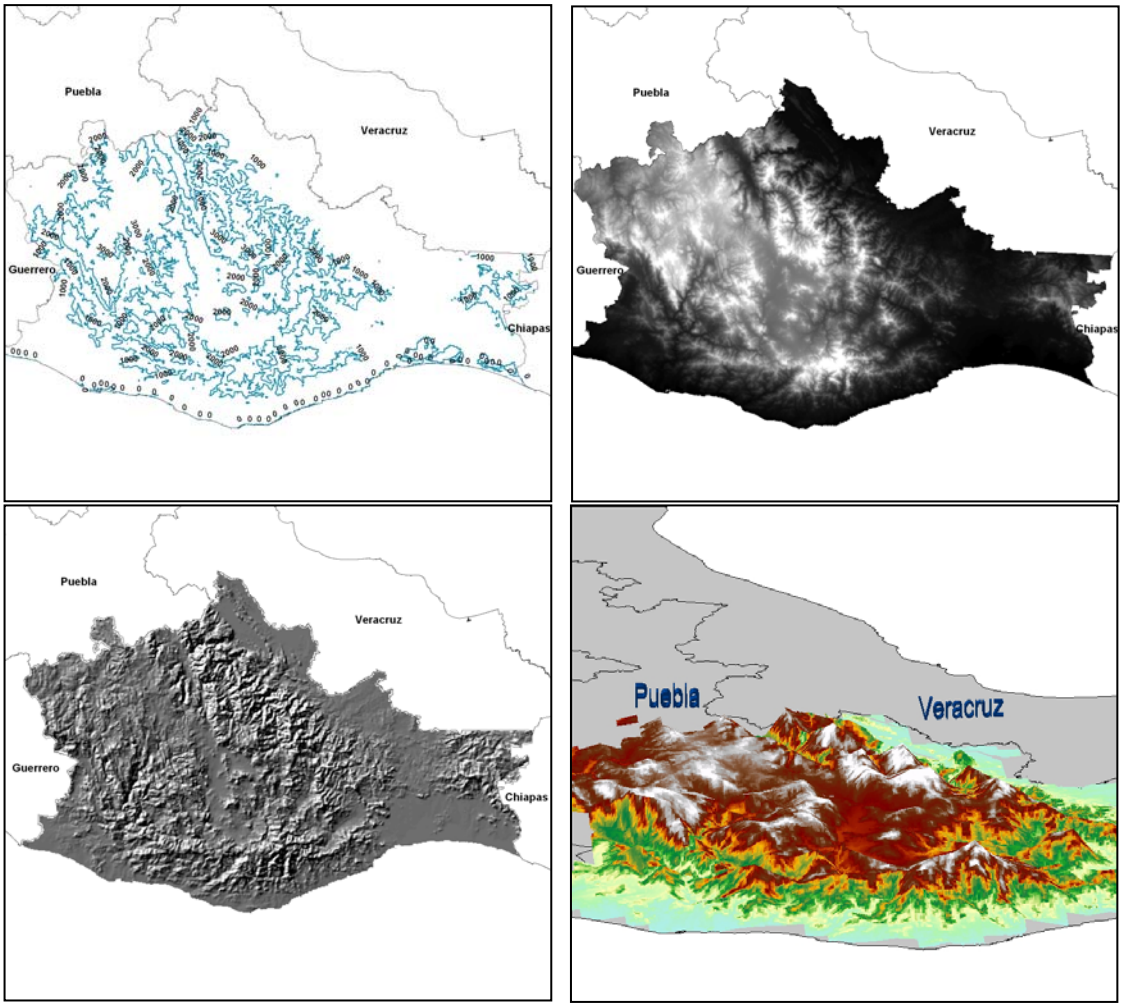


Figura 2.19 Altimetría del estado de Oaxaca, modelo digital del terreno, sombreado del modelo, y vista tridimensional

Conociendo la conformación del terreno, se pueden obtener datos como: la altura de una localidad con respecto al nivel medio del mar, la delimitación de una cuenca, las pendientes medias y máximas de un área y su orientación, redes de flujo entre otras características. Posteriormente, con estos insumos se puede realizar análisis espacial mediante un SIG que permita modelar inundaciones, deslizamiento de laderas, flujos de lahares, medir hundimientos, entre otro tipo de estudios sobre peligros.

Para el desarrollo de un atlas de riesgo, forzosamente se deberá tener como insumo básico un MDE, que especifique su resolución horizontal y precisión vertical, así como la tecnología con el cuál fue generado, ya que sin estos datos los estudios de peligro estarán incompletos.

2.5 ASPECTOS TECNOLÓGICOS

La elaboración de un atlas de riesgos es una tarea compleja. Llevar el estudio de riesgo a un nivel muy detallado implica varios procesos, entre los que se encuentran: integrar múltiples y complejas fuentes de información, contar con gran capacidad de almacenamiento y procesamiento, generar mecanismos que garanticen su seguridad, difundir los resultados al público en general y tomar decisiones de manera oportuna. Cada uno de estos procesos requiere del uso de tecnologías muy específicas. Podemos mencionar que aunque las nuevas tecnologías han tenido un gran avance en los últimos años, también el acceso a las mismas se ha facilitado, logrando consolidar su uso en los trabajos realizados por las autoridades y personal de protección civil.

En esta parte del capítulo se abordarán algunos aspectos tecnológicos que son utilizados en los estudios sobre peligro, vulnerabilidad y riesgo. Estas herramientas se relacionan principalmente con las tecnologías de la información, y en específico con los sistemas de información geográfica (SIG), la percepción remota (PR), los sistemas de geoposicionamiento global (GPS) y con el desarrollo de aplicaciones específicas para la generación de escenarios de riesgo.

Es importante mencionar que el simple uso de estas herramientas no tendrá como resultado un atlas de riesgo, ya que éstas sólo facilitan la integración y generación de información. Sin embargo, los especialistas cada vez requieren que los estudios e investigaciones puedan llevarse a cabo en menos tiempo y con mayor precisión. Es por esta causa que las herramientas tecnológicas deberán ser consideradas indispensables para la elaboración de atlas de riesgo.

A través de estas herramientas se pueden conocer aspectos tales como: la ubicación de viviendas asociándoles el año y material de construcción, el área de una cuenca y los ríos que la cruzan, el tipo de vegetación y suelo de una zona, y el área de influencia ante una eventual fuga de material tóxico.

A continuación se presentará una breve descripción de algunas tecnologías y su uso en estudios de peligro y diagnóstico de riesgo. Es importante mencionar que cada una de éstas requerirá en un futuro de una metodología específica, sin embargo, se decidió presentar sus principales características y aportaciones a la protección civil.

2.5.1 Los sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica se han constituido durante los últimos diez años en una de las más importantes herramientas en la producción y el manejo de información para investigadores, analistas y planificadores. En el caso del análisis de riesgo no ha sido la excepción, ya que para llevar a cabo estudios e investigaciones donde interactúen rasgos geográficos con aspectos sociales y donde los sistemas expuestos puedan cuantificarse, se requiere de tecnologías que por un lado tengan una gran capacidad para el manejo y consulta de información y por el otro puedan realizar de manera sencilla operaciones matemáticas y estadísticas.

Un sistema de información geográfica es un grupo de herramientas poderoso para integrar, almacenar, ordenar, recuperar, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un propósito particular (Burrough, 1986).

Los SIG tienen aplicaciones en diversos campos como: la organización y análisis de tendencias electorales, la caracterización y cuidado del medio ambiente y la biodiversidad, la supervisión de programas gubernamentales de apoyo al campo, el seguimiento de enfermedades infecciosas y la administración de la infraestructura de salud, la planeación de programas educativos, etc. A continuación se presentan los componentes principales de un SIG.

2.5.1.1 Programas o software (soporte lógico)

Existe una gran cantidad de sistemas comerciales en el mercado e incluso también algunos no comerciales (IDRISI, GRASS, gvSIG) que pueden ser englobados en dos grandes familias en función de la forma en que modelan el espacio: los sistemas vectoriales (puntos, líneas y polígonos) y los sistemas ráster (imágenes). Cada vez son más las empresas desarrolladoras de software que incluyen en el mismo producto soluciones de ambos tipos. En materia de riesgo se sugiere que los sistemas manejen las dos soluciones, ya que para el estudio de peligro, se emplean frecuentemente elementos ráster, mientras que para el análisis de vulnerabilidad y finalmente de riesgo, este se asocia a elementos vectoriales.

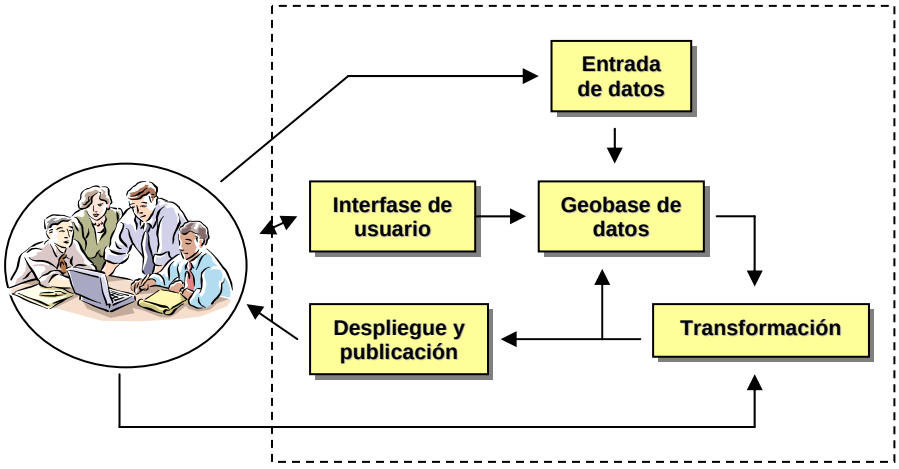


Figura 2.20 Componentes principales del software (Bocardo et al, 2006; adaptado de Burrough)

2.5.1.2 Equipo o hardware (soporte físico)

Las computadoras personales (PC's) son la plataforma más utilizada por su fácil accesibilidad y costo, sin embargo, para llevar a cabo análisis de peligros y generación de escenarios de riesgos es importante considerar una mayor capacidad de procesamiento, por lo que se sugiere complementar las PC's con estaciones de trabajo con un mejor desempeño para procesos y análisis complejos. Además, es necesario disponer de determinados periféricos para la captura de la información geográfica (tableta digitalizadora o scaner), para la impresión de los resultados finales (plotter o impresora), así como para el respaldo y almacenamiento de grandes volúmenes de información (grabadores de DVD y discos duros externos).

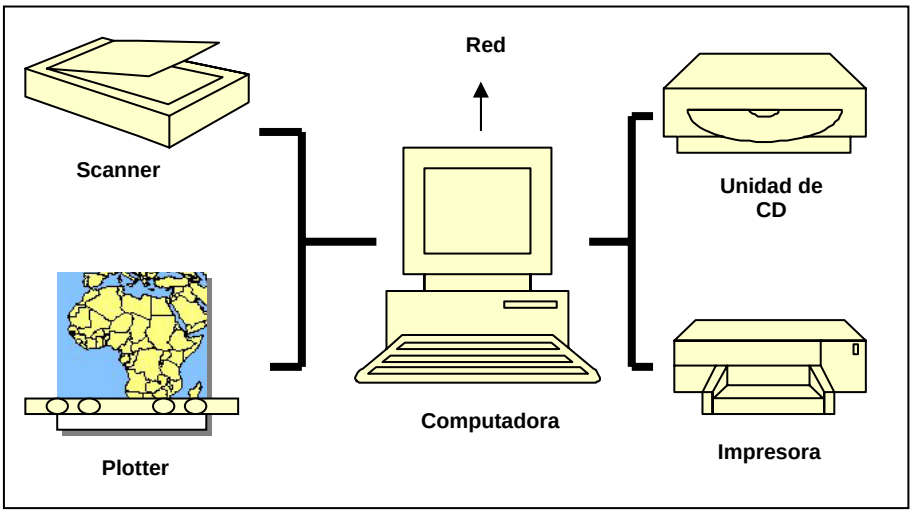


Figura 2.21 Componentes principales de hardware (Bocardo et al, 2006; adaptado de Burrough)

2.5.1.3 Datos

Los datos en un SIG se componen de información digitalizada que puede ser plasmada a través de mapas y son su componente más básico. Cabe mencionar que el alcance y calidad de un atlas de riesgo estará en función de la disposición y precisión de los datos; por ejemplo, para llevar a cabo un diagnóstico de riesgo a nivel de colonia, se deberá tener información muy específica y en ocasiones inexistente, de cada una de las viviendas que la componen, lo que en términos prácticos representa un reto técnico y operativo para los responsables del proyecto. Es por esto que el tipo de datos definirá en gran medida los criterios de planeación, desarrollo e implementación de un atlas.

2.5.1.4 Personal

Contar con personal calificado en las unidades de protección civil que conozca el manejo de los SIG y tenga claro los conceptos de peligro, vulnerabilidad y riesgo constituye un aspecto importante para el éxito del desarrollo de un atlas de riesgos. Se sugiere que en caso de no contar con personal especializado, se implemente un programa de capacitación a diferentes niveles y que permita conocer desde aspectos básicos hasta desarrollos muy especializados. Estos conocimientos le darán fortaleza a la unidad para atender las diferentes etapas de la protección civil y permitirán que el atlas de riesgo pueda ser actualizado de manera constante sin depender de otras instancias.

2.5.2 El modelo espacial del riesgo

Parte indispensable de un SIG es el análisis espacial, es decir, las transformaciones, operaciones y métodos que se aplican a los datos geográficos para añadirles un valor asociado, lo cual permitirá encontrar patrones y tendencias que faciliten la toma de decisiones. Este análisis puede ejemplificarse como el proceso por el cual, sobreponiendo valores de lluvia, altitud del terreno y tipo de suelo, se podrán generar mapas de amenazas por inundaciones.

En la figura 2.22 se presenta un modelo espacial del riesgo, donde a través de la sobreposición de capas se llega a la generación de escenarios. Iniciando el análisis con información

en formatos digitales sobre aspectos físicos a una escala asociada al nivel de detalle que se requiera, posteriormente se aplican modelos programados y se generan mapas de peligros.

En cuanto a las capas de vulnerabilidad deberán tener asociados los atributos con los que se determina la susceptibilidad del sistema expuesto a sufrir daños. Esta relación es determinada por las funciones de vulnerabilidad, y mediante los SIG se obtendrá la representación de mapas de vulnerabilidad. Finalmente, con estas dos capas, la de peligro y la de vulnerabilidad se obtienen los mapas de riesgo, a través del análisis espacial. Los SIG permiten visualizar diferentes escenarios variando las condiciones de peligro y el sistema expuesto.

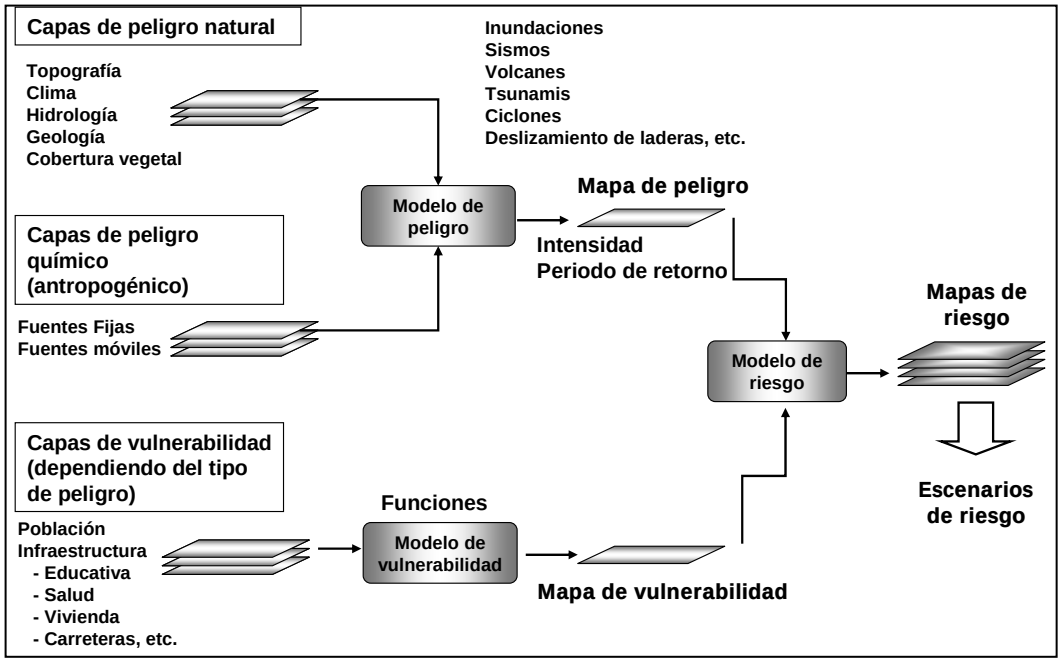


Figura 2.22 Modelo espacial del riesgo para su integración en SIG (Adaptado de Cova, 1999)

2.5.3 Percepción remota

2.5.3.1 Introducción

La percepción remota (PR) se ha vuelto una poderosa herramienta en el desarrollo de los atlas estatales y municipales además de servir como apoyo en los estudios sobre prevención y evaluación de los desastres. Esta herramienta es de gran utilidad, no solamente porque permite conocer aspectos del medio ambiente, del clima y del estado de la infraestructura, sino que se vuelve mucho más poderosa cuando a través del procesamiento de la información obtenida se generan datos que permiten, entre otras cosas, identificar la susceptibilidad de la población y de la infraestructura ante el impacto de peligros.

2.5.3.2 Concepto de percepción remota

Existen muchas definiciones sobre la percepción remota, a continuación se presentan dos fuentes:

La percepción remota es la colección de información de un objeto sin estar en contacto físico con él. Aeroplanos, aviones y satélites son las plataformas más comunes desde donde las observaciones remotas son realizadas. El término percepción remota es restrictivo a métodos que emplean energía electromagnética como medio de detección y medición de las características de un objeto (Sabins, 1978).

Es el proceso de obtención de información acerca de una superficie o escena utilizando luz visible e invisible, por medio del análisis automatizado de datos obtenidos a distancia por un sensor remoto (Lira, 1987).

2.5.3.3 Componentes básicos de la percepción remota

Para comprender qué es la PR en la figura 2.23 se muestran sus componentes básicos, los que se definen a continuación:

- **Fuente de iluminación.** Existen dos tipos de *fuentes de iluminación*; la externa y la propia, también llamados sistemas pasivos y activos respectivamente. Como ejemplos de *fuentes de iluminación* externa tenemos el sol y las estrellas, y como *fuentes de iluminación* propia podemos mencionar luz ultravioleta, infrarroja, rayos gamma, rayos X, etc.

- **Paisaje.** Son todos los objetos presentes en la superficie terrestre, tales como ríos, colinas, vegetación o rocas. El análisis del *paisaje* dentro del proceso de percepción remota es complejo ya que en él intervienen factores principalmente atmosféricos (por ejemplo la nubosidad).

- **Escena.** Sección o superficie del *paisaje* de interés que depende de las características del *sensor*, por ejemplo, la *escena* de una imagen de satélite Spot 5 tiene una cobertura de 60 km por 60.

- **Sensor remoto**. Instrumento con el que se captura la luz proveniente del reflejo de la *fuente de iluminación* en la *escena* y que permite obtener una representación visual de aquella región del paisaje que ha sido seleccionada.

- **Plataforma o satélite.** Es el lugar donde se coloca el *sensor remoto* para obtener una visión de conjunto de la *escena*.

- **Sistema de procesamiento.** Compuesto por el dispositivo para procesar cualitativa o cuantitativamente los datos proporcionados por el *sensor remoto* acerca de la *escena*.

- **Apoyo en campo.** Inspección directa, en varios puntos selectos de la *escena*, para corroborar ciertos atributos de los objetos que se encuentran en el terreno.

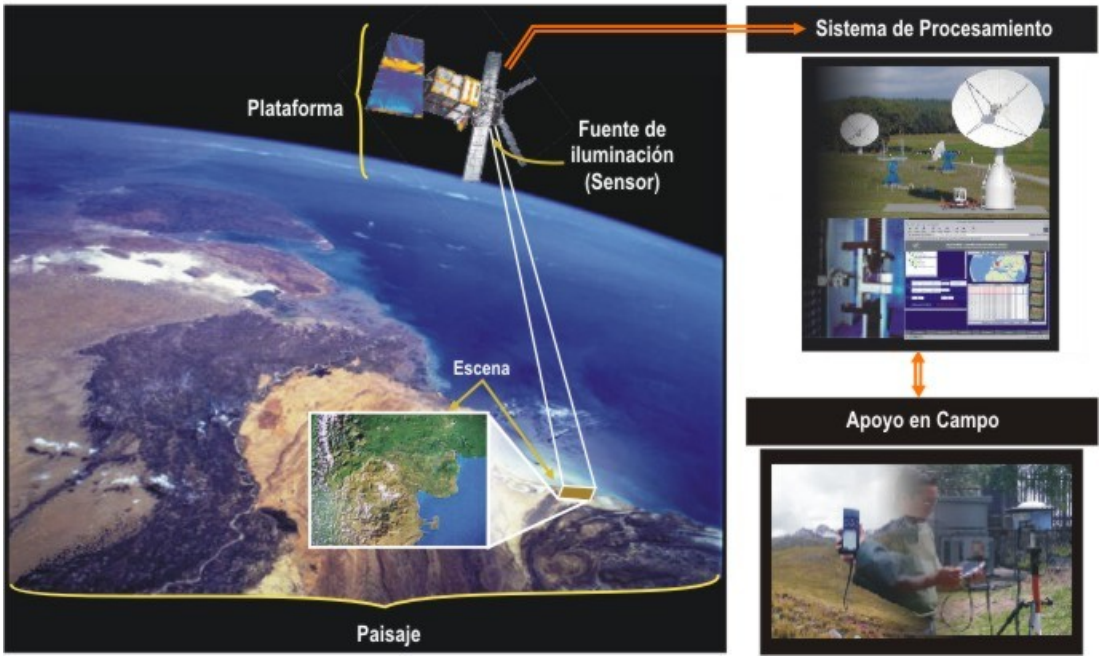


Figura 2.23 Elementos básicos de la percepción remota

2.5.3.4 Conceptos generales

Para tratar de explicar la obtención de información a través de la PR, es necesario entender diferentes conceptos o fenómenos físicos, los cuales se explican a continuación.

Dentro del proceso de la percepción remota, se define al *espectro electromagnético* como el orden de las bandas con respecto a su longitud de onda o frecuencia. Éstas van de menor a mayor y se miden por el *rango espectral*, como se presenta en la tabla 2.5.

La capacidad de una superficie de reflejar la energía incidente en la misma se denomina *reflectancia* y depende de su rugosidad. Esta *reflexión* es la que es captada por los sensores remotos. Por ejemplo, no es lo mismo la *reflectancia* de un cuerpo sólido como una formación rocosa, que la de un cuerpo de agua.

La *respuesta espectral* es la que tienen los objetos ante la incidencia de *radiaciones electromagnéticas* de distinta frecuencia y depende de factores como el ángulo de incidencia, las variaciones ambientales y la respuesta atmosférica, entre otras.

Existen tres elementos básicos de observación en la percepción remota: suelo, agua y vegetación, los cuales tienen diferentes *respuestas espectrales* mismas que están determinadas por las siguientes características específicas:

- Suelo: porcentaje de humedad y de materia orgánica, composición mineral, textura y rugosidad.
- Agua: material suspendido y vegetación superficial.
- Vegetación: pigmentación de las hojas, composición y cantidad de agua libre en el tejido vegetal.

Los intervalos de longitudes de onda del *espectro electromagnético* definidos por unidad de frecuencia se denominan *bandas*. En la tabla 2.5 se muestran algunas aplicaciones y rangos espectrales de las bandas.

La *resolución* es la información mínima que puede ser registrada por un *sensor remoto* en términos de tiempo, espacio o energía electromagnética. Depende de la capacidad de los *sensores* para distinguir variaciones de la energía electromagnética, número y ancho de bandas que alberga y del tipo de captura. Existen cuatro tipos de resoluciones:

- *Resolución espacial*. Es el tamaño de la unidad mínima de información en la imagen y define al píxel, el cual es la mínima representación gráfica en la pantalla de una computadora.
- *Resolución espectral*. Es el número y ancho de *bandas* que pueden ser registradas por un *sensor*. En términos prácticos se pueden mencionar la existencia de imágenes pancromáticas o que cuentan con una banda.
- *Resolución radiométrica*. Es la capacidad del *sensor* de poder detectar variaciones en la *radiación espectral* que recibe.
- *Resolución temporal*. Es la periodicidad con que el *sensor remoto* puede adquirir información de una misma zona geográfica.

En resumen, la obtención de información a través del proceso de PR se puede describir como la adquisición, registro y análisis de la radiación reflejada por los elementos de la superficie terrestre que integran una escena.

Tabla 2.5 Aplicaciones de las bandas para la detección de objetos en la naturaleza (SIGSA)

Rango espectral (μm)	Banda	Aplicación
0.4 – 0.5	azul (visible)	Clasificación de cuerpos de agua, delimitación de la línea de costa, tipos de bosques (pigmentación de vegetación), rasgos antropogénicos.
0.5 – 0.6	verde (visible)	Reflectancia de vegetación densa, identificación de vegetación sana (pigmentos de vegetación), rasgos antropogénicos.
0.6 – 0.7	rojo (visible)	Diferenciación entre especies de plantas (discriminación de vegetación), uso de suelo, lineamientos geológicos (estructuras geológicas), rasgos antropogénicos.
0.7 – 1.35	Infrarrojo cercano	Existencia de vegetación, contraste suelo / roca, tierra / agua, estructura celular de las plantas
1.35 – 3.00	Infrarrojo medio (reflectivo) 1.35 – 2.00	Humedad relativa de plantas, permite discriminar entre nubes, nieve y hielo.
	Infrarrojo medio (reflectivo) 2.00 – 3.00	Discriminación entre unidades de roca y deformaciones geológicas, mezclas de suelo y vegetación.
3.00 – 15.00	Infrarrojo lejano	Estado de la vegetación, contaminación térmica, actividad geotérmica y volcánica.

2.5.3.5 Apoyo de la PR en la evaluación de peligros naturales

Es importante señalar que el aprovechamiento de la información obtenida a través de PR está directamente relacionado con la capacidad y experiencia con que se cuente para su análisis. De esta forma las autoridades de protección civil que quieran hacer uso de esta herramienta para la elaboración de estudios específicos, además de tener conocimientos básicos en la materia, deberán estar al tanto de parámetros que pueden incidir en la utilidad de los datos, los cuales se describen a continuación:

a. *Escala.* Se deberán adquirir imágenes a escalas compatibles con el nivel de detalle que se requiera para el estudio.

b. *Cobertura.* Es importante definir el área de estudio, considerando que mientras más grande sea el área de influencia del evento natural estudiado, más útiles serán las imágenes.

c. *Resolución.* Es un factor a considerar ya que para algunos de los fenómenos se generan cambios espectrales en la escena; por ejemplo las inundaciones.

d. *Contraste.* Se pueden obtener contrastes fuertes o débiles según la superficie observada, lo que al intérprete le ayudará a poder detectar zonas con características definidas.

e. *Frecuencia.* En ocasiones es indispensable tener monitoreado constantemente cierta zona por lo cual la frecuencia de paso de los satélites se vuelve un factor determinante.

f. *Costo.* La adquisición de imágenes depende del presupuesto con que se cuente para el desarrollo del proyecto, este factor desafortunadamente es el que en la mayoría de las ocasiones incide directamente en el éxito del proyecto.

g. *Disponibilidad de los datos.* Existen dos tipos de acceso a los datos. El primero a través de imágenes de catálogo, las cuales tienen un costo menor, pero pueden tener algunas desventajas por ejemplo que no sean de la fecha de estudio, y la segunda es a través de la programación de las tomas, para este caso el inconveniente es el alto costo de la programación.

Puede resultar difícil obtener imágenes recientes, de alta resolución y con poca nubosidad, aspectos como su alto costo limitan el alcance o su uso para la realización de un proyecto que involucre el estudio de peligros, sin embargo, hay formas para el acceso de las mismas, por ejemplo existen imágenes LANDSAT de catálogo en internet, e inclusive instituciones en México han puesto a disposición del público en general información de algunos sensores. Por ejemplo, se puede obtener de la página de CONABIO imágenes diarias obtenidas mediante el sensor MODIS.

La constante evolución de los sensores remotos, permite el estudio específico de ciertas características físicas de nuestro entorno, a través de mejorar sus resoluciones espaciales y espectrales.

En la tabla 2.6 se presenta el uso que se le puede dar a algunos sensores, en aspectos relacionados con la prevención, el alertamiento y la atención de emergencias. Cabe mencionar que la lista no es exhaustiva ya que el lanzamiento de nuevas plataformas es algo cotidiano, además de que cada vez es más frecuente la aparición de nuevos procesos que permiten obtener datos y realizar análisis novedosos.

Tabla 2.6 Usos y productos de sensores remotos en el ámbito de los riesgos (UNISPACE, 1998)

Peligro	Etapas en la gestión del riesgo		
	Prevención	**Alertamiento**	**Emergencia**
Sismos	Características geológicas y uso de suelo[a]	Registros y mediciones geodinámicas de acumulación de energía[b]	Ubicación de la zona afectada y daños[c]
Erupciones volcánicas	Mapas topográficos[d] y de uso de suelo[a]	Detección y/o medida de las emisiones de gases[b,d]	Ubicación de flujos de lava, dispersión de nube de cenizas, lahares[a] y daños[c]
Deslizamiento de laderas	Mapas topográficos[d] y de uso de suelo[a]	Porosidad del suelo; precipitación, estabilidad de la pendiente[b,d]	Ubicación de zonas de deslizamiento[c]
Avenidas súbitas	Mapas de uso de suelo; estimaciones basadas en los satélites[a]	Estimaciones de la precipitación[b]	Ubicación de daños causados
Inundaciones	Mapas de inundaciones[b]; y de uso de suelo[a]	Precipitación regional; evapotranspiración[b]	Localización de zonas inundadas[a]
Marea de tormenta	Uso de suelo y mapas de cobertura vegetal[a]	Características y condiciones del mar[a]; velocidades superficiales del viento sobre el océano[b]	Estimación de zonas dañadas[c]
Huracanes	Intensidades y posiciones[a]	Pronóstico del clima[b,d]	Ubicación de zonas con daño[c]
Tornados		Pronóstico al día; observación local del clima[b]	Determinación de zonas impactadas y cuantificación de daños
Sequías	Humedad del suelo; índice de vegetación[a]	Modelos climatológicos para largos periodos [b,d]	Monitoreo de la vegetación y de la biomasa[a]

[a] En operación necesita muy poca investigación
[b] Se requerirá de mayor investigación y desarrollo
[c] Requerirá de una mejor resolución espacial o temporal
[d] Requiere de mejorar la capacidad de observación del fenómeno

En la tabla 2.7 se muestra un resumen de los principales satélites, características de los sensores que en ellos viajan, así como sus aplicaciones y productos principales.

Tabla 2.7 Plataformas y productos obtenido a partir de PR (GTT)

Satélite	Características	Aplicaciones y productos
Ikonos	Peso de 726 kg, altitud 680 km, orbita la tierra en 98 minutos, ciclo de revisita 3 días, resolución espectral incluye bandas; pancromática, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, Resoluciones espaciales de 1 m de resolución pancromática y 4 m en multiespectral.	Prevención de desastres, respuesta ante emergencia, evaluación de daños, desarrollo urbano, catastro y análisis visual avanzado.
		Cartografía de referencia 1:50,000, cartografía urbana 1:5,000 y de precisión 1:2,500
Orbview 3	Resolución pancromática de 1 m y 4 m multiespectral, tiene las bandas pancromática, azul, verde, rojo e infrarrojo cercano, orbita la tierra a 470 km de altitud, ciclo de revisita en menos de 3 días, ancho del pase es de 8 km.	Desarrollo urbano, exploración de recursos energéticos, y monitoreo ambiental.
		Cartografía de infraestructura caracterización de zonas urbanas y rurales, manejo forestal y mapas digitales de alta precisión.
Terrasar x	Imágenes de Radar que generan 3 tipos de datos en función de la superficie de estudio; *Spotlight*, con resolución de 1 m y 2 m, independiente de condiciones climáticas y de iluminación; *StripMap*, combina alta resolución y superficie adquirida, resolución de 3 m y *ScanSar*, cubre superficies extensas hasta de más de 100,000 km^2 en un periodo de menos de una semana, resolución de 16 m.	Observación, detección de cambios en los fenómenos naturales, es de utilidad en la fase de emergencia.
		Cartografía básica, modelos digitales de elevación, interpretación visual y análisis con procesos de interpretación de radar
Eros a	Peso de 250 kg, resolución pancromática estándar de 1.9 m, ancho del pase es de 14 km, ciclo de revisita de 2 días, provee 2 imágenes estéreo y una adicional completa de la imagen.	Monitoreo de fronteras, soporte naval, desarrollo urbano, agricultura, apoyo al desarrollo energético y desastres naturales.
		Cartografía y modelos digitales de elevación.
Landsat 7	Resolución de 15 m pancromática y 30 m multiespectral, sensor ETM+, ofrece imágenes en 7 bandas, banda 6 termal infrarroja de 60 m, tamaño de escena aproximado de 170 km x 183 km.	Principalmente para monitoreo del cambio de uso de suelo.
Cartosat 1	Resolución pancromática de 2.5 m, ofrece vistas estéreo en el mismo pase, ancho de pase de 27 a 30 m, ofrece mosaicos ortorrectificados en escala de fotos 1:5,000, 1:10,000, 1:12,000 y 1:25,000.	Primordialmente para aplicaciones cartográficas.
Resourcesat 1	Resoluciones de 5 m pancromáticas, 23 m y 56 m multiespectral, con escenas de 70 km x 70 km, 141 km x 141 km y de 740 km x 740 km respectivamente, corrección geométrica y radiométrica, tiene bandas; verde, roja, infrarroja cercano e infrarrojo cercano de onda corta (excepto para 5 m), ciclo de revisita de 24 días.	Análisis avanzados de dinámica vegetal, estimaciones de cosechas, evaluación de pestes y enfermedades y evaluación de desastres.
Spot 5	Resolución de 2.5 m y 5 m pancromática y color natural, 10 m multiespectral, altitud de 832 km, ciclo de revista de 26 días, tamaño de la escena 60 km x 60 km y hasta 80 km de largo, también ofrece captura de escenas estéreo.	Catastro, agricultura, desarrollo urbano, telecomunicaciones, geología y mitigación de riesgos.
		Fotointerpretación, estudios temáticos, los modelos digitales de elevación SPOT tienen precisión planimétrica de 15 m y altimétrica de 10 m para pendientes menores del 20%.

En el Apéndice I se muestran con mayor detalle las características generales de los principales sensores activos y pasivos: plataformas, tipos de sensor, resoluciones espectrales y espaciales, ancho de cobertura, periodo de revisita, fechas de lanzamiento, status de operación y aplicaciones frecuentes.

2.5.3.6 Tecnología Lidar

Lidar son las siglas de Light Detection and Ranking (Detección y medición de luz). Es un sistema de percepción remota activo que utiliza pulsaciones de luz láser para reflejar un área de interés.

El sistema Lidar obtiene la altitud precisa de la superficie del terreno, con el fin de generar modelos digitales de elevación con exactitudes verticales cercanas a los 15 cm. Sistemas especializados también han sido desarrollados para medir la profundidad de cuerpos de agua.

El sistema Lidar incorpora tres tecnologías: el láser con el que se obtienen medidas precisas de distancias, la localización satelital para determinar la ubicación geográfica y altura del sensor a través de un sistema de posicionamiento global (GPS), y la unidad de medida inercial abordo (IMU, por sus siglas en inglés) la cual es tomada desde un avión, para identificar la orientación precisa del sensor. La IMU es comúnmente un componente incorporado dentro de los sistemas de navegación de inercia (INS) los cuales incluyen también un GPS. Además, la adquisición de datos y el proceso de éstas dependen de la disponibilidad de computadoras con alto grado de procesamiento y una capacidad de respaldo y almacenamiento de datos.

El sistema Lidar emite pulsaciones de luz láser y mide el tiempo que transcurre entre su salida y el su reflexión en el suelo. Conociendo la velocidad de la luz (que es una constante) y el tiempo transcurrido, la distancia al punto de estudio puede ser calculada. Un mecanismo de scanner dirige las ondas de luz y colecta la información de los reflejos en líneas sucesivas perpendiculares al patrón de vuelo de la avioneta. Los sistemas de mapeo de terreno tienen ondas de hasta 75,000 pulsaciones por segundo, y la distribución espacial en el rango horizontal puede variar desde 0.5 m hasta 4 m. Para aplicaciones de ingeniería, como levantamiento altimétrico de carreteras, los datos también pueden ser obtenidos mediante un helicóptero y con una densidad de 10 puntos por m^2.

Se miden en el vuelo algunas variables: la posición del avión (con la diferencia de GPS), y con la altitud del avión (IMU), y son guardadas por el visor del scanner Después del vuelo esta información es procesada para generar bases de datos de elevación.

El postprocesamiento de la información obtenida puede requerir de varios días. Sin embargo, áreas pequeñas pueden ser procesadas en cuestión de horas si es necesario. Aunque es altamente automático y capaz de generar modelos de elevación digital más rápido que los métodos fotogramétricos, el proceso de Lidar requiere de personal calificado que inspeccione y corrija la información de los productos y que implemente controles de calidad.

La exactitud de las mediciones de distancia de Lidar depende de la altura de vuelo que afecta la intensidad de retorno de los reflejos, la precisión de los instrumentos y procesos de Lidar, la posición adquirida del sensor, la información de altura y las características de la zona de estudio (los datos de medición pueden ser obtenidos con mayor facilidad por el nivel de una superficie sólida que en un área de matorral o de terreno ondulado). La exactitud vertical de un sistema comercial Lidar es usualmente de ± 15 a 50 cm dependiendo de las características del terreno, las especificaciones del instrumento y la calidad del proceso. Algunos helicópteros con este sistema

vuelan a altitudes tan bajas como 100 m y logran obtener una exactitud tan fina como de ± 5cm para superficies como el pavimento.

En México, el INEGI cuenta con un sistema Lidar que ha sido utilizado para aspectos relacionados con estudios sobre peligros. Se han obtenido modelos digitales de alta resolución de los volcanes Popocatépetl y del Fuego en Colima, con el fin de mejorar los modelos sobre flujos, adicionalmente se tiene información sobre la cuenca del Río Huixtla, esto con el fin llevar a cabo estudios hidrológicos muy precisos.

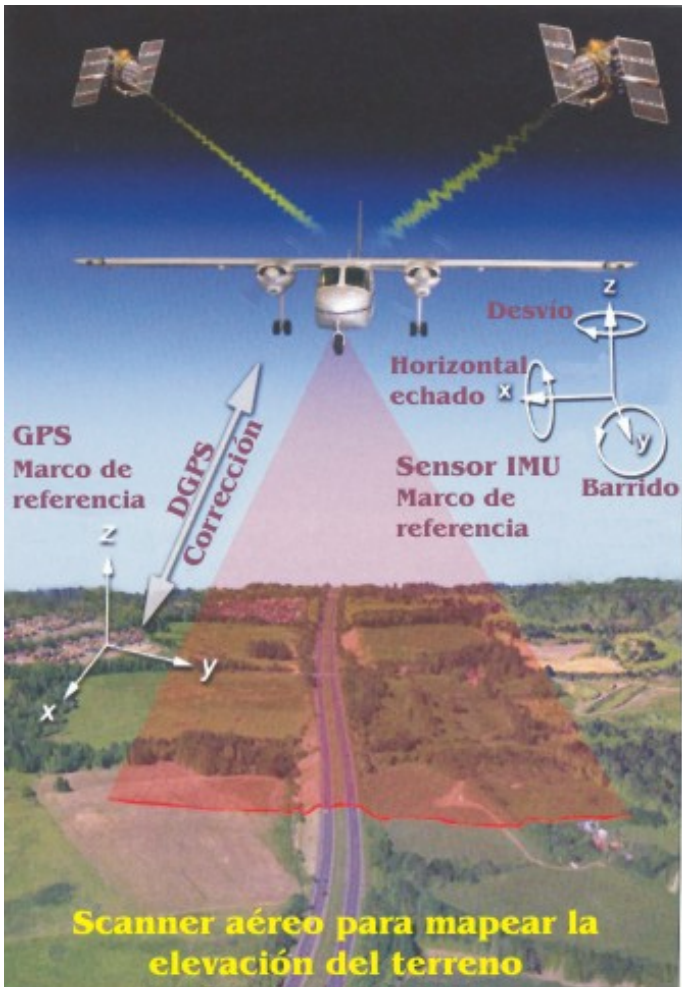


Figura 2.24 Descripción del sistema Lidar

2.5.4 Sistemas de posicionamiento global (GPS)

2.5.4.1 Introducción

En la década de 1970 el departamento de la defensa de los Estados Unidos, desarrolló e implementó un sistema de navegación vía satélite con fines militares para generar información sobre el posicionamiento geográfico a través de receptores portátiles.

Los GPS son de gran ayuda para el desarrollo de estudios sobre riesgo, ya que ofrecen ventajas que pueden ser explotadas en diferentes aspectos por personal de protección civil. Algunas de sus características son:

1. Facilidad en la determinación de coordenadas y distancias.
2. Rapidez y precisión en levantamientos topográficos y de infraestructura.
3. Reducción de costos en proyectos al disminuir tiempo y personal empleados.

2.5.4.2 Concepto y funcionamiento del GPS (Global Positioning System)

El sistema de posicionamiento global (**G**lobal **P**ositioning **S**ystem) es una tecnología de navegación, la cual suministra información de alta precisión sobre la posición de un aparato receptor, y que se refiere en tres dimensiones: latitud, longitud y altura.

El funcionamiento del GPS se basa en las señales de radiofrecuencia que transmite la constelación de satélites NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging), los cuales transmiten información de muy alta precisión sobre sus órbitas y registros del tiempo. Con estas señales puede determinarse la distancia entre el satélite y el receptor portátil, datos con los que, el receptor calcula su posición geográfica en unos cuantos minutos a partir del momento en que éste haya detectado los satélites.

2.5.4.3 Secciones o subsistemas del GPS

Para su funcionamiento el GPS consta de tres secciones o subsistemas; espacial, de control y de usuario. Las secciones espacial y de control interactúan directamente, mientras que la del usuario es dependiente de las dos anteriores.

- *Sección o Subsistema Espacial.* La constelación NAVSTAR consta de seis órbitas circulares con 60° de separación e inclinación de 55°. En cada órbita se tienen cuatro satélites uniformemente distribuidas en el plano del ecuador y con altitud de 20,180 km. Los satélites tienen un periodo orbital de 12 horas y un periodo de vida de 75 años. Dan cobertura a la totalidad de la superficie terrestre desde el espacio exterior, enviando información mediante transmisión continua de la señal en dos frecuencias. La configuración de los satélites de la constelación asegura que siempre se tenga contacto o visibilidad con un mínimo de cuatro satélites en cualquier punto de la Tierra.

- *Sección o Subsistema de Control.* Está compuesta por cinco estaciones desde donde se controlan los satélites, se procesa la información y se sincronizan los relojes de cada satélite. La estación maestra se ubica en Colorado Springs, California Estados Unidos. Las otras cuatro se localizan sobre el ecuador, las cuales rastrean los satélites GPS a través de radiotelescopios, y la información generada es enviada a la estación maestra donde se realizan diversos cálculos.

- *Sección o Subsistema del Usuario.* Son los equipos que los usuarios utilizan para adquirir posiciones geográficas sobre áreas de interés. La estación maestra actualiza la información recibida de los satélites por parte de las estaciones de control y la retransmite a los satélites. Posteriormente, esta información es adquirida por los equipos GPS a través de un código de comunicación.



Figura 2.25 Subsistemas del GPS

2.5.4.4 Precisión y corrección diferencial

Actualmente, el rango de precisión al que se puede llegar con un equipo convencional GPS, a través de un levantamiento, se puede considerar entre los 3 m y 10 m al momento de realizar la adquisición de datos, es decir, en tiempo real. Esta precisión servirá para ubicar rasgos geográficos o de infraestructura en cartografía a escalas 1:50,000 o menores, y en aspectos relacionados con atlas de riesgos y puede considerarse como aceptable en la localización de elementos sujetos a análisis, como por ejemplo, viviendas, puentes, predios, etc.

Sin embargo, para otros estudios que requieran precisiones mayores, existe una técnica llamada *corrección diferencial*, con la cual se puede mejorar la exactitud de un levantamiento, llegando hasta una precisión menor a un metro. Para un análisis muy detallado se deberá utilizar esta tecnología, que garantizará una correcta ubicación y disminuirá los errores ocasionados por desplazamiento y una ubicación errónea de elementos en estudio.

La obtención de datos con corrección diferencial se consigue colocando un receptor sobre un punto de control, que son coordenadas conocidas previamente y con una precisión aceptada. Posteriormente, con otro receptor, se obtienen las posiciones requeridas en el lugar de estudio. Los datos obtenidos por ambos receptores se almacenan y el siguiente paso es elaborar un *postproceso*, en el cual se cruza la información de ambos receptores para calcular una serie de parámetros llamados *corrección diferencial*, los cuales se deberán aplicar a los datos obtenidos en el sitio de estudio, mejorando de esta manera la precisión de sus coordenadas. Existen equipos con los cuales se puede contratar un servicio de corrección diferencial vía satélite, o se puede realizar con dos equipos y el software especializado para calcular los parámetros de corrección.

2.5.4.5 Tipos de receptores

- *Receptores Geodésicos.* Son utilizados para establecer sistemas de referencia (redes geodésicas), control geodésico y medición de grandes distancias superiores a 500 km. Son de los receptores de mayor costo en el mercado por lo complejo de sus características técnicas, por lo mismo ofrece resultados muy precisos con resolución menor a un metro.

- *Receptores Cartográficos.* Empleados en proyectos de escalas menores a 1:20,000. Dentro de las aplicaciones están los catastros, levantamiento de infraestructura urbana para agua potable y alcantarillado.

- *Navegadores.* Son receptores de fácil manejo y con un costo accesible por lo que son de los más utilizados en la actualidad. Con éstos se puede tener información inherente a la navegación, por ejemplo velocidad, rumbo, tiempo, odómetro, coordenadas geográficas, y sirven también para registros de recorridos y memoria de rutas de navegación.



Figura 2.26 Tipos de receptores GPS

2.5.4.6 Recomendaciones para levantamientos con equipo GPS

Para utilizar la tecnología GPS en un levantamiento cartográfico se deberán considerar los siguientes aspectos:

- *Planeación.* Se tomarán en cuenta las vías de acceso a la zona del levantamiento, si se tiene cartografía actualizada, equipos GPS y vehículos disponibles, recursos económicos y tiempo estimado de levantamiento. Además, se definirá la técnica que se utilizará considerando las características físicas del entorno, como por ejemplo áreas muy arboladas, lluvia, o zonas topográficamente complejas, ya que esto afectará su exactitud.

- *Reconocimiento.* Se identificarán las diferencias entre las condiciones planeadas y las condiciones reales y se elaborará un proyecto definitivo.

- *Ubicación de puntos de control.* Para navegadores es recomendable conocer algunos de los puntos de la red geodésica nacional activa (RGNA), la cual está disponible a través del portal del INEGI, ésto con la finalidad de hacer mediciones en dicho punto para verificar la precisión del receptor o para establecer el primer paso del proceso de corrección diferencial.

- *Levantamiento de información*. Es el conjunto de observaciones realizadas con equipo GPS como el levantamiento de manzanas, servicios, infraestructura, etc. En la captura de puntos se deberá tratar de evitar la cercanía con estructuras tales como: antenas de radio, radares de media frecuencia, estaciones de microondas, antenas de transmisión, transformadores de alta tensión, etc.

- *Memoria del levantamiento.* El responsable de la brigada de levantamiento deberá documentar todos los datos relevantes de cada una de las etapas del mismo, ya que este documento constituye un insumo para enriquecer, aumentar y modificar en su caso el procedimiento para futuros levantamientos.

2.5.4.7 Usos del GPS en estudios sobre peligro y riesgo

En la siguiente tabla se muestran algunas de las aplicaciones del GPS en estudios sobre riesgo.

Tabla 2.8 Aplicaciones de los equipos GPS

Fenómeno	Etapas en la gestión del riesgo	
	Prevención	**Alertamiento y emergencia**
Sismos	Movimientos de la corteza terrestre, ubicación de vivienda, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones	Rutas de evacuación, ubicación de refugios temporales y centros de acopio, evaluación de daños, zonificación de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia
Erupción volcánica	Medición de deformaciones en la estructura volcánica, elaboración de modelos digitales del terreno, inventarios de equipamiento urbano, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones	Sistemas de monitoreo y alertamiento Rutas de evacuación, ubicación de refugios temporales y centros de acopio, evaluación de daños, zonificación de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia
Deslizamiento de laderas	Mediciones muy precisas del desplazamiento de una ladera, elaboración de modelos digitales del terreno, inventarios de equipamiento urbano, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones	Sistemas de monitoreo y alertamiento, evaluación de daños, zonificación de áreas afectadas
Hundimientos	Elaboración de modelos digitales del terreno, ubicación precisa de los hundimientos, ubicación de infraestructura	Sistemas de monitoreo y medición en tiempo real de los desplazamientos verticales en las zonas de estudio
Tsunamis	Elaboración de modelos digitales del terreno inventarios de equipamiento urbano, vivienda, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones.	Sistemas de monitoreo y alertamiento, ubicación de refugios y centros de acopio, evaluación de daños, levantamiento de áreas afectadas.
Inundaciones	Elaboración de modelos digitales del terreno, inventarios de equipamiento urbano, vivienda, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones.	Sistemas de monitoreo y alertamiento, ubicación de refugios temporales y centros de acopio, evaluación de daños, zonificación de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia.
Ciclones tropicales	Elaboración de modelos digitales del terreno, determinación de la línea de costa, inventarios de equipamiento urbano, vivienda, infraestructura educativa, de salud y de comunicaciones.	Sistemas de monitoreo y alertamiento, ubicación de refugios temporales y centros de acopio, evaluación de daños, zonificación de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia.
Incendios forestales	Obtención de puntos de control para análisis de imágenes para la determinación del tipo de suelo, levantamiento de información sobre biodiversidad.	Evaluación de daños, levantamiento de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia.
Almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas	Seguimiento del trasporte de sustancias peligrosas, distribución y estudios de tránsito, ubicación de estaciones de servicio e industrias	Evaluación de daños, levantamiento de áreas afectadas, apoyo en la elaboración de planes de emergencia.

2.5.5 Herramientas para la generación de escenarios de riesgo

Para la evaluación de peligros naturales o de origen antrópico y su probable riesgo a la población, bienes materiales y ambiente, resulta de gran utilidad el desarrollo de tecnologías confiables y versátiles. Existen varias herramientas informáticas disponibles, una de ellas es la interfase llamada *Objetos de Riesgo* (RO, por sus siglas en inglés), la cual se emplea en la

representación gráfica de los elementos que conforman el riesgo: el peligro, el sistema expuesto y la vulnerabilidad. RO facilita a los investigadores y al personal de protección civil la integración de datos para la creación de escenarios de riesgo.

Para generar un escenario de riesgo se debe contar con funciones que definan el peligro y la vulnerabilidad, mediante las cuales RO representa gráficamente diversos mapas que indican la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno y estos datos se pueden integrar en tablas o en formato simple como un archivo de texto. Aunque las interfaces de RO procesan los datos utilizando el lenguaje de texto denominado *xml*.

Esta herramienta permite generar escenarios de riesgo, desde uno hasta el número máximo de combinaciones entre los diversos escenarios de peligro y el número de clasificaciones del sistema expuesto. De manera simplificada, los pasos para generar un escenario son los siguientes:

2.5.5.1 Definición de la zona de estudio mediante la incorporación de cartografía básica

Sirve para referenciar geográficamente al sitio de estudio a través de elementos como pueden ser: la traza urbana o los límites del estado o municipio. A través de un formato universal de información geográfica que contenga valores asociados en tablas, con el fin de contar con información adicional que permita la ubicación de rasgos físicos, y características socioeconómicas, En la figura 2.27 se muestra la representación cartográfica en RO de la ciudad de Colima.

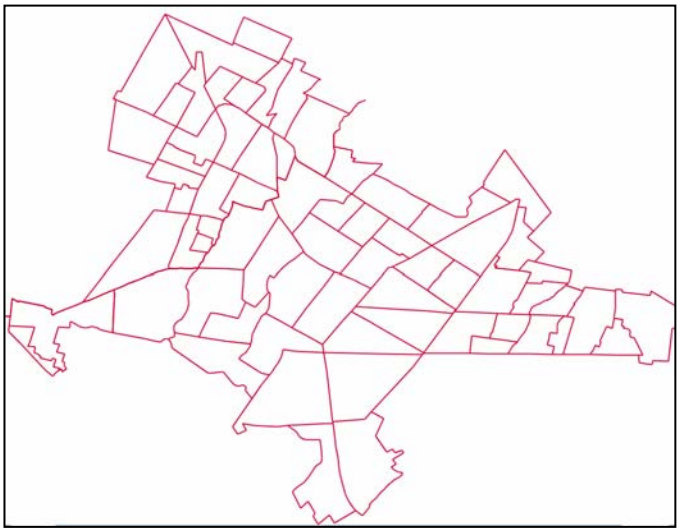


Figura 2.27 Traza urbana de la ciudad de Colima en RO

2.5.5.2 Definición de peligro en RO

Para esta etapa se incorporan valores de la intensidad del peligro por medio de puntos con una referencia espacial, como se muestra en la tabla 2.9. Posteriormente, RO interpola los valores a través de un modelo polinominal y el resultado se asocia a la intersección entre las celdas de una malla, como se muestra en la figura 2.28.

Tabla 2.9. Ejemplo de los valores utilizados para la generación de una malla de peligro sísmico

Nodo	Longitud *x*	Latitud *y*	Aceleración espectral del terreno (gal)
1	-96	17.5	270
2	-96.5	17.5	284
3	-97	17.5	357
4	-97.5	17.5	384
5	-97.5	18	621
6	-97	18	438
7	-96.5	18	380
8	-96	18	274
9	-96	18.5	295
10	-96.5	18.5	360
11	-97	18.5	430
12	-97.5	18.5	510
13	-97.5	19	524
14	-97	19	354
15	-96.5	19	345
16	-96	19	233
17	-96	19.5	180
18	-96.5	19.5	174
19	-97	19.5	321
20	-97.5	19.5	547

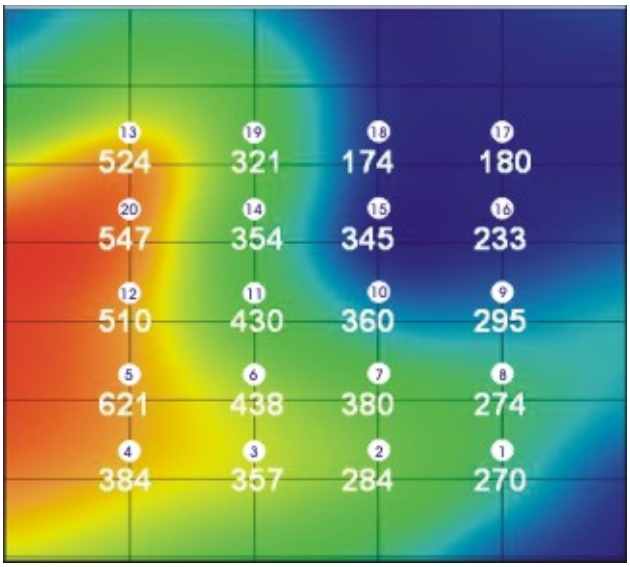


Figura 2.28 Malla de peligro sísmico con valores interpolados de aceleración

2.5.5.3 Determinar el sistema expuesto

Posteriormente se determinará el sistema expuesto, el cual puede ser la vivienda, la infraestructura, cultivos, vidas humanas. Éste se integrará mediante un archivo de polígonos, el cual contiene en su tabla asociada, el tipo de sistema y sus valores expuestos en cualquiera de los siguientes formatos; shape, gml, dbf. En el apéndice II se presenta un resumen de los principales tipos de archivos utilizados en sistemas de información geográfica y en RO. Un ejemplo de sistema expuesto se presenta en la figura 2.29, a través de la representación de una vivienda de mampostería confinada de 3 y 4 niveles, como el sistema expuesto a considerar expresado en metros cuadrados.

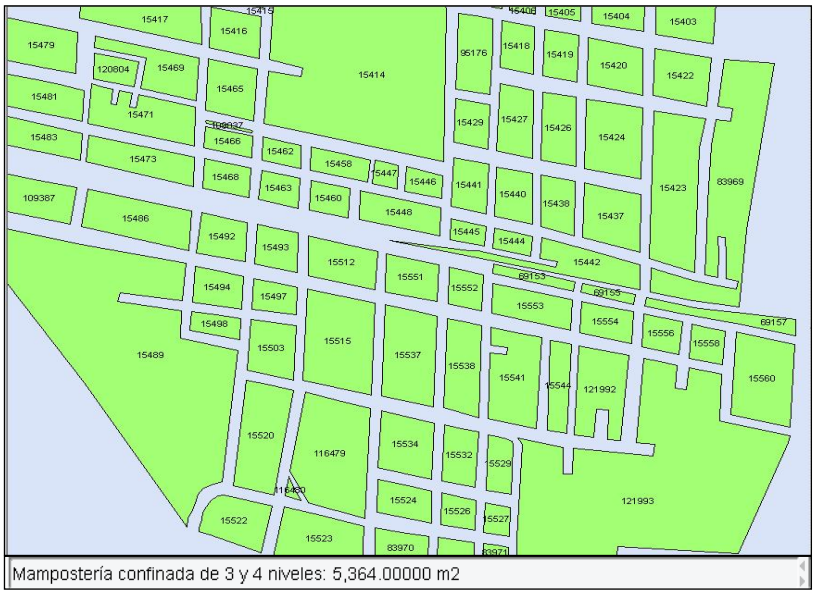


Figura 2.29 Mapa del sistema expuesto expresado en área de construcción (m²)

2.5.5.4 Integración de funciones de vulnerabilidad

La herramienta RO permite incorporar múltiples funciones de vulnerabilidad de acuerdo con las clasificaciones del sistema expuesto, el usuario únicamente deberá tenerlas en un formato tabulado, que puede ser un archivo de excel o texto plano, como se muestra en la figura 2.30.

Velocidad del viento (m/s)	% de daño de la construcción
5	0.0045694
10	0.048937763
25	1.113806447
40	5.337843302
50	10.82924746
62	20.34758733
72	30.08463253
82	40.5067878
92	50.70747971
102	60.02712598
115	70.30038309
132	80.51140906
157	90.24475606
180	95.57252155
210	99.61413726
215	100.00080
230	100.00080
250	100.00080
280	100.00080

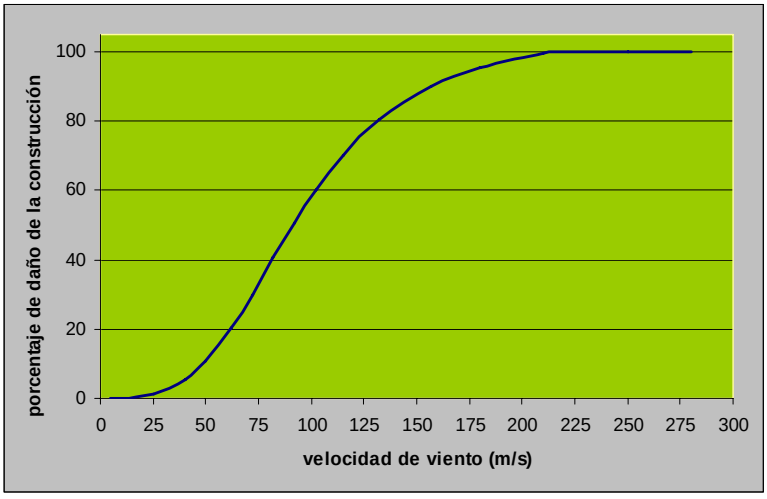


Figura 2.30 Función de vulnerabilidad para una construcción expuesta a viento (Rodríguez, 2004)

2.5.5.5 *Representación gráfica del escenario*

Finalmente RO evalúa las zonas de riesgo en función de la interacción del peligro con la vulnerabilidad de los objetos expuestos, representando mediante una escala de colores la probabilidad de pérdidas o daños esperados por el impacto del fenómeno y generando así un mapa de riesgo. Esta probabilidad de pérdida o de daño se expresa en términos de porcentaje, como se muestra en la figura 2.31, donde se presenta un mapa de riesgo de la ciudad de Colima, considerando a la vivienda de mampostería confinada de 3 y 4 niveles como el sistema expuesto y mostrando las intensidades sísmicas por medio de una malla. RO determina el riesgo como una probabilidad de pérdida, entendiendo que el "0 %" significa que no se presenta ninguna pérdida o daño, y el "100 %" la pérdida total del bien expuesto.

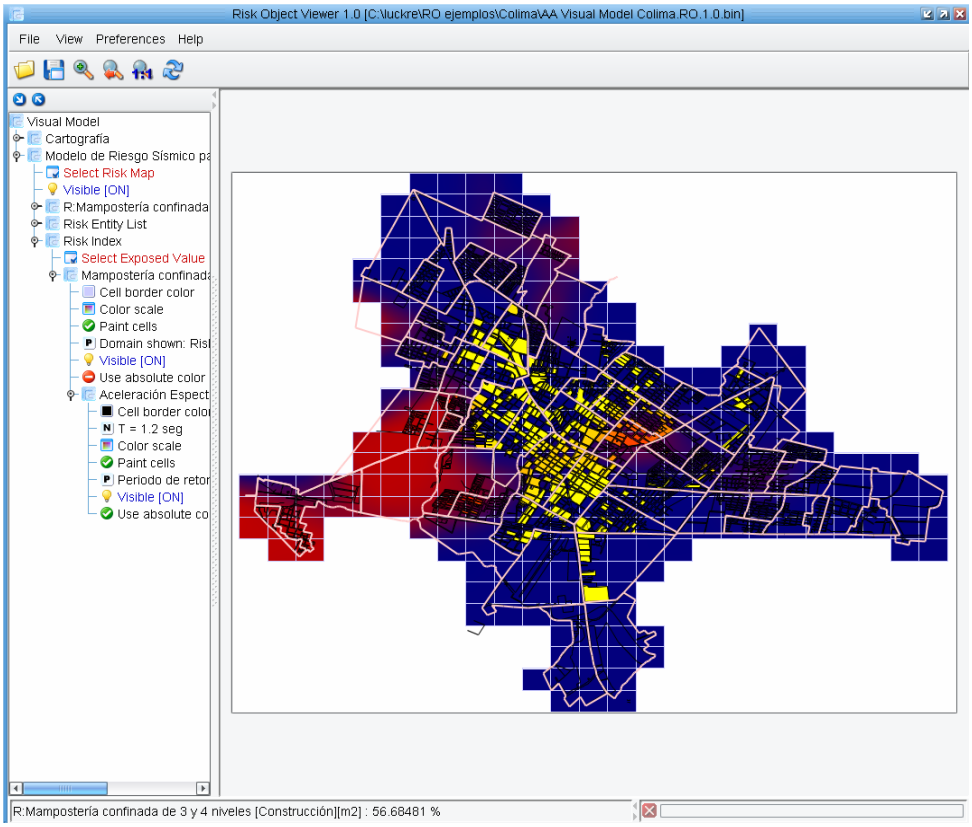


Figura 2.31 Mapa de riesgo de la ciudad de Colima

Para visualizar un escenario de riesgo, sólo es necesario iniciar la interfase de RO, incorporar el modelo ya trabajado y seleccionar las variables de peligro y vulnerabilidad modificando sus valores de acuerdo a los mapas que se quieran generar.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta información general sobre las características cartográficas que se deberán tomar en cuenta para la elaboración de atlas estatales de riesgo, además de presentar aquellas fuentes de información indispensables para el diagnóstico del peligro y la identificación de riesgo de desastre a diferentes niveles de detalle.

En México existen diversas normas sobre la producción y manejo de información geográfica y estadística, todas ellas elaboradas por el INEGI y consensuadas con instituciones y organismos de la administración pública federal y entidades federativas. Resulta pues, indispensable contemplarlas para contar con información homogénea, compatible y de calidad, que permitirá que los atlas cuenten con una base sólida y que el resultado de los mismos pueda integrarse de manera transparente a un sistema que contenga estudios sobre riesgo a nivel nacional.

Es importante mencionar 4 aspectos fundamentales en la elaboración de un atlas de riesgos:

1. El desarrollo de un atlas de riesgo, es una tarea difícil que involucra la participación de muchas instituciones y en especial de los estados.
2. La integración de un atlas de riesgo se podrá hacer en varias etapas, siempre y cuando el objetivo sea contar con información de calidad sobre el riesgo de desastre para una zona.
3. Contar con metodologías, estándares y normas, que permitan que la elaboración de estos instrumentos sea acorde e integrable con otros estudios de carácter regional, local o nacional, y que los criterios con los que se determinen los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo sean armónicos entre todas las instituciones relacionadas con la elaboración de estos atlas.
4. El nivel de detalle sobre el análisis de riesgo, estará en función de la información geográfica y estadística con que se cuente, así como de las metodologías que se apliquen para su valoración.

Contar con información geográfica y estadística, es el primer paso para la integración de un atlas, cualquier estudio de peligro y vulnerabilidad deberá tomar en cuenta este tipo de información. Contar con la documentación de la información, saber que ésta fue producida conforme a normas, referir la calidad de la misma y finalmente integrarla y publicarla a través de tecnologías de la información, incidirá en que el atlas desarrollado sea una herramienta útil, actualizable y que podrá ser trasferida a otros ámbitos de gobierno para la toma de decisiones.

Para consolidar un diagnóstico de peligro, vulnerabilidad y riesgo que pueda ser actualizado de manera constante, se sugiere contar con un departamento específico que se haga cargo de su desarrollo, mantenimiento y actualización, para lo cual es necesario contar con especialistas en sistemas de información con una capacitación constante, ya que la tecnología en esta materia evoluciona rápidamente.

Finalmente, es importante mencionar que con el uso de nuevas tecnologías de la información, cualquier persona con conocimientos sobre aspectos de protección civil podrá llevar a cabo esfuerzos para la fácil integración de sus atlas de riesgo. Es por esto, que la presente guía tiene como encomienda transmitir la experiencia del CENAPRED y apoyar en la elaboración de estos documentos, con el fin de que cualquier unidad de protección civil comience con esta labor o la continúe en beneficio de la población.

GLOSARIO

El presente glosario fue elaborado por el INEGI como parte de las acciones encaminadas a contar un mismo marco de referencia para la nomenclatura a utilizar por los productores y usuario de información geográfica del país, éste fue comentado y revisado en la mesa de normatividad dentro del grupo de Desarrolladores y Usuarios de Información Geográfica de la Administración Pública.

Acceso a la información Geográfica: Políticas, normas, mecanismos o formas utilizadas por la unidad administrativa o por el estado para que los usuarios de los datos y productos generados por ésta, puedan ser obtenidos por sus usuarios reales y potenciales, internos y externos. Ejemplo: uso de Internet, a través de agencias de ventas, por convenio o contrato, a través de nodos de *clearinghouse*, etc.

Adquisición o captura de datos o de información geográfica: Compilación de datos e información geográfica mediante la aplicación de métodos directos o indirectos, sobre la base de una determinada tecnología Ejemplos: trabajos directos de campo, interpretación aerofotográfica o satelital, investigación sobre el terreno, estudios e investigaciones geográficas, muestreos de campo, levantamientos batimétricos, meteorológicos, hidrográficos, topográficos y geodésicos, recopilación de información documental diversa, procesos de conversión digital, etc.

Aguas continentales: Datos e información geográfica de cualquier índole que se refiera al agua localizada en el subsuelo, el suelo o la superficie terrestre. Ejemplo: lagos, lagunas ríos, arroyos, corrientes, superficiales o subterráneos, pozos de agua, manantiales, contaminación de las aguas, etc.

Área Geográfica Estatal: Espacio geográfico que se localiza en una misma entidad federativa y que incluye dos o más municipios vecinos.

Área Geográfica Regional: Espacio geográfico que se localiza en dos o más entidades federativas vecinas. Se dice también de aquellas regiones que presentan características geográficas uniformes con respecto a un determinado criterio (clima, fisiografía, geología, etc.)

Área Geográfica Municipal: Espacio geográfico ubicado en un mismo municipio y que comprenda dos o más localidades próximas, sin discontinuidades

Área Geográfica Local: Espacio geográfico relativo a una localidad y su entorno inmediato.

Atmósfera: Datos e información geográfica referidos al medio atmosférico nacional. Ejemplo: climas, precipitación, temperatura, humedad, vientos, ciclones, huracanes, nevadas, contaminación del aire, etc.

CCL, proyección: Cónica Conforme de Lambert, es una proyección cartográfica cuya concepción geográfica es de tipo cónico desarrollable.

Clasificadores de Información Geográfica: Sistemas que permiten la organización conceptual y ordenamiento de los datos e información geográfica con arreglo a determinados criterios establecidos, a fin de facilitar su procesamiento y uso posterior por parte de los usuarios.

Clearinghouse: Término en inglés que denota la integración de metadatos en un nodo de Internet con norma específica para ponerlo accesible a los interesados.

Dato geográfico: Unidad básica de información geográfica, caracterizada por tener una ubicación en el espacio con respecto a un determinado sistema de referencia y por uno a más atributos asociados.

Difusión de Información Geográfica: Acciones y formas empleadas para publicitar los datos e información geográfica y facilitar su distribución y conocimiento por parte de los usuarios.
Ejemplos: difusión mediante ventas, donaciones, intercambio, suscripciones, publicidad en medios, promociones, eventos, etc.

Equipamiento informático: Es el parque de infraestructura computacional con que cuentan los generadores de información geográfica. Ejemplo: graficador de plumas, graficador de inyección, impresora, servidor, estación de trabajo, computadora personal, etc.

Equipamiento geográfico: Conjunto de equipos, máquinas, herramientas y dispositivos específicos empleados en la generación de información geográfica. Ejemplo: distanciómetros, equipos GPS, estaciones totales, equipo fotogramétrico, prensas litográficas, laboratorios diversos, etc.

Formatos (para captura de la información geográfica o para su procesamiento): Documentos estructurados para capturar datos e información geográfica de una manera estandarizada o para su procesamiento. Se dice también de los formatos de datos referidos a presentaciones vectoriales, ráster y alfanuméricas en el medio digital.

Gateway: Nodo de Web donde residen metadatos.

Geodesia: Ciencia que estudia la forma y dimensiones de la tierra o de partes importantes de ella, y con la que pueden obtenerse datos que permiten fijar con exactitud los puntos de control, que constituyen la base estructura y fundamental de las cartas y mapas.

Información Complementaria: Gráficas, mapa, datos, información geográfica o estadística empleados para auxiliar y mejorar la comprensión de un producto geográfico, ampliando y enriqueciendo su contenido. Ejemplo: registros climatológicos, muestras de laboratorio, fotografías ilustrativas, documentos alusivos, etc

Información Geográfica: Conjunto de datos, símbolos y representaciones organizados para conocer y estudiar las condiciones ambientales y físicas del territorio nacional, la integración de ésta en infraestructura, recursos naturales y la zona económica exclusiva.

Información Geográfica Analógica: Todo rasgo geográfico representado con normas cartográficas para su integración en un mapa impreso a cierta escala. Ejemplo: toda la cartografía elaborada por métodos tradicionales y comúnmente con formas de presentación impresa en papel.

Información Geográfica Digital: Todo rasgo geográfico con ubicación geográfica, representado digitalmente y codificado para su identificación según una convención determinada. Ejemplo: cartografía digital, ortofotos digitales, registros toponímicos digitales, archivos DXF, archivos en formato ASCII, etc.

Infraestructura: Datos e información geográfica que se refieren a cualquier obra hecha por el hombre ubicada en alguno de los 6 ámbitos geográficos generales del territorio nacional incluyendo la zona económica exclusiva. Ejemplo: carreteras, localidades, puentes, presas, tendidos eléctricos,

redes de comunicación telefónica, faros, puertos, límites político administrativos, demarcaciones geográficas de cualquier tipo, plataformas petroleras, etc.

Información geo-referenciada: Cualquier tipo de información que pueda ser ubicada mediante un conjunto de coordenadas geográficas con respecto a un determinado sistema de referencia.

Levantamiento Geodésico: Conjunto de procedimientos y operaciones destinados a determinar las posiciones relativas tridimensionales de puntos sobre la superficie terrestre, inclusive su campo gravimétrico, tomando en consideración la curvatura terrestre.

Localidad: Todo lugar que esté habitado.

Mares: Datos e información de las masas de agua adyacentes al continente (mares y océanos), intercomunicadas con los vastos cuerpos de agua salada que ocupan las depresiones de la tierra, incluyen el suelo y subsuelo marinos, la información sobre recursos naturales en dichas áreas y la infraestructura hecha por el hombre como estructuras artificiales, tendido de cables y tuberías etc. Ejemplo: cartografía batimétrica, náutica, de pesca, oceanográfica, tendido de ductos y cables submarinos, emplazamiento de plataformas de perforación, estudios gravimétricos, geomagnéticos y sísmicos, descripción general de hábitats y especies marinas, distribución de sedimentos del fondo marino, contaminación marina; etc.

Mercator, proyección: Proyección de Mercator, basada en un cilindro desarrollable, la más comúnmente empleada en la cartografía marina.

Metadato: Información que describe en forma resumida la información o características de un dato.

Normatividad: Disposiciones de carácter técnico que tiene como propósito establecer estándares o lineamientos para decidir la generación de productos geográficos, y para uniformar dicha información en cualquiera de sus procesos de captura, organización, procesamiento, mantenimiento, representación, transferencia, difusión, manejo y acceso de los datos, así como productos geográficos. Ejemplo: sistemas de referencia geodésica, escalas, formatos, glosarios, normas técnicas referentes a cualquier materia geográfica, sistemas de clasificación climática o de suelos, etc.

Procesamiento de Información Geográfica: Organización, integración, estructuración y tratamiento de información geográfica mediante métodos analógicos o digitales aplicados a los datos e información capturada.

Productos Geográficos: El resultado final de la ejecución de un proyecto geográfico previamente concebido. Ejemplo: un estudio hidrológico, un mapa, una serie cartográfica, una base de datos, etc.

Propietario de Información Geográfica: Aquella persona, empresa, institución o dependencia etc. reconocida como tal a través de un certificado de registro emitido por la autoridad competente. (Instituto Mexicano de Derechos de Autor y/o Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial).

Proyecto Geográfico: Conjunto de documentos, escritos, diseños y cálculos que definen en forma integrada una propuesta de hacer algo en materia de geografía y que a partir de ello habrá de crearse. Ejemplo: un proyecto de estudio o investigación geográfica, el proyecto de un mapa o una serie cartográfica, el proyecto de conformación de una base de datos geográfica, etc.

Registros oficiales de información geográfica: Datos e información geográfica contenida en registros administrativos, constituidos por una disposición jurídica, que tengan el atributo de la trascendencia legal, en virtud de que los actos registrados fueron realizados por un órgano o autoridad competente. Ejemplo: los datos capturados en el registro agrario nacional, los nombres geográficos normalizados, los límites político administrativos. etc.

Representación de Información Geográfica: Cualquier forma utilizada para presentar los datos e información geográfica sobre cualquier material y medio, sea éste analógico o digital.

Símbolos de Información Geográfica.: Gráficos convenidos para representar un rasgo geográfico. Ejemplo: Símbolos de la carta topográfica.

Socioeconomía: Datos estadísticos del ser o quehacer humano representado geográficamente. Ejemplo: características de la población, indicadores económicos, industriales, pecuarios, etc.

Subsuelo: Datos e información geográfica referidos al estrato inmediatamente por debajo de la superficie terrestre, a profundidades variables después de las inmediatas que corresponden a la edafología. Ejemplo: geología estructural profunda, tectónica, minería subterránea, etc.

Suelo: Datos e información geográfica referente al estrato donde se sustenta la vegetación y es originada por la interacción del clima sobre la roca madre. Ejemplo: edafología, uso del suelo, vegetación, contaminación ambiental, etc.

Tratamiento de la Información Geográfica: Conjunto de operaciones realizadas sobre los datos e información geográfica con arreglo a determinados criterios, metodologías y normas, a fin de obtener un cierto producto geográfico.

UTM, Proyección: Universal Transversal de Mercator, es una proyección cartográfica cuya concepción geográfica es de tipo cilíndrico desarrollable.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Aronoff Stan, (2005) "Remote Sensing for GIS Managers". ESRI Press. California, Estados Unidos, (487 pp)

Bocardo, O., García, A., Gonzalez, A., (2006) "ANRMAP: Visualizador de información geográfica con datos de peligro, vulnerabilidad y riesgo en la República Mexicana" Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, (172 pp.)

Burrough, P. A., McDonell, R.A., (1998) "Principles of geographical information systems", Oxford University Press, New York, (333 pp.)

Caire, J. (2002), "Cartografía básica", Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México D.F., (289 pp.)

Centro Nacional de Prevención de Desastres (2004), "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", Estados Unidos Mexicanos (386 pp.)

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos (2000), "Ley General de Protección Civil", Estados Unidos Mexicanos, 40 artículos

Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Secretaría Ejecutiva para Asuntos Económicos y Sociales, Organización de Estados Americanos, (1993), "Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación del desarrollo rural", Washington, D. C.

Dirección General de Geografía (2004) "Sistema Geodésico Nacional (Versión 1.4)", México D.F, INEGI, (9 pp.)

Dirección General de Geografía, Dirección de Cartografía Censal, "Ubicación de elementos geográficos con GPS en el ámbito rural", México, D.F., INEGI, (32 pp.)

Dirección General de Geografía, Dirección de Cartografía Censal, "Manual de normas para la actualización de la cartografía censal, vía sistemas de posicionamiento global (GPS), marco teórico", México, D.F., INEGI, (56 pp.)

Huxhold, W., Levinsohn A. G. (1995), "Managing geographic information system projects", Oxford University Press, New York, (247 pp.)

INEGI (2003) "Programa nacional de desarrollo de estadística y de información geográfica", Aguascalientes, Aguascalientes, (81 pp.)

Lira, Jorge. (1997), "La percepción remota, nuestros ojos desde el espacio", Fondo de Cultura Económica, 2ª edición, México, D. F. (150pp.)

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (1999), "Geographical Information Systems, Volumen 2", 2a edición, John Wiley & Sons, Inglaterra, (1101 pp.)

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2001), "Geographic information, systems and science", John Wiley & Sons, Inglaterra, (454 pp.)

Monmonier, M. (1996), "How to lie with maps", 2a edición, The University of Chicago Press, Estados Unidos de América, (207 pp.)

Monmonier , M. (1997), "Cartographies of danger, mapping hazards in America", The University of Chicago Press,Estados Unidos de América, (363 pp.)

O'Looney, J. (2001), "Beyond maps, GIS and decision making in local goverment", ESRI Press, Estados Unidos de América, (225 pp.)

Ordóñez, C., Martínez-Alegría, R. (2003), "Sistemas de información geográfica", Alfaomega Grupo editor, México, (227 pp.)

Rodríguez, C. N., (2004), "Estimación de daño en edificaciones causado por vientos intensos", Informe SEGOB, "Análisis de vulnerabilidad y riesgo de construcciones urbanas ante perturbaciones sísmicas y eólicas", Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, CENAPRED, (123 pp)

Secretaría de Desarrollo Social, Consejo de Recursos Minerales (2004), "Guía Metodológica para la Elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel de Ciudad, Identificación y Zonificación", Habitat, México, (101 pp.)

Secretaría de Gobernación, Subsecretaría de Protección Civil y de Prevención y Readaptación Social (1991), "Guía técnica para la preparación de mapas de ubicación geográfica de riesgos", Estados Unidos Mexicanos, (69 pp.)

Secretaría de Gobernación, Subsecretaría de Protección Civil (1998), "Guía técnica para la implementación del plan municipal de contingencias", Estados Unidos Mexicanos (46 pp.)

Sistemas de Información Geográfica S. A. de C. V. (2004), "Seminario-taller: Captura, actualización, integración, consulta y análisis de información geográfica: tecnología GPS", México D. F., (90 pp.)

Third United Nations conference on the exploration and peaceful uses of outer space (1998), "Disaster prediction, warning and mitigation", (23 pp.)

Zepeda R. O. (2003), "Análisis de contenidos de atlas estatales y municipales de la República Mexicana", Informe interno, CENAPRED, (10 pp.)

SITIOS DE INTERNET RELACIONADOS

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
http://www.inegi.gob.mx <http://www.inegi.gob.mx/>

Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
http://www.eird.org/

Canada Centre for Remote Sensing
http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/

Geoeye
http://www.geoeye.com/

infoterra
http://www.terrasar.de/

ImageSat Internacional
http://www.imagesatintl.com/

U.S. Geological Survey, “Landsat Project”
http://landsat.usgs.gov/

Spot Image
http://www.spot.com/html/SICORP/

APÉNDICE I

SENSORES DE BAJA RESOLUCIÓN ESPACIAL (Aronoff, 2005)

Plataforma / Altitud	Sensor	Resolución espectral		Resolución espacial GSD (km)	Ancho de cobertura	Periodo de revisita/ Orbita	Aplicaciones frecuentes
		Canal	*Longitud de onda*				
GOES 8-11 36,000 km	Imager	1 2 3 4 5	0.52-0.71 VIS 3.73-4.07 SWIR 5.80-7.30 SWIR 10.2-11.2 TIR 11.50-12.50 TIR	1 4 4 4 8	100º de longitud	Puede adquirir la totalidad de la tierra cada 26 minutos o menos. Zonas específicas pueden ser tomadas en menos tiempo. / Geosincronización	Observación del clima y la superficie Observación nocturna Vapor de agua Imágenes de la tierra y nubosidad, temperatura de la superficie del mar, incendios
Satélite Meteorológico de la Defensa	OLS	1 2	0.40-1.1 VIS/NIR 10.0-13.4 TIR	2.8	3,000 km	12 horas / sincronización solar	Nubosidad, imágenes nocturnas de baja iluminación Nubosidad nocturna y temperatura de la superficie del mar
NOAA 11, 12, 14[a, b] 15, 16, 17[a] 833 km	AVHRR	1 2 3 3A 3B[a] 4 5	0.58-0.68 VIS 0.725-1.10 NIR 3.55-3.93 SWIR 1.58-1.64 SWIR 3.55-3.93 SWIR 10.3-11.3 TIR 11.5-12.5 TIR	1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	2,400 km	12 horas / sincronización solar	Observación del clima y la superficie Contornos de tierra y agua Nubosidad nocturna y temperatura de la superficie del mar Detección de hielo y nieve Detección de nieve en nubes
OrbView-2 o SeaStar	SeaWiFS	1 2 3 4 5 6 7 8	0.402-0.422 VIS 0.433-0.453 VIS 0.480-0.500 VIS 0.500-0.520 VIS 0.545-0.565 VIS 0.660-0.680 VIS 0.745-0.785 NIR 0.845-0.885 NIR	1 1 1 1 1 1 1 1	2,800 km	2 días / sincronización solar	Banda infrarroja cercana visible, utilizada para observar la concentración de clorofila, profundidad de cuerpos de agua, turbidez, corrientes, características del fondo y otra información oceanográfica Estudios atmosféricos y geográficos y la identificación, monitoreo, cuantificación de daño debido a fenómenos naturales, incendios forestales, erupciones volcánicas, inundaciones y huracanes

[a]NOAA-15 y satélites posteriores incluyen una banda adicional SWIR asignada al canal 3A, el canal 3 anterior le es asignado al canal 3B
[b]NOAA-13 Falló
Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible

CARACTERÍSTICAS DE SENSORES EUROPEOS DE BAJA RESOLUCIÓN (Aronoff, 2005)

Plataforma / Altitud	Sensor	Resolución espectral		Resolución espacial GSD (km)	Ancho de cobertura	Periodo de revisita/ Orbita	Aplicaciones frecuentes
		Canal	*Longitud de onda*				
Meteosat 1-7 / 36,000 km	Imager	1 2 3	0.5-0.9 VIS/NIR 5.7-7.1 MWIR 10.5-12.5 TIR	2.5 5 5	100º de longitud	Generación de imágenes cada 30 minutos para 3 canales / Geosincronización	Observación del clima y la superficie Vapor de agua Nubosidad y temperatura de la superficie del mar (SST) Meteosat 5-7 siguen en operación
Meteosat 8 / 36,000 km	SEVERI	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	0.56-0.71 VIS 0.74-0.88 NIR 1.50-1.78 SWIR 3.48-4.36 WIR 8.30-9.10 TIR 9.80-11.80 TIR 11.0-13.0 TIR 5.35-7.15 MWIR 6.85-7.85 MWIR 9.38-9.94 TIR 12.40-14.40 TIR 0.5-0.9 VIS/NIR	1 km en VIS y canales NIR 3 km en IR y canales WV	100º de longitud	Generación de imágenes cada 15 minutos / Geosincronización	Canales 1-4 y 6-7 son similares a los del sensor AVHRR. Canal 5 TIR Canales 8-9 onda media, infrarrojos para el análisis de vapor de agua, similares al Meteosat 1-7 Canal 10 de absorción de ozono como HIRS Canal 11 canal de absorción de CO2 como el GOES-VAS sonoro Canal 12 banda de un canal visible como el VIS/NIR N.B. originalmente este satélite era llamado MSG
ERS-1 / 785 km	ATSR-1	1 2 3 4	1.6 SWIR 3.7 MWIR 10.2-11.2 TIR 11.5-12.5 TIR	1	500 km	Sincronización solar / Orbitando polarmente	Diseñado para medir la temperatura global de la superficie del mar Resolución radiométrica de 0.1K Lanzado en julio de 1991 y falló en marzo del 2000
ERS-2 / 785 km	ATSR-2	1-4 5 6 7	Igual a ATSR-1 0.53-0.57 VIS 0.65-0.67 VIS 0.855-0.875 NIR	1	500 km	Sincronización solar / Orbitando polarmente	Su misión principal es la de medir la SST Monitoreo de biomasa Estado y crecimiento de la vegetación Lanzado en abril de 1995, en operación
Envisat / 800 km	AATSR	1-7	7 bandas, como el ATSR-2, pero con salida completamente digital	1	500 km	Sincronización solar / Orbitando polarmente	Resolución radiométrica de 0.1º K SST con presición mayor a 5º K Continuidad del ATSR-1, 2, usados para la observación del clima y el monitoreo global de vegetación Lanzado en marzo de 2002, en operación

Continúa

CARACTERÍSICAS DE SENSORES EUROPEOS DE BAJA RESOLUCIÓN
(continuación)

Plataforma / Altitud	Sensor	Resolución espectral		Resolución espacial GSD (km)	Ancho de cobertura	Periodo de revisita / Orbita	Aplicaciones frecuentes
Envisat / 800 km	MERIS	1	0.4125[a]	300 m (resolución total) o 1.2 km (resolución reducida)	1,150 km	Sincronización solar / Orbitando polarmente repite el ciclo cada 3 días	1. Sustancias amarillas y turbidez 2. Absorción de clorofila máxima 3. Clorofila y otros pigmentos 4. Turbidez, partículas suspendidas marea roja 5. Clorofila y sedimentos suspendidos 6. Sedimentos suspendidos 7. Absorción de clorofila 8. Fluorescencia de clorofila, borde rojo 9. Aerosol, transición de borde rojo 10. Banda de referencia de absorción de oxigeno, vegetación 11. Absorción de O2 de ramas 12. Aerosol, vegetación 13. Aerosol 14. Vapor de agua y vegetación 15. Vapor de agua
		2	0.4425[a]				
		3	0.490[a]				
		4	0.510[a]				
		5	0.560[a]				
		6	0.620[a]				
		7	0.665[a]				
		8	0.68125[a]				
		9	0.705[a]				
		10	0.754[a]				
		11	0.760[a]				
		12	0.775[a]				
		13	0.865[a]				
		14	0.890[a]				
		15	0.900[a]				

Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, MWIR: Onda infrarroja media, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible

[a] Para el sensor MERIS las bandas centrales están definidas por el ancho de banda espectral variable entre 0.00125 µm y 0.03 µm, dependiendo de la aplicación

SENSOR MODIS (IMAGEN ESPECTRO RADIOMÉTRICA DE MODERADA RESOLUCIÓN) (Aronoff, 2005)

Plataformas: NASA Satélites Terra y Aqua
Ancho de cobertura: 2,330 km
Orbita: 705 km, sincronización solar, cercano al polo, orbita circular
10:30 AM desciende el nodo (Terra) y a la 1:30 PM asciende nodo (Aqua)
Resolución radiométrica: 12 bits

Canal	Banda	Longitud de onda	Resolución espacial	Usos principales
1	VIS-Red	620-670	250 m	Tierra/Nubes/Aerosol Límites
2	NIR	841-876	250 m	
3	VIS-Blue	459-479	500 m	Tierra/Nubes/Aerosol Propiedades
4	VIS-Green	545-565	500 m	
5	SWIR	1230-1250	500 m	
6	SWIR	1628-1652	500 m	
7	SWIR	2105-2155	500 m	
8	VIS-Blue	405-420	1 km	Color del océano/ Fitoplancton/ Biogeoquímica
9	VIS-Blue	438-448	1 km	
10	VIS-Blue	483-493	1 km	
11	VIS-Green	526-536	1 km	
12	VIS-Green	546-556	1 km	
13	VIS-Red	662-672	1 km	
14	VIS-Red	673-683	1 km	
15	NIR	743-753	1 km	
16	NIR	862-877	1 km	
17	NIR	890-920	1 km	Condiciones atmosféricas Vapor de agua
18	NIR	931-941	1 km	
19	NIR	915-965	1 km	
20	TIR	3.660-3.840	1 km	Superficie/Nubes Temperatura
21	TIR	3.929-3.989	1 km	
22	TIR	3.929-3.989	1 km	
23	TIR	4.020-4.080	1 km	
24	TIR	4.433-4.498	1 km	Temperatura atmosférica
25	TIR	4.482-4.549	1 km	
26	SWIR	1.360-1.390	1 km	Nubes blancas (cirros) Vapor de agua
27	TIR	6.535-6.895	1 km	
28	TIR	7.175-7.475	1 km	
29	TIR	8.400-8.700	1 km	Propiedades de nubes
30	TIR	9.580-9.880	1 km	Ozono
31	TIR	10.780-11.280	1 km	Superficie/ Temperatura de nubes
32	TIR	11.770-12.270	1 km	
33	TIR	13.185-13.485	1 km	Nubes altas Altitud
34	TIR	13.485-13.785	1 km	
35	TIR	13.785-14.085	1 km	
36	TIR	14.085-14.385	1 km	

Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible

SENSORES LANDSAT (Aronoff, 2005)

Plataforma: Satélites Landsat
Órbita: Sincronización solar, polo cercano, orbitas circulares que en su parte sur cruzan el ecuador aproximadamente a las 9:45 AM

Satélite	Fecha de lanzamiento	Desarmado/Status	Sensores
Landsat 1	Julio 23, 1972	Enero 6, 1978	MSS y RBV*
Landsat 2	Enero 22, 1975	Febrero 25, 1982	MSS y RBV*
Landsat 3	Marzo 5, 1978	Marzo 31, 1983	MSS y RBV*
Landsat 4	Julio 16, 1982	Junio 30, 2001	MSS y TM
Landsat 5	Marzo 1, 1984	En operación	MSS y TM
Landsat 6	Octubre 5, 1983	No alcanzó a orbitar	ETM[1]
Landsat 7	Abril 15, 1999	Operando con fallas	ETM+[1]

* RBV las cámaras tienen dificultades técnicas y pocas imágenes fueron recolectadas
[1] El sensor a bordo del Landsat 6 fue llamado ETM
Landsat 7 lleva el ETM plus o ETM+

Plataforma / Altitud	Sensor	Resolución espectral			Resolución espacial (m)	Ancho de cobertura (km)	Periodo de revisita (días)
		Canal	*Banda*	*Longitud de onda (μm)*			
Landsat 1,2,3 / 900 km	MSS (Landsat 3 únicamente)	4	Verde	0.50-0.60	79	185	18
		5	Roja	0.60-0.70	79		
		6	NIR	0.70-0.80	79		
		7	NIR	0.80-1.10	79		
		8	TIR	10.4-12.5	240		
Landsat 4,5 / 705 km	MSS	1	Verde	0.5-0.6	82	185	16
		2	Roja	0.6-0.7	82		
		3	NIR	0.7-0.8	82		
		4	NIR	0.8-1.1	82		
	TM	1	Azul	0.45-0.515	30		
		2	Verde	0.525-0.605	30		
		3	Roja	0.63-0.69	30		
		4	NIR	0.75-0.90	30		
		5	SWIR	1.55-1.75	30		
		6	TIR	10.4-12.5	120		
		7	SWIR	2.09-2.35	30		
Landsat 7 / 705 km	ETM+	1	Azul	0.45-0.515	30	185	16
		2	Verde	0.525-0.605	30		
		3	Roja	0.63-0.69	30		
		4	NIR	0.75-0.90	30		
		5	SWIR	1.55-1.75	30		
		6	TIR	10.4-12.5	60		
		7	SWIR	2.09-2.35	30		
		8	PAN	0.52-0.90	15		

Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible, PAN: Banda pancromática

SENSORES SPOT (Aronoff, 2005)

Satélite	Fecha de lanzamiento	Desarmado/Status	Sensores
SPOT 1	febrero 1986	2001	HRV y RBV*
SPOT 2	enero 1990	Operando	HRV y RBV*
SPOT 3	septiembre 1993	Falló 14 noviembre de 1996	HRV y RBV*
SPOT 4	marzo 1998	Operando	HRVIR e instrumento de vegetación
SPOT 5	mayo 2002	Operando	HRG, HRS, instrumento de vegetación
* RBV las cámaras tienen dificultades técnicas y fueron recolectadas pocas imágenes			

	Sensor	Longitud de onda (µm)	Resolución espacial (GSD[2])	Ancho de cobertura (km) vista vertical
SPOT 1, 2, 3 / 832 km	HRV[1] modo pancromático (PAN) HRV[1] modo multiespectral (XS)	0.51-0.73 (VIS-PAN) 0.50-0.59 (Verde) 0.61-0.68 (Rojo) 0.79-0.89 (NIR)	10m 20m	60 (cada HRV) 60 (cada HRV)
SPOT 4	HRVIR[1] en modo monocromático HRVIR[1] en modo multiespectral Instrumento de vegetación	0.61-0.68 (Rojo) 0.50-0.59 (Verde) 0.61-0.68 (Rojo) 0.79-0.89 (NIR) 1.53-1.75 (SWIR) 0.43-0.47 (Azul) 0.61-0.68 (Rojo) 0.78-0.89 (NIR) 1.58-1.75 (SWIR)	10m 20m 1.15-1.7 km	60 (cada HRVIR) 60 (cada HRVIR) 2000
SPOT 5	HRG HRG HRS Instrumento de vegetación	0.51-0.73 (Visible) 0.50-0.59 (Verde) 0.61-0.68 (Rojo) 0.79-0.89 (NIR) 1.58-1.75 (SWIR) 0.50-0.59 (Verde) 0.61-0.68 (Rojo) 0.79-0.89 (NIR) 1.58-1.75 (SWIR) 0.43-0.47 (Azul) 0.61-0.68 (Rojo) 0.78-0.89 (NIR) 1.58-1.75 (SWIR)	2.5m o 5m 10m 10m 20m 10m 10m en todas las bandas 1.15-1.7km en todas las bandas	60 (cada HRG) 60 (cada HRG) 120 2000

Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible

[1] Sensor direccionable (±31°)

[2] (GSD) Distancia de una fracción de la tierra, es la medida lineal a través de una superficie representada por un pixel

SENSORES DEL IRS (Indian Remote Sensing) Y ASTER (Aronoff, 2005)

Plataforma/ Operador	Sensor/ Altitud	Resolución espectral			Resolución espacial (m)	Ancho de cobertura (km)	Periodo de revisita (días)
		Canal	*Banda*	*Longitud de onda (μm)*			
IRS-1A, B/ Agencia Nacional Indú de Sensores Remotos	LISS-I, II (cada satélite soporta ambos sensores)	1 2 3 4	Azul Verde Roja NIR	0.45-0.52 0.52-0.59 0.62-0.68 0.77-0.86	LISS-I 72.5 LISS-II 36.25	LISS-I 148 LISS-II 146	22
IRS-IC, D/ Agencia Nacional Indú de Sensores Remotos	Pancromática	Pan	Verde-Roja	0.5-0.75	5.8	70	24
	LISS III	2 3 4 5	Verde Roja NIR SWIR	0.52-0.59 0.62-0.68 0.77-0.86 1.55-1.7	23 23 23 70	142 142 142 148	24
	WiFS	1 2	Roja NIR	0.62-0.68 0.77-0.86	188 188	774	5 al ecuador
Terra-NASA	ASTER	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	Verde Rojo NIR SWIR SWIR SWIR SWIR SWIR SWIR TIR TIR TIR TIR TIR	0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.86 0.60-1.7 2.45-2.185 2.185-2.225 2.235-2.285 2.295-2.365 2.36-2.43 8.125-8.475 8.475-8.825 8.92-9.275 10.25-10.95 10.95-11.65	15 15 15 30 30 30 30 30 30 90 90 90 90 90	60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60	Adquisiciones por solicitud

Abreviaturas: NIR: Infrarrojo cercano, SWIR: Infrarrojo onda-corta, TIR: Infrarrojo térmico, VIS: visible

CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES IKONOS ORBVIEW-3 Y QUICKBIRD (Aronoff, 2005)

Plataforma/ Operador	Sensor	Resolución espectral			Resolución espacial (m)	Ancho de cobertura (km)	Periodo de revisita (días)
		Canal	*Banda*	*Longitud de onda (μm)*			
IKONOS/ Space Image	Pancromático	Pan	VIS/NIR	0.45-0.90	1	11	1.5-3
	Multiespectral	1	Azul	0.45-0.52	4	11	
		2	Verde	0.52-0.60	4		
		3	Rojo	0.63-0.70	4		
		4	NIR	0.76-0.85	4		
OrbView-3/ Orbital Imaging	Pancromática	Pan	VIS/NIR	0.45-0.90	1	8	Menor a 3
	Multiespectral	1	Azul	0.45-.52	4	8	
		2	Verde	0.51-0.60	4		
		3	Rojo	0.63-0.70	4		
		4	NIR	0.76-0.90	4		
QuickBird/ Digital Globe	Pancromático	Pan	VIS/NIR	0.45-0.90	0.61	22	De 1 a 3.5 para ubicaciones específicas
	Multiespectral	1	Azul	0.45-0.52	2.44	22	
		2	Verde	0.52-0.60	2.44		
		3	Rojo	0.63-0.69	2.44		
		4	NIR	0.76-0.90	2.44		

APÉNDICE II

TIPOS DE ARCHIVOS UTILIZADOS EN SIG Y RO

Ápendice	Nombre	Descripción
*.shp	Shape	Almacena la forma visible o apariencia de un objeto en un mapa, utiliza puntos, polígonos o líneas para representar objetos geográficos. El shape se acompaña de los archivos *.shx, *.dbf, *.sbn y *.sbx.
*.dbf	Database Format	Maneja y almacena la información relacionada a un objeto geográfico, dentro de una tabla con campos y registros.
*.prj	Projection	Es la referencia del sistema de coordenadas del objeto geográfico, en el cual se indica la forma en que el objeto, dentro de la superficie de la tierra, fue proyectado en un plano para su representación.
*.bil	Bilinear	Archivo que utiliza la interpolación de sus datos para representarlos en celdas.
*.tiff	Tagged Image File Format	Formato de archivo utilizado para representar imágenes en blanco y negro, de escala de grises o de mapas de bits de color.
*.geotiff		Es un estándar de metadatos de domino público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato tiff.
*.dxf	Drawing Interchange Format	Formato de archivos gráficos 2D y 3D para AutoCAD. Muchos sistemas CAD importan y exportan el formato DXF para el intercambio de gráficos.
*.dwg	Archivos de dibujo de AutoCad	DWG es un formato binario de archivo usado por AutoDesk AutoCAD. Puede contener objetos 2D o 3D y ofrece compresión y una verificación CRC (Códigos de Redundancia Cíclica) para los datos internos.
*.xml	eXtensible Markup Language	Lenguaje informático de marcas para definición e intercambio de datos derivado del SGML.
*.bin	Binario	Archivo que contiene datos codificados como una secuencia de bits de 0 y 1.
*.sgml	Standar Generalizad Marckup Language	Es usado para estructurar la información de un formato Document Type Definition DTD, para intercambiar información entre diferentes programas y máquinas.
raster		Modelo de datos espaciales, el cual puede definir por medio de un conjunto de celdas con arreglo de filas y columnas un espacio específico, compuesto por una o varias bandas. Cada celda contiene un atributo asociado así como sus correspondientes coordenadas de localización.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Cynthia Paola Estrada Cabrera, Liliana López Castro y Erandi del Rocío Andrade Azcárraga por el apoyo en la elaboración de imágenes.

SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana
Coordinación Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfín Madrigal núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Alc. Coyoacán, Ciudad de México C.P. 04360

www.gob.mx/cenapred