

**ACUERDO por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Gobernación.

CARLOS MIGUEL VALDÉS GONZÁLEZ, Director General del Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 23 de la Ley General de Protección Civil; 112 y 113 del Reglamento de la Ley General de Protección Civil, 108, 109, fracción II, 113 y 114, fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación y,

**CONSIDERANDO**

Que la Ley General de Protección Civil señala que los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo; asimismo, establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Centro Nacional) es la institución técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil que tiene entre sus atribuciones la integración del Atlas Nacional de Riesgos (ANR);

Que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 113, segundo párrafo del Reglamento de la Ley General de Protección Civil, el ANR deberá cumplir con los lineamientos y terminología, con base en lo dispuesto en las guías que para tal efecto establezca el Centro Nacional;

Que el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 establece en su Estrategia 1.6.1 la Política estratégica para la prevención de desastres, cuyas líneas de acción comprenden promover y consolidar la elaboración de un ANR a nivel federal, estatal y municipal, asegurando su homogeneidad;

Que en concordancia con el mencionado Plan Nacional, el Programa Nacional de Protección Civil 2013-2018 señala en su línea de acción 1.1.6. Inducir el enfoque preventivo en las actividades de los integrantes del Sistema Nacional de Protección Civil el consolidar al ANR como una herramienta primordial para la toma de decisiones en materia de prevención y como parte de la Estrategia 5.2 Mantener actualizado el ANR para convertirlo en una herramienta útil para el desarrollo y el ordenamiento del territorio, y

Que el citado Programa también prevé Líneas de acción relativas a supervisar el desarrollo y actualización de los Atlas Estatales, Municipales y Delegacionales, bajo criterios homogéneos, integrándolos al ANR; asesorar a las entidades federativas en la integración de sus Atlas Estatales, Municipales y Delegacionales de riesgos, garantizar la operación continua y actualización de las bases de datos del ANR y vincularlo con el Atlas de Vulnerabilidad ante Cambio Climático. Por lo que he tenido a bien expedir el siguiente:

**ACUERDO POR EL QUE SE EMITE LA GUÍA DE CONTENIDO MÍNIMO PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS**

**Artículo Primero.** Se emite la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, misma que se anexa al presente Acuerdo.

**Artículo Segundo.** La Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos es de observancia obligatoria para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que, en el ámbito de sus atribuciones, participen en coordinación con los tres órdenes de gobierno en materia de protección civil, así como para aquéllos que realicen Atlas de Riesgos, conforme a lo establecido en la Ley General de Protección Civil y su Reglamento.

**TRANSITORIO**

**Único.** El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Dado en la Ciudad de México, el 8 de noviembre de 2016.- El Director General del Centro Nacional de Prevención de Desastres, **Carlos Miguel Valdés González.**- Rúbrica.

**ANEXO ÚNICO****GUÍA DE CONTENIDO MÍNIMO PARA LA ELABORACIÓN DEL ATLAS NACIONAL DE RIESGOS**

- I. DISPOSICIONES GENERALES.
- II. FENÓMENOS PERTURBADORES.

- III. COMPONENTES DE UN ATLAS DE RIESGOS.
- IV. FENÓMENOS GEOLÓGICOS.
- V. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.
- VI. FENÓMENOS QUÍMICOS –TECNOLÓGICOS.
- VII. FENÓMENOS SANITARIO-ECOLOGICOS.
- VIII. FENÓMENOS SOCIORGANIZATIVOS.
- IX. REFENCIAS DE ANEXOS.

## **I. DISPOSICIONES GENERALES**

### **I.1. INTRODUCCIÓN**

Con la finalidad de contar con un Atlas Nacional de Riesgos que contenga criterios homogéneos, todos los atlas de riesgos deberá integrar los componentes mínimos que establece el Reglamento de la Ley General de Protección Civil, en su artículo 112, los cuales consisten en un sistema de información geográfica, mapas de peligro, mapas de susceptibilidad para el caso de inestabilidad de laderas, u otro fenómeno cuando así aplique, inventario de bienes expuestos, inventario de vulnerabilidades, mapas de riesgo y escenarios de riesgos.

Para cada uno de los fenómenos de origen natural y antropogénico, específicamente para los agentes que establece la Ley General de Protección Civil en el artículo 2, fracciones XXII, XXIII, XXIV, XXV y XXVI se deberán generar de manera particular los mapas de peligro, de susceptibilidad para el caso de inestabilidad de laderas, u otro fenómeno cuando así aplique, y de riesgos; así como los inventarios de vulnerabilidades y bienes expuestos, tal y como se establece en los capítulos IV, V, VI, VII y VIII de la presente Guía.

Para asegurar su integración al Atlas Nacional de Riesgos, dichos componentes deberán estar integrados en un "Sistema de Información Geográfica" como se establece en esta Guía en el capítulo III.

Antes de elaborar cualquier atlas de riesgo se deberá realizar una Etapa de Planeación, la cual tendrá como objetivo asegurar que cuente con los componentes mínimos, como se establece en esta Guía.

Para la aplicación adecuada de la Guía, se estableció el término "se deberá" para cumplir el requisito mínimo obligatorio y el término "se podrá" para incluir elementos opcionales o complementarios.

Los Anexos que se mencionan en la Guía se pueden consultar en la siguiente página Web: <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/index.php/biblioteca/>

### **I.2. OBJETO**

Establecer los elementos y características mínimas que deberán contener los atlas de riesgos, a fin de posibilitar su integración de manera uniforme al ANR.

### **I.3. MARCO JURÍDICO**

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

Ley General de Protección Civil.

Reglamento de la Ley General de Protección Civil.

Reglamento Interior de la Secretaría de Gobernación.

### **I.4. ÁMBITO ADMINISTRATIVO DE APLICACIÓN**

La presente Guía es de observancia obligatoria para la elaboración del ANR, así como para la elaboración de atlas de riesgos que pretendan incluir capas de información al mismo.

### **I.5. DEFINICIONES**

Para efectos de la presente Guía son aplicables las definiciones señaladas en la Ley General de Protección Civil y su Reglamento y, adicionalmente, se define lo siguiente:

AGEB: Área Geoestadística Básica

ANR: Atlas Nacional de Riesgos

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

Guía: El presente documento

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

LGPC: Ley General de Protección Civil

LIDAR: *Laser Imaging Detection and Ranging* (por sus siglas en inglés)

PEMEX: Petróleos Mexicanos

Reglamento: Reglamento de la Ley General de Protección Civil

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes

SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER: Secretaría de Energía

SEP: Secretaría de Educación Pública

SGM: Servicio Geológico Mexicano

SIG: Sistema de Información Geográfica

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

## **II. FENÓMENOS PERTURBADORES**

Los fenómenos que deberá contener un atlas de riesgos, son aquellos que se establecen en el artículo 2, fracciones XXII, XXIII, XXIV, XXV y XXVI de la LGPC, así como aquéllos que no estén previstos en el ordenamiento señalado pero que se pueden evaluar las consecuencias cuando existan antecedentes documentados del peligro.

### **II.1. FENÓMENOS GEOLÓGICOS**

- a)** Inestabilidad de laderas (deslizamientos, flujos y caídos o derrumbes)
- b)** Licuación de suelos
- c)** Karstificación
- d)** Sismos
- e)** Tsunamis
- f)** Erupciones Volcánicas y
- g)** Hundimientos (subsistencia) y agrietamiento del terreno.
- h)** Fenómenos astronómicos

### **II.2. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

- a)** Ciclón tropical (marea de tormenta, oleaje, vientos y lluvias)
- b)** Inundaciones pluviales

- c) Inundaciones fluviales
- d) Inundaciones costeras
- e) Inundaciones lacustres
- f) Tormentas de nieve
- g) Tormentas de granizo
- h) Tormentas eléctricas
- i) Tormentas de polvo
- j) Sequías
- k) Ondas cálidas
- l) Ondas gélidas
- m) Heladas
- n) Tornados

### **II.3. FENÓMENOS QUÍMICO TECNOLÓGICOS**

- a) Almacenamiento de sustancias peligrosas
- b) Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas
- c) Transporte por ductos
- d) Incendios forestales

### **II.4. FENÓMENOS SANITARIO-ECOLÓGICOS**

- a) Contaminación del suelo, aire y agua
- b) Epidemias y plagas

### **II.5. FENÓMENOS SOCIO-ORGANIZATIVOS**

- a) Demostraciones de inconformidad social
- b) Concentración masiva de población
- c) Terrorismo
- d) Sabotaje
- e) Vandalismo
- f) Accidentes aéreos
- g) Accidentes marítimos
- h) Accidentes terrestres
- i) Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

### **III. COMPONENTES DE UN ATLAS DE RIESGO**

a) Los atlas de riesgo se deberán integrar en una plataforma informática basada en el SIG. El SIG contendrá los componentes que define el artículo 112 del Reglamento: mapas de peligro, mapas de susceptibilidad para el caso de inestabilidad de laderas (u otro fenómeno cuando así aplique), inventario de bienes expuestos, inventario de vulnerabilidades, mapas de riesgo y escenarios de riesgos.

b) Para todos los componentes del atlas de riesgos, se deberá cumplir con lo siguiente:

1. Adjuntar los productos finales, los insumos que se hayan utilizado como sustento, incluyendo, entre otros, las bases teóricas, experimentales, memoria de cálculo, bitácora del proyecto y base de datos de los sistemas expuestos. Describir en la memoria de cálculo los procedimientos utilizados para que puedan ser evaluados por un especialista externo al proyecto.
2. Incluir una lista completa y exhaustiva de las referencias consultadas, tanto para el planteamiento teórico de las funciones, como para la definición de parámetros.

3. Incluir la información general del responsable del desarrollo (Currículum vitae completo, que incluya el número de cédula profesional).

### III.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO

**a)** Para integrar el SIG, deben utilizarse capas de información de tipo geográfico compatibles con la base de datos del ANR, por lo que el formato que se considerará para la información referente al peligro, vulnerabilidad y riesgo de tipo vectorial, es el *shape*.

**b)** El formato *shape* contará con al menos los archivos *shp*, *shx*, *gdb*, *prj*, *sbn*, y *sbx*.

**c)** Se deberá integrar un diccionario de datos para describir cada campo de la tabla de atributos.

**d)** Se podrán usar archivos en formato *raster* para representar principalmente los fenómenos perturbadores.

**e)** El sistema de referencia espacial será el Sistema Geodésico Nacional ITRF2008 época 2010.0 al GRS80 y la proyección cartográfica Cónica Conforme de Lambert (CCL).

**f)** Se deberán elaborar los metadatos de cada una de las capas, apegándose a las variables que se establecen en la Norma Técnica para la elaboración de Metadatos Geográficos del INEGI, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 24 de diciembre de 2010.

**g)** Las capas de información deberán integrarse con bases de datos geográficos dentro de un proyecto SIG, y deberán estar clasificadas de acuerdo al tipo de fenómeno y tener definida una simbología. El SIG deberá contar con herramientas para su visualización, consulta, análisis espacial y temporal que permita la actualización permanente de la información.

**h)** La información sobre peligro, vulnerabilidad y riesgos deberá ser difundida de manera simple y clara mediante un sistema basado en Internet para la consulta pública y permitir la interoperabilidad y acceso a datos abiertos bajo los estándares establecidos por la Open Geoespacial Consortium (OGC).

### III.2. MAPAS DE PELIGRO

**a)** Los mapas de peligro son la representación espacial y temporal de los resultados del análisis, o modelaciones de los fenómenos perturbadores, que expresan la frecuencia o tasa de excedencia de las variables que los caracterizan (por ejemplo, aceleración del suelo o la intensidad de la lluvia).

**b)** Los mapas de peligro se deberán elaborar por cada fenómeno perturbador como se indica en los capítulos IV a VIII de la presente Guía.

**c)** En caso de proponer una metodología alterna para generar mapas de peligro, ésta se podrá utilizar siempre y cuando sea aprobada previamente por el Centro Nacional.

**d)** Para los fenómenos por licuación de suelos y karst, que no están considerados en el artículo 2, fracción XXIII de la LGPC, se podrán evaluar las consecuencias de dichos fenómenos cuando existan antecedentes documentados del peligro. Para evaluarlos, se deberá de cumplir con los lineamientos establecidos en los puntos IV.3 y IV.4, respectivamente de esta Guía.

### III.3. MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD

**a)** Los mapas de susceptibilidad, para el caso de inestabilidad de laderas u otro fenómeno cuando así aplique, contendrán la propensión espacial de que ocurran, considerando la intensidad y variación de sus factores condicionantes. Dicha propensión deberá calcularse utilizando métodos cuantitativos y ser reclasificada para su visualización de acuerdo a los capítulos IV, VII y VIII de la presente Guía, en los temas que así lo establezcan.

**b)** En caso de proponer una metodología alterna para generar mapas de susceptibilidad, ésta se podrá utilizar siempre y cuando sea aprobada previamente por el Centro Nacional.

### III.4. INVENTARIO DE BIENES EXPUESTOS

**a)** Se entenderá por exposición a la cantidad de personas, bienes o sistemas que se encuentran en una zona de estudio y que son susceptibles de ser dañados.

**b)** El inventario de bienes expuestos estará integrado en una base de datos georreferenciados, que contendrá la población, vivienda, edificaciones, infraestructura estratégica, cultivos, instalaciones de fibra óptica, actividad productiva, capital ambiental y cultural, así como cualquier otro bien sujeto a los efectos de los fenómenos perturbadores.

**c)** La infraestructura estratégica, vivienda y edificaciones se deberá asociar a parámetros mínimos para evaluar su vulnerabilidad física conforme a lo siguiente:

1. Población: La población deberá estar representada a nivel localidad, área geostadística básica y/o manzana en formato vectorial y se deberá indicar el número de habitantes, personas con capacidades diferentes, clasificadas por sexo, menores a 6 años y mayores de 60 años de edad. En caso de que la población sea representada a nivel localidad, se utilizará como elemento geométrico de su representación un punto en formato vectorial, y polígonos en caso de que sea representada a nivel de AGEB y/o a nivel de manzana.
2. Vivienda y Edificación: Tipología, sistema constructivo, año de construcción, número de niveles, área del predio, área construida, menaje, sistema de techo, características de bardas de colindancias, materiales usados en puertas y ventanas, valor de la vivienda y menaje. Para su representación geométrica se deberá utilizar puntos o polígonos en formato vectorial.
3. Bienes inmuebles de la infraestructura hospitalaria, educativa, comunicaciones y transporte: Contenido, distribución de contenido por nivel, sistema estructural básico, número de niveles sobre el terreno, año de construcción, área del predio, construida y valor. Para su representación geométrica se deberá utilizar puntos o polígonos en formato vectorial.
4. Puentes: Altura máxima de columna, número de claros, longitud de claro, sistema estructural predominante y valor. Para su representación geométrica se deberá utilizar puntos o polígonos en formato vectorial.
5. Cultivos: Tipo de agricultura, tipo de cultivo, producción y área cultivada.
6. Ganado: Número de cabezas de ganado.
7. Sistemas de agua potable:
  - a)** Redes de distribución y línea de distribución: Material y sistema de construcción, presión de trabajo; longitud, diámetros de tubería, nivel de desplante, piezas especiales, etc.
  - b)** Tanques de almacenamiento y de regulación: Cota sobre el terreno.
  - c)** Fuentes de almacenamiento: Manantiales, pozos, ríos, galerías filtrantes, georreferenciación, cotas del terreno y sistema constructivo, entre otros.

#### **III.4.1. SISTEMAS EXPUESTOS A FENÓMENOS GEOLÓGICOS**

**a)** Se tomarán como sistemas expuestos de los fenómenos geológicos a la población, vivienda e infraestructura estratégica. Adicionalmente, se podrán considerar las instalaciones de fibra óptica y cultivos.

#### **III.4.2. SISTEMAS EXPUESTOS A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

**a)** Se tomará como sistemas expuestos de los fenómenos hidrometeorológicos a la población, vivienda e infraestructura estratégica. Adicionalmente, se podrá considerar las instalaciones de fibra óptica y cultivos.

**b)** Para el caso específico de los fenómenos hidrometeorológicos que se listan a continuación, se deberán considerar además los siguientes sistemas expuestos:

**c)** Inundaciones costeras por marea de tormenta, pluviales, fluviales y lacustres, se deberá analizar, como parte del sistema expuesto, el menaje y se estimará el valor del mismo en cada una de las viviendas en la zona de estudio.

**d)** Tormentas de granizo y de nieve, los sistemas expuestos deberá incluir, además, techos de viviendas y se podrá incluir cultivos y ganado.

**e)** Tormentas eléctricas, los sistemas expuestos podrán incluir, además, ganado.

- f) Sequía, los sistemas expuestos podrán incluir, además, cultivos y ganado.
- g) Ondas gélidas, los sistemas expuestos podrán incluir, además, sistemas de agua potable, cultivos y ganado.
- h) Para el caso de los vientos fuertes provocados por ciclones tropicales y tornados, en el caso de la vivienda se deberán considerar todas las características que se listan en el punto III.4.
- i) Para la infraestructura urbana se deberá incluir las dimensiones generales de las superficies de mayor relevancia, por ejemplo: en las estaciones de distribución de gasolina, la altura de la techumbre y la superficie que cubre; en el caso de los anuncios espectaculares se deberán incluir las dimensiones máximas del anuncio y la altura de ubicación.

#### III.4.3. SISTEMAS EXPUESTOS A FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS

a) Los sistemas expuestos derivados del almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas, estarán integrados por la zona en estudio, señalando la traza urbana en manzanas, vías de comunicación, vivienda e infraestructura básica como son: hospitales, clínicas, centros de salud, estaciones de bomberos, centros de recreación de emergencia, instalaciones de protección civil, escuelas, estancias infantiles, centros de reunión pública, edificios de gobierno, cruz roja, otros sistemas afectables de interés. Para ello, se deberá usar la información sobre uso de suelo, actividad económica y población de instituciones locales y estatales, así como la generada por SEDATU, INEGI, PEMEX, SCT, entre otras. Las escalas de representación de los mapas con los sistemas expuestos deberán ser de 1:1,000 hasta 1:10,000.

b) Los sistemas expuestos derivados de los incendios forestales estarán integrados por la población, su vivienda, la infraestructura, instalaciones y zonas habitadas son los sistemas a proteger desde la perspectiva de Protección Civil, además del valor económico-ambiental de los sistemas forestales, las especies amenazadas de flora y fauna y el patrimonio histórico-artístico. Las escalas de representación de los mapas con los sistemas expuestos deberán ser de 1:20,000 y 1:50,000, y los estudios se deben realizar de forma local o regional.

#### III.4.4. SISTEMAS EXPUESTOS A FENÓMENOS SANITARIO ECOLÓGICOS

a) Los sistemas expuestos derivados de suelo y cuerpos de agua contaminados, deberán ser: la población expuesta, áreas de cultivo, áreas recreativas, pozos de agua potable, zonas de pastoreo de ganado y cuerpos de agua superficial de pesca y/o para consumo humano.

b) Para el caso de sitios contaminados además se deberá identificar las fuentes de abastecimiento de agua (ríos superficiales y agua subterránea) que pudieran ser afectadas.

#### III.4.5. SISTEMAS EXPUESTOS A FENÓMENOS SOCIORGANIZATIVOS

a) Para los fenómenos sociorganizativos se considera como sistemas expuestos los sitios en los que se llevan a cabo festividades religiosas, deportivas o culturales, y especifica la capacidad máxima de personas e incidentes ocurridos en éstos, clasificados por el número de incidentes que han ocurrido en ellos. Se deberá elaborar un mapa por cada sistema expuesto que se analice, debiendo incluir información sobre: la traza urbana e infraestructura básica (hospitales, clínicas y centros de salud, estaciones de bomberos, instalaciones de policía, emergencia y protección civil, escuelas, estancias infantiles, instalaciones de comunicación, carreteras, líneas eléctricas, subestaciones, redes de conducción de agua potable, red de drenaje, acueductos, gas natural, gasoductos, cultivos, presas y distritos de riego), y todos aquellos lugares donde puedan existir concentraciones de población tanto públicos como privados. Para ello se deberá usar información pública, como la generada por INEGI, SCT, CFE, PEMEX, SAGARPA, SEMARNAT y CONAGUA.

b) La información de las bases de datos de los sistemas expuestos y los mapas se deberá incluir en formatos electrónicos compatibles con el ANR.

#### III.5. INVENTARIO DE VULNERABILIDADES

a) Se entenderá como vulnerabilidad física a la susceptibilidad o propensión de daño de un sistema expuesto y como vulnerabilidad social a la capacidad de la sociedad para evitar los daños de los bienes expuestos y recuperarse ante el impacto de un fenómeno perturbador.

**b)** Se deberá estimar la vulnerabilidad física de los bienes expuestos tomando en cuenta la susceptibilidad de daños que pudieran ocasionar las intensidades de cada agente perturbador y expresarla mediante funciones de vulnerabilidad.

**c)** Las funciones de vulnerabilidad se definen mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno amenazante.

**d)** Para el caso de la vulnerabilidad social deberá incluirse en el inventario los indicadores sobre la organización, así como las condiciones sociales y económicas que limitan la prevención y la capacidad de la sociedad para recuperarse ante el impacto de los fenómenos perturbadores, la percepción del Riesgo y género, entre otros, como se especifica en el capítulo VIII de esta Guía.

**e)** Se deberá integrar un inventario de vulnerabilidades, el cual contendrá una base de datos georreferenciados de los bienes expuestos, su caracterización y el posible nivel de daño ante la presencia de la intensidad de un fenómeno perturbador: Se deberán incorporar las expresiones que definen a las funciones de vulnerabilidad física, especificando el tipo de fenómeno al que se asocia cada una de ellas, los valores recomendados para coeficientes y exponentes que conformen la expresión, indicando claramente las hipótesis que dieron sustento a la propuesta, además de indicar, para cada caso, las limitantes de su aplicabilidad.

**f)** Para estimar la vulnerabilidad de los sistemas expuestos se utilizarán las intensidades para los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos especificados en los capítulos IV y V de la presente Guía.

**g)** Para determinar la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por el transporte ferroviario de sustancias, materiales y residuos peligrosos se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las personas e instalaciones (propiedades, bienes, equipos, etc.), como se indica en el capítulo VI de la presente Guía.

**h)** Para aquellos bienes expuestos que estén sujetos a los efectos de los fenómenos perturbadores y que no se enmarquen en el RLGPC o no estén definidos en esta Guía, se deberá consultar a la institución responsable de su resguardo para que conjuntamente con el Centro Nacional se establezcan sus características mínimas para la evaluación de su vulnerabilidad.

**i)** En caso de proponer una metodología alterna para estimar la vulnerabilidad física o social, ésta se podrá utilizar siempre y cuando sea aprobada previamente por el Centro Nacional.

### **III.6. MAPAS DE ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

**a)** Cuando no se pueda estimar el peligro de los agentes perturbadores de origen socio - organizativo y sanitario ecológicos, además de los fenómenos de hundimiento y agrietamiento del terreno, o cualquier otro, se podrá recurrir a mapas de estimación de daño y no a la cuantificación del riesgo.

**b)** Los mapas de estimación de daños estarán conformados por el costo del daño histórico o la pérdida del sistema expuesto que se analice: edificación de vivienda e infraestructura básica.

**c)** Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

### **III.7. MAPAS DE RIESGOS**

**a)** Se entenderá por mapa de riesgo la representación gráfica de la distribución espacial y temporal de pérdidas económicas esperadas de los bienes expuestos, ante la presencia de un agente perturbador. Se estimarán tomando en cuenta las intensidades del fenómeno perturbador, la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos. La escala de representación para cada fenómeno será la que se indica en los capítulos IV al VIII de esta Guía.

**b)** En caso de proponer una metodología alterna para generar mapas de riesgos, ésta se podrá utilizar siempre y cuando sea aprobada previamente por el Centro Nacional.

### **III.8. ESCENARIOS DE RIESGOS**

**a)** Se entenderá como escenario de riesgo a la proyección de un futuro posible simulado y que servirá para el análisis prospectivo de daños y pérdidas, y la implementación de acciones estructurales y no

estructurales, con el objetivo de reducir las pérdidas probables. La escala de representación para cada fenómeno será la que se indica en los capítulos IV al VIII de esta Guía.

### III.9. INFORMACIÓN BASE

**a)** Se entenderá como información base aquella que sirva como insumo para la elaboración de mapas de susceptibilidad, peligro y riesgo, así como para determinar las vulnerabilidades de los bienes expuestos.

**b)** Para los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos señalados se deberá utilizar como información base la cartografía digital con un periodo de actualización no mayor a dos años, la escala de representación deberá ser de 1:10,000 o mayor (por ejemplo 1:1,000). La información base debe tener formato electrónico compatibles con el ANR. El mapa deberá contener:

- 1. Características físicas:** Para representar las características topográficas, geológicas (litología y estructural), uso de suelo, cubierta vegetal, cuencas hidrológicas y sus características fisiográficas en el ANR, se deberá integrar imágenes de alta resolución (aéreas o satelitales), con tamaño de pixel menor o igual a 1 metro. Esta información será preferentemente la elaborada por el INEGI, el SGM, la CONABIO, la CONAFOR, y en caso de no existir información con la escala indicada se deberá contemplar un levantamiento de campo.

Para el caso de tsunamis, marea de tormenta e inundaciones fluviales, pluviales y lacustres, se deberá usar curvas de nivel, mínimo a cada 20 cm. Para el caso específico del tsunami y marea de tormenta se deberá incluir la línea de costa. El área de estudio para estos fenómenos deberá abarcar de la línea de costa hasta la cota de 10 m sobre el nivel medio del mar, podrá incluir hasta una cota de 20 m.

- 2. Características sociodemográficas:** La traza urbana a nivel de amanzanamiento. Para ello, se deberá usar información del catastro y/o la cartografía geoestadística urbana y rural. Asimismo, se estimará la población asentada en dicha zona y, en la medida de lo posible, indicar características como: edad, sexo y capacidades diferentes.

La información que se utilice para representar la población, vivienda (INEGI) e indicadores demográficos básicos (CONAPO) deberá ser la más actualizada. En caso de un levantamiento en campo, se deberá mencionar fecha y una breve descripción del método empleado.

- 3. Infraestructura estratégica:** Como parte del mapa base se podrá incluir la infraestructura estratégica (hospitales, clínicas, centros de salud, estaciones de bomberos, instalaciones de policía, emergencia, protección civil, escuelas, estancias infantiles, instalaciones de comunicación, carreteras, infraestructura eléctrica, redes de conducción de agua potable, red de drenaje, gas natural, gasoductos, presas e infraestructura hidroagrícola). Para ello, se deberá usar la información más reciente de instituciones locales, así como la generada, entre otras, por INEGI, SCT, CFE, PEMEX, SAGARPA, SEMARNAT, CONAGUA, SALUD, SEP y SEDESOL. Esta información se deberá proveer al atlas de tal manera que sea factible su continua actualización, ya sea por medio de servicios web, o en formato shape mediante convenios con las instancias generadoras, para actualizar la información constantemente en el mismo formato. Es necesario que la actualización de información se vea reflejada en el sistema de información geográfica que se publique.

## IV. FENÓMENOS GEOLÓGICOS

### IV.1. INESTABILIDAD DE LADERAS (DESLIZAMIENTOS, FLUJOS Y CAÍDOS O DERRUMBES)

**a)** Para la evaluación del riesgo por inestabilidad de laderas, se deberá realizar un inventario de casos documentados de deslizamientos representativos de la zona o región por estudiar (Anexo 1). Posteriormente, se realizarán análisis de susceptibilidad basados en la investigación y determinación de los factores condicionantes que, de manera local o regional, influyen en la inestabilidad de laderas, según la información del inventario. Para la determinación del peligro se considerarán los factores detonantes de inestabilidad como la lluvia y el sismo, según la intensidad y umbrales que arroje el inventario. Esta información permitirá definir el tipo de inestabilidad: deslizamiento, flujo o caído (Anexo 2). Finalmente, la vulnerabilidad de los sistemas expuestos se determinará con base en las características físicas de dichos sistemas, y deberá considerar la intensidad del fenómeno, según el tipo de inestabilidad que se determine en los análisis de peligro que detallan en el siguiente punto.

#### IV.1.1. PELIGRO

a) Para la determinación del peligro por inestabilidad de laderas se deberán realizar análisis separados de los factores condicionantes y de los desencadenantes.

b) Para definir los primeros se deberá realizar una documentación de casos detallada que contenga información histórica de eventos que hayan ocurrido en un periodo no menor a 10 años en el sitio o zona por estudiar. Dicha documentación servirá para definir la influencia de los factores condicionantes y los umbrales de los factores detonantes, tales como sismos y lluvias, mismos que son esenciales para la elaboración de los mapas de susceptibilidad (factores condicionantes), peligro (factores detonantes) y riesgo.

c) Para la integración del inventario se deberá utilizar la metodología y el Formato de Captura y Ordenamiento de Información Georreferenciada que se indica en el Anexo 1. Se deberá incluir la base de datos del inventario y un mapa que contenga los puntos y/o polígonos de dicho inventario.

d) Con la información del inventario se deberán definir las variables a considerar para los análisis de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. Para ello, se deberá considerar como mínimo la geología (litología), la pendiente del terreno (MDET con resolución de 2 a 15 metros) y el uso de suelo y vegetación (densidad forestal), según el Anexo 2. Adicionalmente, se podrán integrar otras variables como el índice de humedad del suelo, la densidad de fallas y fracturas (geología estructural), el intemperismo local y/o regional, y el espesor de capas de suelo, entre otros. Con la integración e interacción de estas variables se deberán elaborar e incluir los mapas que se utilicen para el análisis de susceptibilidad (como mínimo los de geología, pendientes y uso de suelo y vegetación) y el mapa de susceptibilidad resultante.

e) Una vez determinado el mapa de susceptibilidad se deberán elaborar análisis de peligro con información de los umbrales de las lluvias y de los sismos que desencadenan deslizamientos, en el sitio o zona por estudiar, con sus respectivos periodos de retorno.

f) Para el caso de las lluvias se deberán incluir como mínimo 12 mapas de peligro por cada sistema expuesto con periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años; para ello se deberán utilizar los mapas de isoyetas para lluvias con duración de 24 horas (seis mapas) y 48 horas (seis mapas) de duración elaborados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la CONAGUA.

g) Para el caso de los sismos se deberán incluir como mínimo tres mapas de peligro por cada sistema expuesto con aceleraciones del terreno producto de sismos con periodos de retorno de 20, 50 y 100 años; considerando los umbrales de aceleración del terreno que se definan en los inventarios.

h) Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

i) Todos los mapas, procedimientos y análisis empleados se deberán incluir en un informe que contenga la memoria de cálculo, los criterios y las metodologías utilizadas para la elaboración de los mapas, en formatos compatibles con el ANR.

#### **IV.1.2. VULNERABILIDAD**

a) Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características físicas de los sistemas expuestos, y deberán considerar el tipo de fenómeno (caídos, flujos y deslizamientos) con su respectivo grado de intensidad, definido por el volumen de material en movimiento, la velocidad de movimiento y las posibles distancias de recorrido que se definan con los mapas de peligro.

#### **IV.1.3. RIESGO**

a) Se deberá incluir un mapa de riesgo por cada sistema expuesto que se analice, indicando los costos del daño esperado en la infraestructura básica, según el tipo de inestabilidad (deslizamiento, flujo o caído). Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

#### **IV.2. LICUACIÓN DE SUELOS**

a) Para la evaluación del riesgo por licuación de suelos se realizará un análisis de susceptibilidad según los factores que condicionan la ocurrencia del fenómeno. Para la determinación del peligro se considera que el factor principal que detona el fenómeno es el sismo, definiendo la magnitud o intensidad con la que se presentará la licuación. La vulnerabilidad o funciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos a este fenómeno, se determinan con base en las características físicas de dichos sistemas, y deberán considerar la intensidad del fenómeno.

#### **IV.2.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de peligro por cada sistema expuesto que se analice, considerando los factores que condicionan y desencadenan los movimientos.

**b)** Para los factores condicionantes se deberán incluir mapas de: geología (depósitos aluviales, fluviales y aluvio-lacustres), estratigrafía, contenido de humedad del suelo, compacidad relativa del mismo, distribución del tamaño de partículas (granulometría) e isolíneas del nivel freático, los cuales se deberán determinar mediante estudios geológicos, hidrológicos, geotécnicos, mecánica de suelos y geofísicos.

**c)** Para definir la influencia de los factores condicionantes y los umbrales de los sismos que detonan el fenómeno se deberá elaborar la documentación de casos que hayan ocurrido en un periodo no menor a 100 años.

**d)** Se deberán incluir tres mapas de peligro por cada sistema expuesto, asociados a aceleraciones del terreno producto de sismos con periodos de retorno de 20, 50 y 100 años, según los umbrales que se definan en la documentación de casos y los procedimientos que se indican en el Anexo 3.

**e)** Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:5,000 a 1:10,000.

**f)** Todos los mapas, estudios, procedimientos y análisis empleados se deberán integrar en un informe en el que se incluya la memoria de cálculo, los criterios y las metodologías utilizadas para la elaboración de los mapas en formatos compatibles con el ANR.

#### **IV.2.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características físicas de los sistemas expuestos, y deberán considerar la intensidad del fenómeno, la cual estará definida por el porcentaje de la pérdida de capacidad de carga del subsuelo.

#### **IV.2.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de riesgo por cada sistema expuesto que se analice, indicando los costos del daño esperado en la infraestructura básica debido a la licuación de suelos. Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:5,000 a 1:10,000.

#### **IV.3. KARSTIFICACIÓN**

**a)** En la evaluación del riesgo por karst se analiza la intensidad con la que se ha desarrollado este fenómeno en la región, para construir los posibles escenarios de peligro.

##### **IV.3.1. PELIGRO**

**a)** La evaluación del peligro kárstico deberá realizarse considerando los siguientes factores:

- 1.** Factor litológico: Los procesos de karstificación son susceptibles de producirse en lo que se conoce como rocas solubles. Sin embargo, rocas que aparentemente son insolubles se convierten en solubles con el paso del tiempo, como es el caso de las cuarcitas.
- 2.** Factor estructural: La tectónica es la que genera las familias de fallas y de diaclasas que se observan en los macizos kársticos. Los procesos de tensión y descompresión producen fracturas en las rocas, que luego serán aprovechadas por las aguas superficiales para introducirse en el subsuelo.
- 3.** Factor hidrológico: Las regiones kársticas presentan un potencial para la contaminación de acuíferos especialmente grande, debido a que el sistema de drenaje subterráneo no presenta sistemas naturales de filtración y la mayoría de las formas del relieve funcionan como puntos de absorción del agua y los contaminantes, y a que el flujo es sumamente rápido, tanto el flujo difuso por fracturas como el flujo masivo por conductos.
- 4.** Factor climático: Un rasgo fundamental en la disolución de los carbonatos, es la disponibilidad de agua, contenido de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y temperatura. Condiciones influenciadas por el clima, debido a la cuantía de las precipitaciones y a la temperatura que puede incrementar el poder de disolución del agua.

5. Factor temporal: La primera fase de karstogénesis es la generación, desde las zonas de absorción, de una red incipiente de drenaje a través de microfracturas. Progresivamente, algunas de las microfracturas conseguirán conectar con las zonas de surgencia, favoreciendo a través de ellas el flujo del agua y sufriendo un notable ensanchamiento. A partir de aquí la formación de cavidades ya es relativamente rápida.

**b)** La identificación del peligro por karst deberá realizarse a partir de la integración y el análisis de la siguiente información:

1. Mapa topográfico (escala 1: 10,000 mínima).
2. Mapa geológico (escala 1: 10,000 mínima).
3. Mapas de Karst de la República Mexicana (Espinasa-Pereña, 1991, 2007).
4. Análisis del tipo de drenaje superficial, vertical y subterráneo.
5. Valor de caudal circulante.
6. Identificación y georreferenciación de formas del relieve de tipo kárstico.
7. Mapa geomorfológico y de densidad de lineamientos (escala 1: 10,000 mínima).
8. Aplicación de métodos geofísicos (eléctricos, gravimétricos, sísmico y radar de penetración).
9. Geoquímica de aguas.

**c)** Se deberán construir escenarios de peligro de hundimiento por la presencia del proceso de karstificación, así como la probabilidad de que ocurran, además deberán elaborarse mapas de peligro por fenómeno kárstico que identifiquen las zonas donde afectan los hundimientos con diferentes intensidades y periodos de retorno.

#### **IV.3.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características físicas de los sistemas expuestos, según la intensidad de la karstificación, la cual estará definida por la velocidad y la magnitud del hundimiento.

#### **IV.3.3. ESTIMACIÓN DEL DAÑO**

**a)** El riesgo, o valor esperado de los daños, deberá calcularse con base en los mapas de peligro y las funciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos descritas anteriormente. En caso de que no se puedan estimar los mapas de peligro se deberá incluir un mapa de susceptibilidad de daño, indicándose el costo del daño debido al fenómeno kárstico.

#### **IV.4. SISMO**

**a)** Para la evaluación del riesgo sísmico es necesario realizar el análisis de la distribución de aceleraciones espectrales asociadas a un lugar específico que podrá estar expuesto, considerando la ubicación en relación con zonas sísmicamente activas y diferentes periodos de retorno. Las aceleraciones deben reportarse, al menos, para periodos estructurales que sean de utilidad para el análisis. Lo anterior con el fin de identificar y evaluar las zonas donde pudiera haber daños en la vivienda y en la infraestructura estratégica. En caso de proponer una metodología alterna, ésta se podrá utilizar siempre y cuando sea aprobada previamente por el Centro Nacional.

#### **IV.4.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de localizaciones epicentrales e hipocentrales de sismos ocurridos en la zona en estudio, considerando la información histórica hasta la fecha, dichos mapas son insumos necesarios para la elaboración de los mapas de peligros. Además, con el fin de detectar peligros concatenados con la sismicidad local se deberán incluir, mapas geomorfológicos destacando la topografía y la geología, para el caso de la hipsometría, patrón de drenaje, densidad de drenaje, densidad de profundidad, pendientes, densidad de fracturamiento y finalmente el mapa morfológico y los lineamientos geohidrológicos de la zona en estudio.

**b)** Se podrá incluir un mapa de intensidades (Escala de Mercalli Modificada) para cada uno de los sismos que hayan producido daños, dichos mapas son insumos necesarios para la elaboración de los mapas de peligros.

**c)** Se deberá incluir un mapa de peligro sísmico para periodos de retorno de 50, 100, 250, 500 y 1000 años. Se incluirán los productos utilizados para el cálculo del peligro sísmico, una explicación clara del método utilizado, así como la memoria de cálculo de los estudios probabilísticos para determinar la aceleración máxima esperada. Los mapas de peligro sísmico corresponden a mapas de aceleraciones espectrales máximas esperadas en la masa estructural de los sistemas expuestos; considerando, al menos, los periodos fundamentales de las estructuras de 0.0 (aceleraciones pico del terreno o máximas), 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 y 2.0 segundos.

**d)** Se deberá incluir un mapa de microzonificación sísmica de centros urbanos con más de 10,000 habitantes, prioritariamente en las zonas C y D de la Regionalización Sísmica más actualizada publicada por la CFE. Para ello, se deberá hacer un estudio de microzonificación de acuerdo con la metodología descrita en el Anexo 4. Las amplificaciones del movimiento del terreno se deberán corroborar con más de un método. Se deberá incluir los productos utilizados para la elaboración del mapa, esto comprende las coordenadas de las estaciones utilizadas para los estudios de microzonificación sísmica, así como las señales de vibración ambiental, y una explicación de la metodología utilizada; dichos mapas son insumos necesarios para la elaboración de los mapas de peligros.

**e)** Se deberá realizar un reporte que incluya la base de datos empleados en los estudios y el sustento técnico de los resultados con las incertidumbres asociadas.

#### **IV.4.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características físicas de los sistemas expuestos y el grado de intensidad del sismo, definido por la aceleración espectral reportada en los mapas del estudio de peligro sísmico. Se podrán usar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 5.

Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

**b)** En el caso de que no se usen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 5, se deberá incluir el conjunto de valores de aceleración en la masa estructural contra probabilidad o porcentaje de daño que definan a la función de vulnerabilidad, incluyendo su sustento teórico.

#### **IV.4.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de riesgo de los sistemas expuestos, asociado a cada periodo de retorno. Para evaluar el riesgo, se podrá utilizar la metodología indicada en el Anexo 5.

#### **IV.5. TSUNAMI**

**a)** En la evaluación del riesgo por tsunamis es necesario realizar el análisis del oleaje generado por sismos locales, sismos lejanos, deslizamientos del talud continental, por lahares y/o flujos volcánicos producidos por actividad volcánica en costas o cercanos a lagunas. Se debe contar con información de batimetría y topografía de la zona en estudio. Lo anterior, con el fin de identificar las zonas donde pudiera haber daños a la población, vivienda e infraestructura estratégica. Todos los estudios deberán estar asociados a un periodo de retorno.

##### **IV.5.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de ocurrencia histórica de tsunamis originados por sismos locales y lejanos, con información de la altura máxima de ola en la línea de costa, cota máxima alcanzada sobre el nivel medio del mar y el área de inundación generada por la transgresión de la ola.

**b)** Este mapa deberá ser integrado por los estados que tengan áreas costeras susceptibles de afectación por tsunamis, indicados en la figura 1.12 del Anexo 6 y podrá ser integrado por los demás estados costeros.

**c)** Se podrá incluir un mapa de peligro por tsunamis generados por fuentes no sísmicas, como deslizamiento en el talud continental, por lahares y/o flujos volcánicos producidos por actividad volcánica en costas o cercanos a lagunas.

**d)** Se deberán elaborar mapas de peligro por tsunami asociados a eventos con periodos de retorno de 50, 100, 250, 500 y 1000 años, en los que se reporten, como parámetros de intensidad del fenómeno, la altura máxima de ola en la línea de costa, la cota máxima alcanzada sobre el nivel medio del mar y el área de inundación generada por la transgresión de la ola. La altura máxima de oleaje para dicho mapa se podrá calcular utilizando modelación numérica por medio del método descrito en el Anexo 5. El reporte del estudio deberá incluir los insumos utilizados para el cálculo del peligro, así como una explicación clara del método utilizado.

**e)** La magnitud del sismo a considerar se estimará a partir de la ley Gutenberg–Richter para las zonas sismogénicas que tengan influencia en el área de estudio. Se incluirán los productos utilizados para el cálculo del peligro por tsunami, así como una explicación clara del método utilizado.

**f)** Los mapas de peligro por tsunami asociados a eventos con periodos de retorno de 50, 100, 250, 500 y 1000 años deberán ser integrados para los estados que tengan áreas costeras, indicados en la figura 1.12 del Anexo 6.

**g)** Finalmente, se deberá incluir la memoria de cálculo y las incertidumbres asociadas, así como los productos utilizados para la elaboración de los mapas, indicando el método y la base de datos empleada.

#### **IV.5.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características físicas de los sistemas expuestos y el grado de intensidad del tsunami, definido por el tirante de inundación (o altura máxima de ola) y la velocidad de la masa de agua en movimiento. Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

#### **IV.5.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de riesgo por ocurrencia de tsunami generado por sismo local, sismo lejano, deslizamiento del talud continental por lahares y/o flujos volcánicos producidos por actividad volcánica en costas o cercanos a lagunas.

#### **IV.6. VULCANISMO**

**a)** En la evaluación del riesgo por vulcanismo, se realiza el análisis de los peligros o amenazas volcánicas considerando el relieve y topografía de la zona de estudio, con el fin de identificar las zonas donde pudiera haber daños en la población, vivienda e infraestructura estratégica, por los efectos de los distintos fenómenos asociados a las erupciones volcánicas.

##### **IV.6.1. PELIGRO**

**a)** Una adecuada evaluación de los peligros o amenazas volcánicas deberá estar basada primordialmente en tres factores:

1. Deberá identificar claramente del tipo de actividad y manifestaciones que un volcán o región volcánica es capaz de producir y sus alcances, basada en el análisis de la actividad pasada y en la conformación del terreno y morfología del volcán, y sus alrededores;
2. Deberá identificar la distribución estadística que siguen los patrones eruptivos en el tiempo como función de sus magnitudes, esto es, las tasas a las que se producen las distintas manifestaciones que exceden cierto tamaño sobre cada región del entorno, y
3. Analizará el comportamiento estadístico de factores externos que pueden inducir o modificar algunas de las manifestaciones volcánicas como son principalmente agentes meteorológicos e hidrológicos tales como patrones de viento, de lluvia o de trayectorias y caudales de ríos, así como la presencia de glaciares o lagunas.

**b)** Se debe estimar la probabilidad de que ocurra alguna erupción o manifestación específica, en un intervalo de tiempo determinado. Para ello se utilizarán dos parámetros fundamentales:

1. El Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés) definido en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos Anexo 6, y

2. La tasa eruptiva, esto es la tasa media a la que han ocurrido erupciones de cierta magnitud o rango de magnitudes en el tiempo.

c) Además, se deberá identificar plenamente si el volcán o volcanes bajo estudio son capaces de producir cada uno de los distintos fenómenos volcánicos primarios o secundarios y, en su caso, evaluarlos.

d) Se deberán definir los escenarios de amenaza volcánica: Estimar las probabilidades de que alguna de las diversas manifestaciones volcánicas alcance y afecte una cierta región en un intervalo de tiempo dado. Esto determinará el peligro o amenaza volcánica asociado a esa manifestación particular.

e) Se deberá incluir un Mapa de Peligros Volcánicos (escala mínima 1:20,000): Los mapas de peligros volcánicos representarán cartográficamente la extensión o área probable que puede ser afectada por los productos emitidos en cualquiera de las manifestaciones volcánicas. Se deberá considerar todas las áreas, incluyendo las más alejadas: las cenizas volcánicas pueden dispersarse a distancias superiores a los 100 km; los lahares pueden inundar drenajes, pendiente abajo del área de influencia del volcán.

f) Las áreas de posible afectación se delimitarán a partir de la información geológica, cronológica y vulcanológica obtenida. Adicionalmente, para algunos tipos de productos volcánicos se podrán realizar simulaciones de las trayectorias que tomarían durante una futura erupción a partir de software específico de modelación.

g) En el mapa de Peligros Volcánicos, se deberá distinguir entre los peligros primarios y secundarios:

1. Peligros primarios: caída de ceniza, proyectiles balísticos, flujos de lava, flujos piroclásticos, avalancha de escombros, lahares, deslizamientos, gases volcánicos y sismos volcánicos.
2. Peligros secundarios: Inundaciones, tsunamis, contaminación de aguas subterráneas y manantiales, geotermalismo. Éstos están definidos en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos Anexo 6 o cualquier otro peligro que se identifique mediante estudios geológicos.

#### **IV.6.2. VULNERABILIDAD**

a) Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características de la infraestructura básica y vivienda así como el grado de intensidad de cada uno de los fenómenos volcánicos.

b) Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con el tipo de función de vulnerabilidad para cada uno de los peligros volcánicos, primarios y secundarios.

#### **IV.6.3. ESTIMACIÓN DE DAÑOS Y RIESGO**

a) Se deberán incluir mapas de estimación de daños para los agentes perturbadores de origen volcánico para los cuales únicamente se llegue a estudios de amenaza. Se elaborarán mapas de riesgos para aquellos casos en los cuales se pueda asignar una probabilidad de ocurrencia.

#### **IV.7. HUNDIMIENTO (SUBSIDENCIA) Y AGRIETAMIENTO DEL TERRENO**

a) La evaluación del riesgo por estos fenómenos es complicada debido al gran número de factores que influyen en su desarrollo y evolución, así como por las causas que los detonan. No obstante, para la evaluación de las zonas o áreas susceptibles al mismo, se realizarán análisis considerando los factores naturales y no naturales que los desencadenan; y se implementarán medidas de monitoreo para conocer su distribución y evolución en una zona o región. La vulnerabilidad o funciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos a este fenómeno se determinarán con base en las características físicas de dichos sistemas, y se deberá considerar la velocidad y/o la magnitud de manifestación del fenómeno.

##### **IV.7.1. SUSCEPTIBILIDAD**

a) Se deberá incluir un mapa por cada uno de los factores que condicionan la susceptibilidad al fenómeno como: geología (depósitos lacustres aluviales, fluviales y aluvio-lacustres), estratigrafía, contenido de humedad del suelo, módulos de deformación y permeabilidad de los mismos, isolíneas del nivel freático, zonas minadas, cavernas y las propiedades mecánicas del subsuelo que influyan en la ocurrencia del fenómeno; los cuales se deberán determinar mediante estudios geológicos, geohidrológicos, geotécnicos, mecánica de suelos y geofísicos.

b) Para la cuantificación y evolución del fenómeno se deberán utilizar imágenes de satélite, levantamientos con tecnología LIDAR, imágenes aéreas, estudios topográficos u otras técnicas que permitan

determinar las áreas de afectación y de ocurrencia del fenómeno. Para el caso de fotografías se deberán hacer análisis e interpretaciones en un periodo de tiempo no menor a 20 años (documentación de casos). Para los análisis de susceptibilidad se podrán utilizar los procedimientos que se indican en las referencias del Anexo 7. Se deberá incluir toda la información que se genere o se utilice para los análisis de susceptibilidad, incluyendo un informe o memoria descriptiva con la metodología utilizada.

**c)** Para los casos en los que se analicen los fenómenos de hundimiento y agrietamiento del terreno, asociados a la extracción de agua, se deberá elaborar un inventario de los pozos de extracción de agua, donde se especifique el año de instalación del pozo, las profundidades y los gastos de extracción de los mismos, indicando el efecto que tienen en la ocurrencia y la distribución espacial del fenómeno. Asimismo, se deberán realizar estudios para establecer la relación de la tasa de crecimiento de la población, el crecimiento industrial y agrícola, contra la demanda de agua y la evolución de los fenómenos.

**d)** Se deberá contar con información fehaciente de las autoridades locales, estatales y/o federales competentes en el tema.

**e)** Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas deberán ser elaborados con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

**f)** Todos los mapas, procedimientos y análisis empleados se deberán incluir en un informe junto con la memoria de cálculo, los criterios y las metodologías utilizadas para la elaboración de los mapas. Asimismo, se deberá incluir las bases de datos utilizadas y los mapas de susceptibilidad en formatos compatibles con el ANR.

#### **IV.7.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán definir con base en las características físicas de los sistemas expuestos; y se deberá considerar la intensidad del hundimiento, la cual estará definida por la velocidad y la magnitud del hundimiento total y/o diferencial. Para el caso de agrietamiento del terreno también se deberá considerar la velocidad, anchura, evolución y propagación de la o las grietas.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

#### **IV.7.3. ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

**a)** Se deberá incluir un mapa de estimación de daños por cada sistema expuesto que se analice, indicando los costos del daño en la infraestructura básica y edificación de vivienda. Para fines de la planeación del territorio y el desarrollo urbano, los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

### **IV.8 FENÓMENOS ASTRONÓMICOS**

#### **IV.8.1. COLISIONES CON MATERIAL ASTEROIDAL O COMETARIO**

**a)** Se estima que aproximadamente caen a la Tierra 40,000 toneladas de material asteroidal y cometario por año. La mayoría de este material está constituido por partículas milimétricas y micrométricas aunque, eventualmente, cae a la Tierra material cuyos tamaños son del orden de metros (de 1993 a 2014 se detectaron 556 objetos de más de un metro). La interacción de estos cuerpos con la atmósfera de nuestro planeta provoca que este material se caliente, se funda e incluso que se vaporice. Sin embargo, cuando el asteroide o cometa mide más de 2 metros aproximadamente, es muy probable que se fragmente súbitamente en el aire produciendo ondas de choque cuya energía puede ser capaz de romper vidrios y tirar estructuras frágiles (como el caso de Chelyabinsk, Rusia) hasta arrasar con miles de kilómetros de árboles (como sucedió en Tunguska, Rusia, en 1908); de este tipo de eventos se tiene el registro de uno en un intervalo de 200 años. El caso extremo de la colisión de asteroides o cometas con la Tierra se da cuando el tamaño de éstos es del orden de decenas de metros o más. En este caso, la atmósfera terrestre ya no es capaz de deshacerlo y el objeto choca de lleno con la superficie del planeta, produciendo un cráter de impacto con un diámetro de unas 10 veces el tamaño del objeto. Este tipo de eventos puede arrasar con un área densamente poblada. El cráter Barringer, en Estados Unidos, es el mejor conservado y más reciente de los cráteres de impacto de más de un kilómetro, se formó hace 65 mil años y tiene un diámetro de 1,200 metros. De haberse formado actualmente podría haber destruido una ciudad dentro de un área de unos 5 kilómetros de radio. Debido a la tectónica de placas, es difícil tener un registro de todos los cráteres de impacto que se han formado a lo largo de la historia, y saber el tiempo entre colisiones.

**b)** Aunque la probabilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos es muy baja e incierta, se considera necesario indicar su existencia y probabilidad no nula. Sin embargo, dado que cuando ocurren pueden causar daños realmente graves e incluso eventos de extinción, es importante estudiar este fenómeno. Por las características excepcionales de estos fenómenos, la evaluación de los parámetros de peligro, vulnerabilidad y riesgo no alcanza el grado de definición que se tiene para otros fenómenos naturales, debido al gran número de factores, todos con alta incertidumbre, que influyen en su desarrollo y evolución.

#### **IV.8.1.1 Peligro**

**a)** Se recomienda considerar la información resultado del monitoreo que desarrolla el Instituto de Geofísica de la UNAM, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, la Agencia Espacial Mexicana, así como otras instancias internacionales, tales como la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA), Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa (JAXA), para obtener la frecuencia, dimensiones, distribución espacial y temporal, de este tipo de fenómenos; y, de ser posible, obtener mapas que incluyan probabilidades de impacto.

#### **IV.8.1.2 Vulnerabilidad y riesgo**

**a)** Debido a la probabilidad excepcionalmente baja de la ocurrencia del fenómeno en un sitio urbano y/o rural, comparativamente con las probabilidades de ocurrencia de los demás fenómenos contemplados en el presente documento, los reglamentos de construcción en el planeta no contemplan el diseño ante fuerzas generadas por estos eventos. Con base en lo anterior, resulta claro que la vulnerabilidad de los bienes materiales expuestos es alta, y difícil de cuantificar por el momento.

**b)** Tomando en consideración lo mencionado en el párrafo anterior, una vez identificado un objeto que pudiera impactar alguna parte del territorio nacional, se podrá considerar que, en el sitio de impacto y un área de influencia, cuyo radio estaría por definir dependiendo del tamaño y de la velocidad del objeto en cuestión, el nivel de daño esperado en los bienes materiales expuestos es alto.

### **IV.8.2. TORMENTAS SOLARES**

**a)** Las tormentas solares, o Eyecciones de Masa Coronal (CME, por sus siglas en inglés) son ondas de radiación y emisiones de partículas que se desprenden del Sol. Si llegan a la Tierra pueden dañar circuitos eléctricos, transformadores y sistemas electrónicos de comunicación. La magnetósfera terrestre, causada por el campo magnético del planeta, desvía las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol hacia las regiones polares, provocando el fenómeno lumínico conocido como Aurora Boreal (en el hemisferio norte, Austral en el sur). Por ello, el peligro que representa este tipo de fenómenos en regiones tropicales a templadas, como México, es mínimo a inexistente.

## **V. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS**

### **V.1. INUNDACIONES COSTERAS POR MAREA DE TORMENTA**

**a)** La marea de tormenta es el ascenso del nivel del mar en la costa debido a la acción de los vientos de los ciclones tropicales, entre más intenso el ciclón tropical mayor será la marea de tormenta. Sobre este ascenso de nivel del mar también se presenta oleaje, que en ocasiones será importante considerar y calcular, sobre todo si hay vivienda o infraestructura sobre la playa.

#### **V.1.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir mapas de inundaciones costeras asociados para tormenta tropical y para cada intensidad de huracán en la escala Saffir-Simpson (hasta seis mapas), donde el parámetro de intensidad es el tirante de agua o altura de inundación.

**b)** El cálculo de la marea de tormenta se obtendrá de acuerdo con un método simplificado descrito en las referencias bibliográficas indicadas en el Anexo 8 o cualquier otro método con características superiores.

**c)** Finalmente, se deberá incluir la memoria de cálculo para la elaboración de los mapas, indicando el método y la base de datos de trayectorias ciclónicas utilizadas.

**d)** Se podrá usar batimetría para el uso de metodologías más precisas.

**e)** Se podrá tomar en cuenta las fuerzas dinámicas generadas por la marea de tormenta y el oleaje que puedan dañar a las estructuras, la cuales deberán ser revisadas a la luz de un modelo numérico aplicado en la zona de estudio.

#### **V.1.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en el menaje de cada vivienda y el grado de intensidad de la inundación por marea de tormenta, definido por el tirante de inundación.. Se podrán usar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 8.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

**c)** En el caso de que no se utilicen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 8 se deberá incluir el conjunto de valores de tirante contra porcentaje de daño, o de la función de vulnerabilidad utilizada, incluyendo su sustento teórico.

**d)** En caso que se analicen las fuerzas dinámicas generadas por la marea de tormenta y el oleaje, se deberán utilizar funciones de vulnerabilidad que consideren dichas fuerzas contra el porcentaje de daño de las estructuras.

#### **V.1.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de riesgo anual del menaje de las viviendas debido a las inundaciones costeras. Se podrá usar la metodología para obtener el riesgo anual por menaje de las viviendas debido a la inundación costera, descrita en las referencias bibliográficas indicadas en el Anexo 8. En caso que se analicen las fuerzas dinámicas generadas por la marea de tormenta y el oleaje deberá calcularse el costo anual esperado de daño de las estructuras.

**b)** Se deberá incluir un análisis de población potencialmente afectable y mostrar sus resultados en un mapa.

#### **V.2. INUNDACIONES FLUVIALES**

**a)** En la evaluación del riesgo de inundaciones fluviales se realiza el análisis de flujos superficiales en una dimensión, estableciéndose la variación de los gastos, velocidades y perfiles de la superficie libre del agua en los cauces de naturaleza perenne e intermitente de una cuenca de interés, para identificar las zonas donde puede presentarse un desbordamiento que genere una inundación y sus consecuentes daños, asociados a un periodo de retorno.

##### **V.2.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir mapas de inundaciones fluviales calculadas con el tránsito hidráulico de hidrogramas de escurrimiento directo, asociados a los periodos de retorno siguientes: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años. El parámetro de intensidad es el tirante de agua o profundidad de inundación.

**b)** El cálculo de hidrogramas de escurrimiento directo y su tránsito hidráulico sobre los cauces, mediante un análisis unidimensional de flujos, se realizará de acuerdo con las metodologías simplificadas descritas en el Anexo 10 o cualquier otro método de características superiores. En los ríos perennes se podrá usar levantamientos batimétricos de los cauces para la obtención de resultados más precisos.

**c)** Cada uno de los hidrogramas anteriores estará asociado a una intensidad de precipitación con probabilidad de ocurrencia que corresponda con los periodos de retorno señalados. Estas lluvias se obtendrán de mapas de isoyetas, curvas  $hp-d-Tr$ , curvas  $i-d-Tr$  o inclusive de estudios hidrológicos realizados con información de precipitaciones diarias registradas en estaciones climatológicas de la región de estudio. Cabe mencionar que se podrán utilizar los mapas de isoyetas, elaborados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, los cuales se encuentran disponibles en el portal del ANR, en la sección de climatología, con la finalidad de validar los mapas obtenidos.

**d)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la elaboración de los mapas, indicando el método y la base de datos de precipitaciones considerada.

##### **V.2.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en el menaje de cada vivienda y el grado de intensidad de la inundación fluvial, definido por el tirante de inundación. Se podrán utilizar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

**c)** En el caso de que no se utilicen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9, se deberá incluir el conjunto de valores de tirante contra porcentaje de daño considerados, incluyendo su sustento técnico.

### **V.2.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de la susceptibilidad de daño, el cual contendrá el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación fluvial.

**b)** Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada de la zona de estudio.

**c)** Para obtener el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación fluvial, se podrá emplear la metodología descrita en el Anexo 11.

### **V.3. INUNDACIONES PLUVIALES**

**a)** En la evaluación del riesgo de inundaciones pluviales se realiza el análisis de flujos superficiales en dos dimensiones que son consecuencia de una lluvia distribuida espacial y temporalmente dentro de una cuenca de interés.

**b)** Se calcula la variación en el tiempo de las profundidades y velocidades del escurrimiento sobre un terreno definido a partir de un modelo digital de elevaciones, y con este nivel de inundación asociado a un periodo de retorno, se estiman los daños sobre los bienes expuestos.

#### **V.3.1. PELIGRO**

**a)** Se deberán incluir mapas de inundaciones pluviales calculadas con un análisis de flujos superficiales en dos dimensiones horizontales, ocurridos por el escurrimiento de la lluvia efectiva precipitada sobre la región de estudio, y asociada a los periodos de retorno siguientes: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años. El parámetro de intensidad es el tirante de agua o profundidad de inundación.

**b)** Se realizará el cálculo de la lluvia efectiva a partir de la construcción de hietogramas con información de precipitación diaria registrada en la ubicación de estaciones climatológicas dentro del área de estudio. Los hietogramas requeridos se obtendrán con la metodología descrita en el Anexo 12. La distribución espacial de la lluvia puntual calculada en las estaciones climatológicas podrá realizarse con el procedimiento descrito en el Anexo 12, o mediante un cálculo simplificado como el de la lluvia media de los Polígonos de Thiessen.

**c)** El proceso de transformación de la lluvia efectiva en escurrimiento superficial se realizará con la aplicación de un modelo hidráulico en dos dimensiones horizontales, definido mediante las ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento y de conservación de la masa, suponiendo que las velocidades corresponden a su valor promedio en la vertical. La construcción del modelo matemático requerido para los cálculos puede realizarse tomando en cuenta los elementos teóricos descritos en el Anexo 13. De otra forma, podrá utilizarse un modelo comercial o de acceso gratuito cuyo funcionamiento adecuado esté respaldado por su aplicación práctica con resultados exitosos debidamente acreditados. Respecto a los accidentes topográficos del terreno, se podrá utilizar la información LIDAR para obtener resultados más precisos.

**d)** Finalmente, se deberá incluir la memoria de cálculo para la elaboración de los mapas, indicando el método y la base de datos de precipitaciones considerada.

#### **V.3.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en las características del menaje de las viviendas y el grado de intensidad de la inundación pluvial definida por el tirante de inundación. Se podrán utilizar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

**c)** En el caso de que no se utilicen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9, se deberá incluir el conjunto de valores de tirante contra porcentaje de daño considerados, incluyendo su sustento técnico.

#### **V.3.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de susceptibilidad de daño, en el cual se podrá incluir el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación pluvial.

**b)** Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada de la zona de estudio.

**c)** Para obtener el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación pluvial, se podrá emplear la metodología descrita en el Anexo 11.

#### **V.4. INUNDACIONES LACUSTRES**

**a)** La evaluación del riesgo por inundaciones lacustres se realiza mediante el análisis bidimensional de los escurrimientos, especialmente por el ingreso de una avenida hacia una zona lagunar, con la intención de establecer las variaciones de velocidad y cargas (niveles de agua) a lo largo del tiempo en todo el cuerpo de agua, y en caso de desbordamiento, identificar las zonas de inundación y el nivel de afectación de los bienes de un poblado de interés, respecto a periodos de retorno establecidos.

##### **V.4.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir mapas de inundaciones lacustres calculadas con una simulación numérica de flujos superficiales en dos dimensiones horizontales, ocurridas especialmente por el ingreso de una avenida hacia una zona lagunar. El cálculo de los hidrogramas de las avenidas de ingreso se realizará de acuerdo con la metodología simplificada descrita en el Anexo 10, o cualquier otro método de características superiores, asociados a los periodos de retorno siguientes: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años.

**b)** Cada uno de los hidrogramas anteriores estará asociado a una intensidad de precipitación con probabilidad de ocurrencia que corresponda con los periodos de retorno señalados. Estas lluvias se obtendrán de mapas de isoyetas, curvas hp-d-Tr, curvas i-d-Tr, o inclusive de estudios hidrológicos realizados con información de precipitaciones diarias registradas en estaciones climatológicas de la región de estudio.

**c)** La simulación de flujos en la zona lagunar, que implica el cálculo de las variaciones de velocidad y cargas (niveles de agua) a lo largo del tiempo en todo el cuerpo de agua, se realizará con la aplicación de un modelo hidráulico en el que se analice el cambio de almacenamiento dentro de un volumen de control, mediante la aplicación de las ecuaciones de conservación de la cantidad de movimiento y de conservación de la masa. La construcción del modelo matemático requerido para los cálculos puede realizarse tomando en cuenta los elementos teóricos descritos en el Anexo 13. De otra forma, podrá utilizarse un modelo comercial o de acceso gratuito cuyo funcionamiento adecuado esté respaldado por su aplicación práctica con resultados exitosos debidamente acreditados. Respecto a los accidentes topográficos del terreno, se podrá utilizar la información LIDAR para obtener resultados más precisos.

**d)** Finalmente, se deberá incluir la memoria de cálculo para la elaboración de los mapas, indicando el método y la base de datos de precipitaciones considerada.

##### **V.4.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se deberán realizar con base en el menaje de cada vivienda y el grado de intensidad de la inundación lacustre. Se podrán utilizar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad de las viviendas de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad asociadas a las tipologías definidas.

**c)** En el caso de que no se utilicen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 9, se deberá incluir el conjunto de valores de tirante contra porcentaje de daño considerados, incluyendo su sustento técnico.

##### **V.4.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa de susceptibilidad de daño, en el cual se podrá incluir el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación lacustre.

**b)** Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada de la zona de estudio.

**c)** Para obtener el costo del daño anual esperado por menaje de las viviendas debido a la inundación lacustre, se podrá emplear la metodología descrita en el Anexo 11.

#### **V.5. TORMENTAS DE NIEVE**

**a)** En la evaluación de riesgo por tormentas de nieve se realizará, cuando se disponga de la información, el análisis de las alturas de nieve acumulada, para identificar los daños a las techumbres de las viviendas, asociados a diferentes periodos de retorno.

##### **V.5.1. PELIGRO**

**a)** Se analizarán registros de nevadas en estaciones climatológicas, y se establecerán probabilidades anuales de ocurrencia.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por nevadas y las bases de datos de nevadas utilizadas.

##### **V.5.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad deberán relacionar los daños de los bienes expuestos y el grado de intensidad de la tormenta de nieve, definida por ejemplo, con la altura de nieve acumulada. Se deberá incluir el conjunto de valores definitorios de la función.

**b)** Se podrá incluir un mapa de sistemas expuestos vulnerables, un mapa con la distribución de las tipologías de edificación para vivienda en la zona de estudio, por ejemplo, el de viviendas con techos de materiales ligeros o precarios o con cierta inclinación.

##### **V.5.3. RIESGO**

**a)** Se incluirá un mapa de las afectaciones y la gravedad de éstas, o una estimación del costo del daño anual esperado de los sistemas expuestos a nevadas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir el análisis de las afectaciones o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

**c)** En el análisis de riesgo se deberá estimar la población potencialmente afectable y representar mediante un mapa la distribución de sus características.

#### **V.6. TORMENTAS DE GRANIZO**

**a)** En la evaluación de riesgo por tormentas de granizo se realizará, cuando se disponga de la información, el análisis de los espesores de capas de granizo acumulado o de diámetro del mismo, para identificar los daños a las techumbres de las viviendas, asociados a diferentes periodos de retorno.

##### **V.6.1. PELIGRO**

**a)** Se analizarán registros de granizadas en estaciones climatológicas, y se establecerán probabilidades anuales de que ocurran éstas.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por granizadas y las bases de datos utilizadas.

##### **V.6.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad deberán relacionar los daños de los bienes expuestos y el grado de intensidad de la tormenta de granizo, definida por ejemplo, como el espesor de la capa de granizo acumulado o diámetro del mismo. Se deberá incluir el conjunto de valores definitorios de la función.

**b)** Se podrá incluir un mapa de sistemas expuestos vulnerables, un mapa con la distribución de las tipologías de edificación para vivienda en la zona de estudio, por ejemplo, el de viviendas con techos de materiales ligeros o precarios o con cierta inclinación.

##### **V.6.3. Riesgo**

**a)** Se incluirá un mapa de las afectaciones y un documento que describa los daños o una estimación del costo del daño anual esperado de los sistemas expuestos a granizadas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir el análisis de las afectaciones, o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

**c)** En el análisis de riesgo se deberá estimar la población potencialmente afectable y, de preferencia, representar, mediante un mapa, la distribución de sus características.

#### **V.7. TORMENTAS ELÉCTRICAS**

**a)** En la evaluación de riesgo por tormentas eléctricas se realizará el análisis de la frecuencia de las descargas eléctricas, para identificar los daños de los sistemas expuestos, asociadas a diferentes periodos de retorno.

##### **V.7.1. PELIGRO**

**a)** Se analizarán registros de tormentas eléctricas en estaciones climatológicas, o en bases de datos de descargas eléctricas, y se establecerán probabilidades anuales de que ocurran éstas.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por tormentas eléctricas y las bases de datos utilizadas.

##### **V.7.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Se puede considerar que si ante un evento de tormenta eléctrica, o bien, descargas eléctricas, se producirán daños.

**b)** Se deberá incluir el conjunto de relaciones entre tormentas eléctricas, o descargas eléctricas, contra porcentaje de daño, o de la función de vulnerabilidad utilizada, incluyendo su sustento técnico, tomando en cuenta el párrafo anterior.

##### **V.7.3. RIESGO**

**a)** Se incluirá un resumen de las afectaciones y la gravedad de éstas, o una estimación del costo del daño anual esperado de los sistemas expuestos a tormentas o descargas eléctricas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir el análisis de las afectaciones, o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

**c)** En el análisis de riesgo se deberá estimar la población potencialmente afectable.

#### **V.8. TORMENTAS DE POLVO**

**a)** Las tormentas de polvo son fenómenos que pueden presentarse con diferentes escalas y tiempos de duración. Pueden afectar desde pequeñas comunidades, urbanas o rurales, hasta grandes ciudades y su tiempo de duración depende de la intensidad del factor ambiental detonante. Generalmente se presentan cuando se combinan condiciones de sequedad de suelo desnudo o de escasa vegetación con cambios en las condiciones atmosféricas de alta y baja presión, previos a la estación de lluvias de verano, o por la entrada de frentes fríos.

**b)** Su análisis es complicado ya que para estudiar su comportamiento se necesita modelar la atmósfera y la dinámica de las cubiertas del suelo.

**c)** Para la ocurrencia de una tormenta de polvo debe haber una fuente susceptible a la acción del viento con fuerza suficiente para poner en movimiento partículas de diverso tamaño, parte de las cuales pueden mantenerse en suspensión en diferentes periodos.

**d)** La fuente de las que se nutren las tormentas de polvo tiene como característica la exposición de material particulado (MP) no consolidado con protección deficiente. La escasa vegetación, exacerbada por condiciones de sequía meteorológica de corta o larga duración, cuya persistencia crea zonas desérticas, lechos de lagos o cuerpos de agua secos, planicies aluviales afectadas por salinidad natural o inducida, sedimentos oceánicos, etc.

**e)** El análisis del fenómeno de tormentas de polvo se realizará cuando se tengan registros históricos de su presencia y que hayan tenido algún impacto en la población.

##### **V.8.1. PELIGRO**

**a)** Para el análisis de peligro se deberá modelar tanto las variables atmosféricas, como la dinámica de la vegetación y las superficies susceptibles o fuentes de MP. Se deberán determinar las probabilidades anuales

de que ocurran éstas, así como su severidad. Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por tormentas de polvo y las bases de datos utilizadas.

#### **V.8.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las tormentas de polvo afectan la salud de la población, principalmente en niños, niñas y personas adultas mayores y causan daños en bienes públicos y privados. A nivel domiciliario, es necesario identificar aquellas viviendas que puedan dejar entrar el polvo, afectando a sus ocupantes. Se deberá incluir un mapa de las características físicas de las viviendas en la zona de estudio, que las hagan susceptibles a este fenómeno.

**b)** Asimismo, la acción del viento puede llegar a dañar elementos no estructurales y, en el peor de los casos, a las estructuras mismas; lo anterior se puede consultar en el subcapítulo V.12. Vientos fuertes.

#### **V.8.3. Riesgo**

**a)** Se incluirá un mapa de las afectaciones y un documento que describa los daños o una estimación del costo del daño anual esperado de los sistemas expuestos a tormentas de polvo.

**b)** En el análisis de riesgo se deberá estimar la población potencialmente afectable y, de preferencia, representar mediante un mapa, la distribución de sus características.

**c)** Se deberá tomar en cuenta que de manera indirecta, la tormenta de polvo puede entorpecer el tráfico vehicular en carreteras debido a que se reduce la visibilidad drásticamente, por lo que se pueden presentar accidentes vehiculares.

#### **V.9. SEQUÍA**

**a)** En la evaluación del riesgo por sequía se debe identificar la severidad y duración de la sequía asociándola a sus respectivos periodos de retorno, para posteriormente hacer una estimación del costo de los daños en función de las enfermedades y decesos relacionados con la falta de agua potable en la población, principalmente, y de la pérdida de cultivos y ganado.

##### **V.9.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá caracterizar el fenómeno de la sequía para las zonas de estudio, utilizando cualquiera de los siguientes índices: índice de severidad de sequía de Palmer, índice de precipitación estandarizada o cualquier otro método que considere la severidad y duración de la sequía. Con los índices anteriores se podrán estimar periodos de retorno de los diferentes niveles de sequía: severa, crítica, catastrófica, etc., utilizando la referencia indicada en el Anexo 14.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo, base de datos de lluvia o escurrimientos utilizada y mapas que muestren los grados de sequía para las zonas de estudio.

##### **V.9.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Se podrán elaborar funciones de vulnerabilidad del deterioro de la salud de la población y de su posible muerte ante la falta de agua potable, así como de pérdidas del cultivo y ganado al disminuir la dotación de agua.

##### **V.9.3. RIESGO**

**a)** Se incluirá un resumen de las afectaciones y la gravedad de éstas, a través de la evaluación socioeconómica de las sequías históricas.

**b)** Se podrá hacer una estimación del costo del daño anual esperado de enfermedades y decesos relacionados con la falta de agua potable en la población, y de la pérdida de cultivos y ganado; en este caso, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada de la zona de estudio.

#### **V.10. ONDAS GÉLIDAS**

**a)** Para el caso de bajas temperaturas se podrá obtener información de la temperatura horaria de estaciones meteorológicas automáticas para calcular funciones de peligro. Por otro lado, se deberán definir las características sociales de la población para inferir su vulnerabilidad.

##### **V.10.1. PELIGRO**

**a)** Se analizarán registros de temperaturas de estaciones meteorológicas, de preferencia automáticas, y se estimarán probabilidades de que ocurran ciertos eventos que rebasen umbrales de temperatura. Se podrá tomar en cuenta también su duración.

**b)** El cálculo del peligro por ondas gélidas se podrá obtener de acuerdo con el método descrito en el Anexo 15, o cualquier otro método con características superiores.

**c)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por ondas gélidas y las bases de datos utilizadas.

#### **V.10.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Se deberá incluir el conjunto de relaciones entre ondas gélidas, caracterizadas por las temperaturas alcanzadas y, en lo posible, su duración, contra porcentaje de daño o de la función de vulnerabilidad utilizada, incluyendo su sustento técnico.

**b)** Se podrá tomar en cuenta para el caso de la vulnerabilidad de la población, su condición socioeconómica y edad.

**c)** Se podrá incluir un mapa de sistemas expuestos vulnerables, por ejemplo, el de viviendas precarias, para diferenciarlas del de viviendas más resistentes al frío.

**d)** Se podrán usar las funciones de vulnerabilidad mostradas en el Anexo 16.

#### **V.10.3. RIESGO**

**a)** Se incluirá un resumen de las afectaciones y la gravedad de éstas, o una estimación del costo del daño anual esperado de los sistemas expuestos a ondas gélidas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir el análisis de las afectaciones, o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

**c)** En el análisis de riesgo se deberá estimar la población potencialmente afectable y, de preferencia, representar, mediante un mapa, la distribución de sus características.

#### **V. 11. HELADAS**

**a)** La evaluación del riesgo por heladas se realizará cuando se disponga de la información acerca de temperaturas inferiores a 0.0°C y una duración de esa temperatura de por lo menos cuatro horas para identificar los daños a los cultivos, asociados a diferentes periodos de retorno.

##### **V.11.1 PELIGRO**

**a)** Se analizarán registros de heladas en estaciones climatológicas, y se establecerán probabilidades anuales de ocurrencia.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por heladas y las bases de datos de temperaturas mínimas utilizadas y de la probabilidad de ocurrencia de la primera y la última heladas.

##### **V.11.2 VULNERABILIDAD**

**a)** En función de las características propias de los cultivos se deberán relacionar los daños de éstos con la ocurrencia de las heladas, definidas con base en la temperatura de 0.0°C y una duración mínima de cuatro horas. De especial atención se consideran las llamadas heladas negras.

**b)** Se podrá incluir un mapa de distribución de cultivos vulnerables, con su estado fenológico y un mapa con la distribución de las heladas durante el evento.

##### **V.11.3 RIESGO**

**a)** Se incluirá un mapa de las afectaciones y la gravedad de éstas, o una estimación del costo del daño anual esperado de los cultivos expuestos a heladas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir el análisis de las afectaciones o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

**c)** En el análisis de riesgo se deberá estimar los cultivos potencialmente afectables y representar mediante un mapa la distribución de sus características.

#### **V.12. ONDAS CÁLIDAS**

**a)** En la evaluación del riesgo por ondas cálidas se debe de identificar las zonas en donde se presenta el fenómeno en función de la temperatura máxima determinando su correspondiente periodo de retorno y posteriormente hacer una estimación del costo de los daños en función de las enfermedades y decesos relacionados.

##### **V.12.1. PELIGRO**

**a)** Se identificarán las ondas de calor fijando un umbral para la zona de estudio, con base en temperaturas máximas diarias, y en un análisis más detallado se podrá incluir incluso las temperaturas mínimas diarias establecidas en las referencias del Anexo 17. Se puede utilizar la definición de ondas cálidas del Servicio Meteorológico Nacional: se tiene una onda de calor cuando la temperatura máxima diaria excede más de cinco días a la temperatura máxima media.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo para la estimación de peligro por ondas de calor y las bases de datos utilizadas.

##### **V.12.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Se podrán construir funciones de vulnerabilidad de la relación de las ondas de calor y las afectaciones que pudieran presentar la población.

**b)** Se deberá incluir un mapa de las características de las viviendas en la zona de estudio, para saber si se encuentran aptas ante el fenómeno de ondas de calor (si cuentan con aire acondicionado, con qué tipo de material está construido, etc.).

##### **V.12.3. RIESGO**

**a)** Se incluirá un resumen de las afectaciones y un documento que describa los daños, o una estimación del costo del daño anual esperado de la población por ondas de calor.

**b)** Se deberá incluir el análisis de las afectaciones, o la memoria de cálculo de la pérdida anual esperada en la zona de estudio.

#### **V.13. VIENTOS FUERTES**

**a)** En cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos uno de los que mayor daño genera es el viento. El viento, junto con la lluvia, es una de las principales manifestaciones de los fenómenos meteorológicos. El viento es la masa de aire en movimiento. Los vientos son corrientes de aire que se mueven a través de la atmósfera terrestre a diferente altitud con velocidad y dirección variable.

##### **V.13.1. PELIGRO**

**a)** Se deberá incluir mapas de escenarios de peligro por vientos fuertes (mapas de isotacas), indicando la velocidad regional del viento en km/h, a una altura de 10 metros sobre el terreno, factorizada por las características topográficas del sitio. Los mapas se deberán elaborar para tres periodos de retorno: 50, 100 y 200 años.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo del proceso para la elaboración de los mapas, indicando el método, la base de datos utilizada y la información topográfica considerada. En relación con este último aspecto, se deberá incluir un mapa en escala 1:50,000, en el cual se presenten las características de topografía del terreno.

**c)** Finalmente, se deberá incluir los Catálogos de velocidades regionales estándar, la emisión de estos catálogos es responsabilidad de la autoridad local, en este caso la fuente más completa se podrá considerar los mapas de iguales velocidades regionales más actualizados del Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, de la CFE. Además, si se llegara a emplear información adicional local, se deberán incluir los Catálogos de velocidades regionales de eventos extraordinarios locales, registrados con estaciones locales.

**V.13.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Las funciones de vulnerabilidad se estimarán con base en la velocidad de viento calculada a la altura del centroide de la superficie del obstáculo del elemento susceptible de ser dañado. Se podrá usar las funciones de vulnerabilidad del Anexo 5 para los casos que en él se especifican.

**b)** Se deberá incluir un mapa de vulnerabilidad para las viviendas, otro para la infraestructura estratégica y otro para la infraestructura urbana.

**c)** En el caso de que no se usen las funciones de vulnerabilidad del Anexo 5, se deberá incluir el conjunto de valores de velocidad de viento (km/h) contra probabilidad o porcentaje de daño o de la función de vulnerabilidad utilizada, incluyendo su sustento teórico.

**d)** La escala utilizada para los mapas de vulnerabilidad deberá ser consistente con la empleada en el rubro de sistemas expuestos.

**V.13.3. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir un mapa del nivel de daño en los sistemas expuestos asociado a cada periodo de retorno. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de los mapas anteriores. Para evaluar el riesgo, se podrá utilizar la metodología indicada en el Anexo 5 presentado en el apartado de peligro sísmico.

**VI. FENÓMENOS QUÍMICO –TECNOLÓGICOS**

**a)** Durante el almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas pueden presentarse como consecuencia de un accidente, los siguientes eventos:

1. Fuga o derrame de sustancias tóxicas en estado gaseoso, líquido y sólido.
2. Incendios.
3. Explosiones.

**b)** Los accidentes con sustancias químicas pueden tener efectos negativos sobre:

1. La población: provocando muerte lesión, invalidez, intoxicación o enfermedad, ya sea a corto, mediano o largo plazo.
2. El ambiente: produciendo contaminación del suelo, aire, agua superficial y agua subterránea.
3. Las construcciones: ocasionando daño a equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios.
4. La economía: debido a la suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos para el auxilio de la población afectada.

**c)** La radiactividad es un fenómeno que presentan algunos elementos químicos debido a la cual emiten espontáneamente radiaciones electromagnéticas o partículas, esta característica está incluida entre los agentes químico-tecnológicos. Sin embargo, en esta Guía sólo se contempla la ubicación de las fuentes radiactivas como parte de la identificación de peligros, ya que su regulación y vigilancia es competencia de la SENER a través de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CONASENUSA).

**VI.1. VULNERABILIDAD**

**a)** Para establecer la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por el almacenamiento, autotransporte, transporte ferroviario y a través de ductos de sustancias, materiales y residuos peligrosos, se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las personas, la cual se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño por fenómenos de tipo mecánico (ondas de sobre presión, impulso, proyectiles), de tipo térmico (radiación térmica) y de tipo químico (concentraciones de la sustancia química en el aire). Las ecuaciones empleadas deberán establecer una relación dosis-efecto (respuesta).

**b)** Para cada uno de los escenarios de accidentes incluidos en los mapas de peligro, se deberá realizar lo siguiente:

1. Analizar y determinar la población e instalaciones dentro de las áreas y distancias de riesgo (aislamiento) y amortiguamiento (evacuación).
2. Establecer la probabilidad de que ocurra un accidente dentro de las instalaciones o durante el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
3. Determinar la población que está dentro de las áreas y distancias de riesgo (aislamiento) y amortiguamiento (evacuación).
4. Incluir un mapa para cada escenario de accidente considerado en los mapas de peligro. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de los mapas anteriores.
5. Incluir la fuente, referencia, método de cálculo o registros de accidentes usados para la obtención de las probabilidades o frecuencias.

## **VI.2. ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

a) Los accidentes en el almacenamiento de sustancias químicas pueden presentarse por diversas causas, entre las que se incluyen: fallas operativas en los procesos industriales, fallas mecánicas en los equipos, errores humanos, pérdida de servicios, fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundación, erupción volcánica, etc.), desviaciones en los parámetros del proceso y causas premeditadas.

### **VI.2.1. PELIGRO**

a) Para el caso de los fenómenos químico-tecnológicos el peligro se define como la capacidad intrínseca de una sustancia química de causar daño o afectación a las personas, a las propiedades y al ambiente. Esta definición de peligro no involucra periodos de retorno ni intensidades, sin embargo, el proceso de análisis de riesgo incluye la probabilidad de que suceda un accidente o evento determinado, así como las probabilidades de daño a la población.

b) En este sentido, la ubicación de las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que tienen almacenadas sustancias químicas, así como la identificación de las que son transportadas por vía terrestre constituye el primer paso en el proceso de análisis de riesgos, el cual es conocido como identificación de peligros. En esta misma etapa se considera el análisis de consecuencias, es decir, la estimación de las áreas o zonas que se verían afectadas en caso de un accidente que involucre una sustancia química.

c) Para la determinación del peligro por el almacenamiento de sustancias peligrosas se deberán identificar y ubicar las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que manejan sustancias y materiales peligrosos, las cuales representan un peligro a la población, al ambiente y a las instalaciones debido a las características de peligrosidad de las sustancias químicas que almacenan.

d) El propósito de la identificación de peligros es obtener la siguiente información:

1. Tipo y cantidad de sustancias peligrosas que se manejan.
2. Localizar las instalaciones industriales que manejan sustancias peligrosas.
3. Localizar las instalaciones comerciales y de servicios que usan o almacenan sustancias peligrosas.
4. Identificar las propiedades físicas y químicas de las sustancias peligrosas y determinar sus características de peligrosidad.
5. Determinar el tipo de evento que puede ocurrir como consecuencia de una liberación de material peligroso, tal como incendio, explosión o nube tóxica.

e) Para realizar esta identificación se deberán tomar en cuenta las actividades e instalaciones considerando las disposiciones federales y estatales enlistadas en el Anexo 18.

f) Se deberá elaborar mapas con las posibles áreas de afectación en caso de que se presente un accidente que implique la liberación de una sustancia peligrosa, para cada tipo de evento: nubes tóxicas, incendio y explosión, para lo cual pueden considerarse las siguientes opciones.

1. Emplear los radios de afectación reportados por las industrias consideradas altamente riesgosas, contenidos en los programas de prevención de accidentes y los estudios de riesgo presentados ante la SEMARNAT.

2. Emplear los radios de afectación contenidos en el análisis de riesgo y/o en los programas internos de protección civil o su equivalente, que las autoridades de protección civil estatales y municipales solicitan a las empresas que almacenan, producen, comercializan, utilizan o disponen sustancias y materiales peligrosos.
3. Si no se cuenta con los radios de afectación reportados por la empresa, éstos se deberán determinar mediante el uso de modelos matemáticos que determinen las consecuencias derivadas de un accidente con sustancias peligrosas. La selección de las sustancias peligrosas para las cuales se llevará a cabo el cálculo de las áreas de afectación se hará considerando el grado de riesgo de la sustancia para la Salud, Inflamabilidad y Reactividad de acuerdo a la NOM-018-STPS-2000. Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los Centros de Trabajo.

**g)** Deberán considerarse aquellas sustancias que tengan un valor de 3 y 4 en uno o más de los grados de riesgo y comparar el volumen de almacenamiento de estas sustancias con las cantidades de reporte que se encuentran en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 respectivamente con el listado contenido en la NOM-028-STPS-2012 Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas y los listados que las autoridades estatales han emitido para regular las actividades riesgosas o de riesgo.

**h)** Los criterios para definir las zonas de riesgo y amortiguamiento en los alrededores de la instalación son: para nube tóxica la concentración de la sustancia en el aire, para incendio la radiación térmica y para explosión las ondas de sobrepresión. Para el cálculo de estas áreas de afectación se deberán emplear programas de cómputo para la modelación del peligro como son: Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI), Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA por sus siglas en inglés), Hazard analysis in the process industries (PHAST), etc. Los cuales requieren para su utilización de información sobre las condiciones meteorológicas del lugar del accidente, las propiedades fisicoquímicas de la sustancia involucrada, las concentraciones o niveles de interés, las características del recipiente que contiene a la sustancia, entre otros.

**i)** Deberá considerar dos escenarios para cada evento de accidente que son el peor caso y el caso alternativo o más probable, los cuales se definen en el Anexo 19.

**j)** Deberá ubicarse en un mapa por cada municipio y en un mapa estatal, las empresas geo-referenciadas que almacenen sustancias peligrosas determinadas de acuerdo con lo señalado en los párrafos que anteceden, y se deberán trazar las zonas de afectación como consecuencia de una nube tóxica, incendio o explosión obtenidas a partir de los escenarios simulados mediante un programa de cómputo para la modelación o con la información reportada por las empresas e instalaciones en el programa de prevención de accidentes, estudio de riesgo o programa interno de protección civil.

**k)** Deberá elaborarse una base de datos con la información de las instalaciones industriales, comerciales y de servicios, que incluya el nombre de la empresa, actividad industrial, sustancias peligrosas almacenadas, volumen almacenado, dirección, coordenadas geográficas, zonas de riesgo y amortiguamiento en caso de accidente y los criterios empleados para establecer estas zonas.

#### **VI.2.2. RIESGO**

**a)** Se deberá incluir mapas de riesgo donde se incluya cada una de las instalaciones donde se almacenen o manejen sustancias peligrosas, indicando los valores del riesgo individual (curvas de isoriesgo) y el valor del riesgo social correspondiente, los costos del daño esperado en la infraestructura básica para cada escenario de accidente considerado, así como las memorias de cálculo correspondientes como sustento de los mapas anteriores.

**b)** Se podrá usar cualquiera de las metodologías para la evaluación cuantitativa del riesgo en el almacenamiento de materiales peligrosos que cumpla con lo establecido anteriormente.

**c)** Para fines de planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas deberán ser elaborados con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

**VI.3. AUTOTRANSPORTE Y TRANSPORTE FERROVIARIO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

**a)** Los accidentes en el transporte terrestre y ferroviario de sustancias, materiales y residuos peligrosos son eventos en los que puede ocurrir una liberación de éstos y tener un impacto considerable al ambiente, a las propiedades y a las personas próximas al sitio del incidente. El riesgo en el transporte depende en primer lugar de las características peligrosas de cada sustancia, material o residuo, las cuales se manifestarán en las consecuencias específicas de los eventos que puedan presentarse.

**b)** El transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos incluye al autotransporte, al transporte ferroviario y al transporte de sustancias peligrosas por ductos o tuberías.

**c)** El autotransporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos se realiza en las carreteras, calles, avenidas y otras vías de comunicación del país, en esta actividad se emplean diversos tipos y arreglos de vehículos y unidades de arrastre. El transporte ferroviario transporta grandes cantidades de sustancias y materiales peligrosos en las diferentes rutas establecidas en el país, para esta actividad se emplean diversos tipos de unidades de arrastre como son los carrotaques, furgones, contenedores y tolvas.

**VI.3.1. PELIGRO**

**a)** Para establecer el peligro por autotransporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos como primera alternativa se deberá utilizar el "Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro en el transporte terrestre de materiales peligrosos" Anexo 20, este procedimiento es simplificado; Sin embargo, la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia empleada en dicho procedimiento para la obtención de las distancias de afectación, fue elaborada utilizando una base estadística muy detallada y consistente. En caso contrario deberá emplearse alguna de las metodologías para la evaluación cuantitativa del riesgo en el transporte de sustancias y materiales peligrosos existentes en publicaciones especializadas.

**b)** Se debe elaborar mapas georreferenciados por cada municipio y a nivel estatal que incluyan las trayectorias de las carreteras, calles, avenidas u otras vías y de las vías férreas por las que se transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos.

**c)** En estos mapas se deberán identificar las sustancias peligrosas transportadas y para cada una establecer los tipos de eventos químicos considerados (fuga, derrame, incendio o explosión) y determinar las áreas y distancias de riesgo (aislamiento) y amortiguamiento (evacuación) correspondientes.

**d)** Cada uno de los mapas anteriores deberá tener asociada una base de datos que contenga para cada carretera, calle, avenida y vía férrea la información sobre la sustancia o material identificado, los eventos considerados, las correspondientes distancias de riesgo (aislamiento) y amortiguamiento (evacuación) obtenidas y los parámetros empleados para determinar dichas distancias, las características de cada vía de comunicación y vía férrea considerada; el número promedio de unidades que transitan diariamente (tráfico promedio diario), la frecuencia o tasa de accidentes con sustancias y materiales peligrosos; la frecuencia o probabilidad condicional para cada tipo de evento considerado, así como otros parámetros empleados e información de interés para cada municipio. Cuando se realicen modelaciones o simulaciones para obtener las distancias de afectación, la base de datos deberá incluir adicionalmente: los parámetros empleados para la modelación de los escenarios y, los niveles de toxicidad, inflamabilidad y sobrepresión empleados.

**e)** En caso de haberse diseñado escenarios de accidentes para realizar las correspondientes modelaciones o simulaciones y obtener las distancias de afectación, se deberán incluir las memorias de cálculo para cada uno de estos escenarios.

**VI.3.2. RIESGO**

**a)** Se deberán elaborar mapas de riesgo para cada una de las carreteras, calles, avenidas y vías férreas por las cuales se transporten sustancias, materiales y residuos peligrosos, donde se indiquen los valores o niveles del riesgo individual (curvas de isoriesgo) y del riesgo social correspondiente. Los valores de riesgo anteriores se deberán determinar para cada uno de los escenarios de accidentes incluidos en los mapas de peligro desarrollados de acuerdo al numeral 6.3.1 a los que se deberá integrar los resultados correspondientes de vulnerabilidad Asimismo, se deberá incluir las memorias de cálculo correspondientes como sustento de los mapas de riesgo.

**b)** Se podrá usar cualquiera de las metodologías para la evaluación cuantitativa del riesgo en el transporte de materiales peligrosos que cumpla con lo establecido anteriormente y, que caractericen y jerarquicen el riesgo de acuerdo a la probabilidad (o frecuencia) de ocurrencia y los resultados de las consecuencias correspondientes a los eventos y escenarios seleccionados.

c) Para fines de planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

#### **VI.4. TRANSPORTE POR DUCTOS DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

a) El transporte por ductos o tuberías de sustancias peligrosas se realiza de acuerdo con las disposiciones de la SENER y, en el caso de PEMEX se aplica adicionalmente normatividad propia. Se deberá entender por ductos o tuberías de sustancias peligrosas, a los sistemas de transporte y a los sistemas de distribución de hidrocarburos, así como a los ductos que transportan otras sustancias peligrosas.

##### **VI.4.1. PELIGRO**

a) Para establecer el peligro por el transporte de sustancias peligrosas por ducto como primera alternativa se deberá utilizar el "Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro para el transporte de materiales peligrosos por ductos" Anexo 21. Este procedimiento establece distancias de seguridad para niveles establecidos de radiación térmica, inflamabilidad y sobrepresión.

b) Cuando se emplee el procedimiento incluido en el Anexo 21, se deberá elaborar los siguientes productos:

1. Mapas georreferenciados por cada municipio y a nivel estatal que incluyan las trayectorias de los ductos. En estos mapas se deberán identificar las sustancias peligrosas transportadas, para cada sustancia peligrosa se deberá establecer la distancia de seguridad obtenida de acuerdo a la tabla correspondiente.
2. Base de datos para cada uno de los mapas anteriores, que concentre para cada ducto la información sobre la sustancia química que es transportada, nombre del ducto, propietario o administrador, diámetro y presión de operación del ducto, tipo de evento considerado (nubes tóxicas, incendio, explosión), las distancias de seguridad obtenidas y los parámetros empleados para determinar dichas distancias (niveles de toxicidad, de inflamabilidad y de sobre presión), teléfonos de emergencia, así como cualquier otra información de interés.

c) Si se cuenta con el Estudio de Riesgo Ambiental y/o con el Programa de Prevención de Accidentes que los operadores de ductos deben elaborar y entregar a la SEMARNAT, los mapas de peligro deberán incluir las zonas de riesgo y de amortiguamiento para los eventos más probables incluidos en estos documentos, así como la información contenida en el informe técnico del estudio de riesgo ambiental sobre las sustancias involucradas, la identificación y jerarquización de riesgos, la estimación de consecuencias y los criterios utilizados.

d) Cuando no se aplique para la elaboración de los mapas de peligro el procedimiento incluido en el Anexo 21, se deberá emplear la metodología especificada por la SENER para la evaluación de riesgo en el transporte de sustancias peligrosas por ducto, o alguna de las metodologías aplicables para la evaluación cuantitativa del riesgo, desarrollando los mismos productos descritos para cuando se emplea el Anexo 21 de esta Guía.

e) En caso de haberse diseñado escenarios de accidentes para realizar las correspondientes modelaciones o simulaciones y obtener las distancias de afectación, se deberán incluir las memorias de cálculo para cada uno de estos escenarios.

##### **VI.4.2. RIESGO**

a) Para determinar el riesgo y elaborar los mapas correspondientes se deberán emplear las metodologías especificadas por la SENER para la evaluación de riesgo en el transporte de sustancias peligrosas por ducto, o alguna de las metodologías aplicables para la evaluación cuantitativa del riesgo.

b) Para establecer el riesgo en los sistemas de transporte y distribución de sustancias peligrosas por ducto se requiere de información específica para cada uno de los segmentos que integran su trayectoria. Esta información de manera general incluye: condiciones de diseño, condiciones presentes, mantenimiento, condiciones de operación, corrosión, sistemas de protección, anomalías detectadas, frecuencias de falla,

entre otros. Debido a lo anterior los mapas de riesgo solo podrán ser elaborados por las empresas administradoras o propietarias de estos ductos que posean dicha información.

## **VI.5 INCENDIOS FORESTALES**

**a)** Los incendios forestales son eventos que se generan por la intervención de una serie de fenómenos tanto antrópicos como naturales, pueden ser causados esporádicamente de forma natural como un proceso de regeneración para los bosques. Sin embargo, la mayoría de éstos se deben a la intervención de factores como la tala inmoderada, el turismo no ecológico, la cercanía de terrenos de cultivo a los bosques, cambio de uso de suelo y la cercanía a caminos.

### **VI.5.1. PELIGRO**

**a)** Para evaluar la ocurrencia de incendios forestales existen propuestas metodológicas de la Comisión Nacional Forestal CONAFOR que será necesario considerar, el Centro Nacional propone la "Estimación Simplificada de la Amenaza por Incendios", incluida en el Anexo 22, que se deberá seguir para la determinación de un índice de peligro que señala la posibilidad de ocurrencia de incendios en una región determinada; para el cual se consideran tres componentes que son: combustibles forestales, condiciones meteorológicas y factores antropogénicos, a los cuales se les asigna un factor ponderado según el nivel de peligro que representa cada uno.

**b)** Los tres componentes del peligro por incendios forestales son el combustible forestal, los aspectos meteorológicos y las causas que provocan el evento.

- 1.** Componente Combustibles Forestales: Este componente se encuentra determinado por tres parámetros: carga de combustibles compuesta por ligeros (cl) y pesados (cp), y su profundidad también llamada profundidad del mantillo (pcc). La determinación de estos parámetros deberá realizarse en el área de estudio por medio de un muestreo, aplicando la técnica de intersecciones planares.
- 2.** Componente Meteorológico: Este componente tiene gran influencia en la determinación del índice de peligro, ya que de éste depende la humedad relativa y el contenido de humedad del material combustible, la orientación de la pendiente y su recurrencia en los incendios forestales históricos.
- 3.** Componente de Causa: Es de gran importancia considerar los agentes causales de los incendios forestales para su integración en el presente modelo; sin embargo, se presenta una gran dificultad para representarlos espacialmente, por lo que se debe realizar un análisis de los rasgos geográficos asociados con actividades humanas; tales como distancia a vías de acceso al sitio de estudio, distancia a poblados, áreas sometidas a manejo forestal, y se determinan a través de una carta topográfica.

**c)** Una vez obtenidos los tres componentes que intervienen, se debe realizar un análisis espacial empleando SIG para que en forma de mapas se escenifique la zona de estudio y se vayan realizando las operaciones de los valores de cada componente para cada píxel con su valor de peligrosidad, y de esta forma obtener un mapa que indique la posibilidad de ocurrencia de un incendio forestal para una zona y un momento determinado.

**d)** Se puede generar varios escenarios asociados al fenómeno, los principales son:

- 1.** Escenario por distribución espacial del índice de amenaza. Se puede generar escenarios para conocer el nivel de peligro por incendios forestales a nivel local o municipal o hasta regional; cada escenario que se genere demanda información cartográfica y estadística a la misma escala a la que se vaya a realizar el estudio.
- 2.** Escenarios por distribución temporal del índice de amenaza. Es posible generar escenarios que indiquen el nivel de peligro por incendios forestales para cada periodo que sea necesario para el usuario, como puede ser diario, semanal, quincenal, mensual, etc., dependiendo de la temporalidad de los datos con que se cuente.

**e)** Deberá elaborarse mapas georreferenciados por cada municipio y mapas georreferenciados a nivel estatal que incluyan las zonas forestales susceptibles de incendiarse y se deberán incluir las distancias de afectación alrededor del incendio y la población e infraestructura dentro de dichas zonas.

**f)** Cada uno de los mapas anteriores deberá apoyarse en una base de datos que concentre, para cada zona de estudio, el tipo de vegetación identificada, el área que abarca, la información a partir de la recopilación histórica sobre áreas afectadas, evaluación de daños y número de eventos, que hayan ocurrido en el pasado, así como información estadística y obtenida en campo, sobre las condiciones meteorológicas de la zona, datos sobre el material combustible y aspectos del terreno de acuerdo al Anexo 22.

**g)** Se debe considerar factores como el paso de eventos hidrometeorológicos que puedan aumentar en gran medida la cantidad de material combustible disponible, por lo que es necesario que se cuente con mapas combustible forestal muerto y se vaya construyendo una línea de tiempo hasta la información actual.

#### **VI.6.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Para cada uno de los escenarios de amenaza, se deberá determinar el sistema expuesto dentro de las áreas de peligro, identificando el grado de daño e impacto a la población, a las especies animales y vegetales, su densidad y distancia a los sistemas forestales. Es necesario considerar que este fenómeno no sólo afecta a la población e infraestructura urbana, si no que requiere que se cuantifiquen las áreas naturales protegidas, el valor económico-ambiental del sistema forestal la población animal dentro de las zonas de amenaza, así como el patrimonio arqueológico que pudiera dañarse.

**b)** Para identificar el nivel de daño para cada sistema expuesto es necesario evaluarlo por separado, considerando que el impacto de los incendios forestales es diferenciado para cada sistema.

**c)** Para la vivienda y población, es necesario evaluar el material de la construcción, su densidad y cercanía al sistema forestal susceptible a presentar incendios.

**d)** Para evaluar el sistema forestal expuesto que se puede perder o dañar ante un incendio, se debe considerar cuantificar al sistema con su valor productivo, valor de reposición y su valor ambiental, estimando estos valores se puede deducir que el valor total más alto es el más vulnerable y por lo tanto con mayor riesgo. Cabe mencionar que el valor ambiental se asigna según los ecosistemas y especies dentro del sistema, este índice es definido por expertos en el tema, que en este caso es la SEMARNAT. Se puede consultar en las tablas de servicios ambientales de la biodiversidad y se expresa en cantidad de CO<sub>2</sub> o en valor económico.

**e)** Para evaluar el patrimonio arqueológico-histórico, será necesario identificar la existencia en la zona de amenaza o cerca de ésta, cuantificando los monumentos y restos arqueológicos, en caso de existir la vulnerabilidad en este rubro es alta, en caso de no existir es baja.

**f)** Para representar los resultados de este análisis se debe elaborar una tabla y un mapa de las relaciones del sistema expuesto, su distancia al sistema forestal y el porcentaje de daño estimado a esa distancia.

**g)** Considerando que el daño en diferentes grados ocurre como resultado de la exposición a las radiaciones térmicas ocasionadas por los incendios y dependen de la intensidad del calor y del tiempo de exposición. La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente.

#### **VI.5.3. RIESGO**

**a)** Se debe analizar la alteración que produciría un incendio forestal y el impacto económico, pérdidas en patrimonio histórico, pérdidas en especies, daños a la población, a la infraestructura, así como el impacto recreativo y ambiental en los sistemas.

**b)** Se deberá realizar una tabla del impacto o pérdida esperada producida por la presencia de incendios forestales en las zonas vulnerables, considerando los factores a evaluar antes mencionados. Tomando como base la estimación anterior de la vulnerabilidad y agregando los valores de densidad o cantidad del sistema expuesto y su valor económico. En el caso de la población, de las especies en extinción, así como los monumentos históricos, por referirse a un ente invaluable, se cuantificará solamente el número de éstos.

**c)** El valor económico del sistema forestal se debe basar en el Anuario estadístico de la producción forestal más actual de SEMARNAT. Por otro lado el valor ambiental se deberá desglosar como cantidad de captura de carbono CO<sub>2</sub> según el INECC; o bien de biodiversidad, tales como las plantas medicinales u otras especies con alto valor.

### **VII. FENÓMENOS SANITARIO-ECOLOGICOS**

**a)** Cuando se producen cambios drásticos en el equilibrio de los ecosistemas, los organismos no son capaces de adaptarse con la rapidez que exige el cambio, entonces se ven afectadas las especies más vulnerables y se presentan cambios drásticos en las relaciones de todo el ecosistema, por lo cual, se pueden presentar los siguientes tipos de fenómenos sanitarios:

1. **Epidemias:** Se pueden definir como la elevación considerable de la frecuencia de los casos de una enfermedad infecto-contagiosa que alcanza a una zona considerable o a un país completo. Existen dos mecanismos principales para generar una epidemia 1) Por contagio (cuando el virus o la bacteria se transmiten por aire, agua, alimentos o persona a persona), 2) Por inoculación a través de vectores como los mosquitos y otros insectos. Los efectos negativos de una epidemia es la afectación a la población por enfermedad y muerte masivas, la economía debido a los costos de tratamiento e incapacidades de trabajadores.
2. **Plagas:** Se define como cualquier organismo que resulte de algún modo perjudicial para el hombre o sus actividades agropecuarias, cuando la presencia de la plaga produce pérdidas a las cosechas o la mortandad de animales para consumo humano. Los efectos negativos de las plagas, principalmente repercuten en la producción de alimentos para la población e impactan en la economía del país.
3. **La contaminación es básicamente un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, producido sobre todo por la actividad humana. La ineficiencia de los procesos desarrollados por el hombre, ya que la extracción de materias primas, la fabricación de un producto, la energía necesaria para el proceso de fabricación, la distribución de productos, comercialización y el producto mismo generan una considerable cantidad de desperdicios teniendo como consecuencia:**
  - i. Contaminación del agua
  - ii. Contaminación aire
  - iii. Contaminación de suelo
  - iv. Contaminación de alimentos

**b)** Los efectos negativos de la contaminación se ven reflejado en la salud de la población como la intoxicación por sustancias peligrosas, así como escasez de los recursos naturales como el agua, suelo y aire sustento para la producción de alimentos.

#### **VII.1. EPIDEMIAS Y PLAGAS**

**a)** En relación con los fenómenos sanitarios de epidemias y plagas, los organismos responsables de proporcionar la información al ANR son la Secretaría de Salud (SSa) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

#### **VII.2. SITIOS Y CUERPOS DE AGUA CONTAMINADOS**

**a)** La contaminación, se define como un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, producido sobre todo por la actividad de la especie humana. La contaminación en un sentido práctico es el resultado de la ineficiencia de los procesos desarrollados por el hombre, ya que la extracción de materias primas, la fabricación de un producto, la energía necesaria para el proceso de fabricación, la distribución de productos, los envases y empaques para su comercialización y el producto mismo generan una considerable cantidad de desperdicios (aguas residuales, emisiones a la atmósfera, residuos sólidos), que la naturaleza no tiene la capacidad de degradarlos debido a sus complejas características químicas, permaneciendo en el ambiente durante años.

**b)** Las principales fuentes de contaminación son las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, mineras, petroleras, nucleares y de servicios, así como las fugas y derrames de sustancias químicas peligrosas y los asentamientos humanos.

**c)** Para este tema el Centro Nacional ha desarrollado metodologías para contaminación de agua y suelo cuyos contenidos mínimos se enlistan como sigue.

#### **VII.3. PELIGRO**

**a)** Para evaluar un sitio o cuerpo de agua contaminado es necesario coleccionar, clasificar y analizar los datos sobre el sitio; para esto se requiere planear las actividades que satisfagan los objetivos del estudio. Las

actividades de evaluación comprenden: recolectar datos, diseñar el programa de muestreo, coleccionar y analizar muestras, evaluar los resultados y elaborar el reporte.

**b)** Se deberán identificar los sitios y cuerpo de agua contaminados de acuerdo a los estudios que se especifican en el Anexo 23.

**c)** Una vez identificados los sitios o cuerpos de agua contaminados para determinar el peligro se debe comparar las concentraciones de los contaminantes detectados a través del muestreo y análisis en laboratorio, así como los límites máximos permisibles determinados en las normas respecto a contaminación del suelo y agua, para conocer si se rebasan estos límites y en caso de ser rebasados se determina que el sitio está contaminado.

**d)** Otros mapas a generar son:

1. Mapa con la ubicación de las fuentes de contaminación del agua;
2. Mapa con la ubicación de las fuentes de contaminación del suelo;
3. Mapa de contaminación de agua en lagos, el cual especifique el tipo de contaminante, la cantidad de contaminante y el área afectada;
4. Mapa de contaminación de agua por derrame de sustancia peligrosa, el cual especifique la sustancia derramada y el área afectada;
5. Mapa de contaminación de suelo para jales mineros, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada;
6. Mapa de contaminación de suelo para basureros a cielo abierto clandestino, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada;
7. Mapa de contaminación de suelo para basureros a cielo abierto regulares, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada;
8. Mapa de pasivos ambientales, el cual especifique la cantidad de sustancia peligrosa y el área afectada; y
9. Mapa de contaminación de suelo por derrame de sustancia peligrosa, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada.

#### **VII.4. VULNERABILIDAD**

**a)** Para establecer la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por la contaminación del suelo y el agua contaminada, se tomará en cuenta los sistemas expuestos mencionados anteriormente, resaltando la vulnerabilidad de las personas cercanas al lugar contaminado y la vulnerabilidad a las propiedades agrícolas y pecuarias.

**b)** La vulnerabilidad de las personas se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir daño de intoxicación. Para el caso de la vulnerabilidad de las zonas agrícolas y pecuarias se considerará la contaminación de los productos alimenticios que puedan repercutir en intoxicación o enfermedad de las personas que los consuma, por bio-acumulación del contaminante. Las ecuaciones empleadas deberán establecer una relación dosis-efecto (respuesta) y la distancia del sitio contaminado, así como la población o el bien expuesto.

**c)** Se debe estudiar la capacidad de los contaminantes presentes en el sitio para migrar o moverse a través de los diferentes medios, esto es suelo, agua superficial, sedimento, agua subterránea, aire y biota para determinar si pueden llegar a la población ocasionándole uno o más efectos tóxicos indeseables. Existen diferentes vías de exposición por las cuales los receptores están potencialmente expuestos, las cuales son ingestión, inhalación y contacto dérmico.

**d)** Se debe modelar el transporte y destino ambiental de los contaminantes encontrados en el agua, suelo y sedimentos, mediante el uso de software y modelos matemáticos georreferenciando. Los puntos de muestreo, para obtener las curvas de iso-concentración de los contaminantes que representen un riesgo a la salud.

**e)** Los mapas de peligro a la salud debido a sitios o cuerpos de agua contaminados deberán contener las curvas de iso-concentración por cada uno de los contaminantes.

**f)** Se deberá integrar un mapa de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos asociados a cada escenario de accidente considerado en el estudio. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de los mapas anteriores.

**g)** Para cada uno de los escenarios de sitios contaminados incluidos en los mapas de peligro, se deberá realizar un análisis y determinar la población, así como bienes expuestos que están ubicados dentro del área y distancias de influencia tomando en cuenta la concentración de cada contaminante.

**h)** Se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra la intoxicación de la población ubicada dentro de las zonas de afectación.

**i)** Algunas sugerencias de mapas a generar son:

1. Mapa de las iso-concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno en cuerpos de agua y su distancia a los sistemas expuestos;
2. Mapa de las iso-concentraciones de coliformes fecales en cuerpos de agua y su distancia a los sistemas expuestos;
3. Mapa de las iso-concentraciones de demanda química de oxígeno en cuerpos de agua y su distancia a los sistemas expuestos;
4. Mapa de contaminación de suelo para jales mineros, el cual especifique la concentración de metales pesados y su distancia a los sistemas expuestos;
5. Mapa del modelo de transporte de contaminantes en ríos, el cual especifique concentración del contaminante, pluma y tiempo de transporte del contaminante en el medio y los sistemas expuestos; y
6. Mapa del modelo de transporte de contaminantes en suelos porosos saturados, el cual especifique concentración del contaminante, pluma y tiempo de transporte del contaminante en el medio y los sistemas expuestos.

#### **VII.5. RIESGO**

**a)** Se deberán integrar mapas de riesgo en los que se incluyan cada uno de los sitios contaminados donde exista la evidencia de residuos peligrosos, indicando el valor del riesgo social, los costos del daño a la salud de la población y costo por pérdida de alimentos contaminados, así como las memorias de cálculo correspondientes como sustento de los mapas.

**b)** También se elaborarán Mapas de afectación de la población, en los cuales se señalen las zonas en donde el riesgo sea mayor tomando en cuenta la concentración del contaminante, la toxicidad del contaminante, la cercanía a los sistemas expuestos y la estructura de edad de la población expuesta.

**c)** Para fines de planeación del territorio y el desarrollo urbano los mapas se deberán elaborar con escalas de 1:1,000 a 1:10,000.

### **VIII. FENÓMENOS SOCIORGANIZATIVOS**

#### **VIII.1. SUSCEPTIBILIDAD**

**a)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad, y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de concentraciones masivas se obtendrá de la siguiente manera:

1. Identificar y recolectar información para la construcción de las estadísticas e indicadores con el fin de elaborar un catálogo de eventos en el que se incluyan las fechas y los lugares en los que se realizan festejos, que conlleven a grandes concentraciones de población por localidad, que pueden ser: religiosas, deportivas, culturales, tradicionales, oficiales, turísticas, entretenimiento o de otra naturaleza a los mencionados.
2. Capturar las cifras y estadísticas en hoja de cálculo y/o base de datos, que faciliten su incorporación en un sistema de información geográfico.

3. Calcular frecuencias y tasas de ocurrencia, y elaborar mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios, localidades con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, número de emergencias por evento, por cada mil personas en cada municipio y/o localidad, dependiendo de la disponibilidad de información.

**b)** El mapa de susceptibilidad por concentraciones masivas de población debe permitir visualizar los sitios en los que se agrupa la población, así como su recurrencia y tipo de afectación.

#### **VIII.1.1. VULNERABILIDAD**

**a)** La vulnerabilidad de las personas se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño, por concentraciones masivas de población. Se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra una concentración masiva de población y que pueda afectar a la población ubicada dentro de las zonas derivado del poco control del evento.

Se deberá integrar un mapa del nivel de daño en los sistemas expuestos, que en este caso es el lugar en donde se lleva a cabo el evento, asociado a cada escenario de concentración masiva de población considerada en el estudio.

**b)** Se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de los mapas anteriores.

#### **VIII.1.2. RIESGO**

**a)** Se deberá integrar un mapa de susceptibilidad de daño y costo esperado del mismo debido al impacto producido por la presencia de concentraciones masivas de población. En este caso también aplicará el daño expresado en el posible número de personas afectadas.

**b)** Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida esperada de la zona de estudio.

#### **VIII.2. ACCIDENTES DE TRANSPORTE**

**a)** De acuerdo con la SCT, un accidente es todo suceso directamente resultante de la utilización de un aeronave, barco o equipo rodante en el curso del cual, según el caso, una persona o varias, sufren lesiones graves o mueren a consecuencia de estar a bordo de la aeronave, barco o equipo rodante, o por entrar en contacto con un elemento de la aeronave, barco o equipo rodante, o de su contenido.

**b)** Una gran parte de los accidentes se deben a errores humanos. Sin embargo, al mismo tiempo, pueden combinarse diversos factores socio-económicos y físico-geográficos determinantes para su ocurrencia, los cuales generalmente se ignoran o subestiman en la realización de las políticas de prevención de los accidentes.

#### **VIII.2.1. SUSCEPTIBILIDAD**

**a)** Los accidentes de transporte pueden ser aéreos, fluviales o carreteros, y pueden ocasionar un número considerable de lesionados y muertes.

**b)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad, y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por accidentes carreteros se obtendrá de la siguiente manera:

1. Identificar el número de accidentes ocurridos por año, así como el número de decesos y lesionados que ocasionan.
2. Identificar los tramos carreteros o lugares más accidentados clasificados por el número de accidentes.
3. Capturar las cifras y estadísticas en hoja de cálculo y/o base de datos, que faciliten su incorporación en un SIG.
4. Calcular frecuencias y tasas de ocurrencia, así como la elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios y/o localidades con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las

variables. Por ejemplo, número de accidentes anuales, por cada mil personas en cada municipio y/o localidad, dependiendo de la disponibilidad de información.

**c)** Si la información lo permite se pueden agregar los mapas por:

1. Tipo de transporte con mayor incidencia de accidentes;
2. Fechas de mayor número de accidentes (por ejemplo temporada vacacional o temporada de lluvias), y
3. Motivo asociado del accidente carretero (cansancio, alcoholismo, alta velocidad, etc.)

**d)** El mapa de susceptibilidad por accidentes de transporte debe permitir visualizar los sitios en los que ocurren los accidentes, así como su recurrencia y tipo de afectación.

#### **VII.2.2. VULNERABILIDAD**

**a)** Para determinar la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por accidentes de transporte se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las personas y la vulnerabilidad de las instalaciones (propiedades, bienes, equipos, etc.). La vulnerabilidad de las personas se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño, por fenómenos de tipo mecánico (impacto de golpe, impulso o proyectiles). Se deberá determinar la probabilidad de que la población y las instalaciones dentro de las áreas sean afectadas.

#### **VIII.2.3. RIESGO**

**a)** Para establecer el riesgo en accidentes de transporte se requiere de información específica para cada uno de los tramos carreteros en los que ocurre la mayor cantidad de accidentes de acuerdo a los registros obtenidos; esta información de manera general incluye: condiciones de diseño de carretera, condiciones actuales de la misma, mantenimiento, anomalías detectadas, entre otras.

#### **VIII.3. AFECTACIONES EN INSTALACIONES ESTRATÉGICAS POR ERRORES HUMANOS**

**a)** La Infraestructura estratégica "es aquella que es indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos, y cuya destrucción o inhabilitación es una amenaza en contra de la seguridad nacional", conforme al artículo 2 fracción XXXI de la LGPC. La suspensión o disminución de este tipo de servicios en este caso será producto del error humano (desconocimiento de los procesos, distracción y cansancio entre otros).

##### **VIII.3.1. SUSCEPTIBILIDAD**

**a)** La interrupción o afectación de servicios básicos o instalaciones estratégicas producto de errores humanos pueden afectar a un gran número de personas, y se puede presentarse principalmente por falta de mantenimiento, desabasto de combustibles, accidentes, etc.

**b)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por interrupción de servicios se obtendrá de la siguiente manera:

1. Ubicar mediante el uso de un SIG las instalaciones estratégicas y de servicios básicos de la localidad y/o municipio, de acuerdo a la información disponible. Posteriormente, cuantificar el número de veces que se ha presentado interrupción de servicios, producto del error humano.
2. Capturar las cifras y estadísticas, referente al número de eventos por interrupción de servicios o instalaciones estratégicas por motivo de errores humanos, en hoja de cálculo y/o base de datos, que faciliten su incorporación en un sistema de información geográfico.
3. Calcular frecuencias y tasas de ocurrencia, así como la elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios y localidades o con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, número de interrupciones anuales, por cada mil personas en cada municipio y/o localidad, dependiendo de la disponibilidad de información.

**c)** El mapa de susceptibilidad por interrupción de servicios, debe permitir visualizar las instalaciones estratégicas y proveedoras de servicios, así como la recurrencia de su interrupción y tipo de afectación.

### VIII.3.2. VULNERABILIDAD

**a)** Para establecer la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por afectaciones en instalaciones estratégicas producto de errores humanos se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las instalaciones (propiedades, bienes, equipos, etc.) que son operados por personas que, por distracción, cansancio y otros factores, puedan provocar la interrupción total de un servicio.

**b)** Se deberá realizar un análisis y determinar el número de personas que puedan resultar afectadas producto de la interrupción del servicio y se deberá precisar las frecuencias y probabilidades de que ocurra una interrupción que pueda perjudicar a la población ubicada dentro de las zonas de afectación. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de lo anterior.

### VIII.3.3. RIESGO

**a)** Se deberá integrar mapas de riesgo donde se incluya cada una de las instalaciones estratégicas con los costos del daño esperado en la infraestructura, así como las pérdidas económicas por interrupción de servicios y el número de personas que resultarían afectadas.

### VIII.4. INCONFORMIDAD SOCIAL

**a)** Este fenómeno se refiere al disentimiento de un grupo de personas a lo establecido en el orden político, social, económico, moral, etc. Al igual que en el caso de las concentraciones masivas de población este fenómeno per se no es un peligro, solamente si sale de control y afecta a personas o bienes.

#### VIII.4.1. SUSCEPTIBILIDAD

**a)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por inconformidades sociales se obtendrá mediante los siguientes pasos:

1. Identificación del fenómeno, recolección de la información y elaboración de una base de datos sobre los eventos ocurridos (manifestaciones) en un año dado incluyendo fecha, lugar o tramo carretero donde se ha presentado las manifestaciones de inconformidad social, así como sus causas y consecuencias (decesos, población e inmuebles afectados, daños o pérdidas económicas, etc.). A la base de datos se le denominará catálogo de eventos, misma que debe encontrarse en un formato adecuado para posteriormente incluirse en un SIG.
2. Una vez elaborado el catálogo de eventos se procederá a identificar las frecuencias de las variables obtenidas. Por ejemplo, número de eventos anuales en cada municipio y/o localidad, lugares de mayor incidencia, concentración, daños y pérdidas, la cual dependerá de la disponibilidad de información.
3. Elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios y localidades con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, aquel municipio y/o localidad que tenga el mayor número de concentraciones de población que derivaron en manifestaciones de inconformidad social que provocaron muertes o heridos, tendrá un color rojo, es decir, la susceptibilidad que se presenten sucesos de diversa índole por el fenómeno en cuestión será alto.

**b)** El mapa de susceptibilidad por inconformidades sociales debe permitir visualizar los tramos carreteros, edificios administrativos, plazas, avenidas, calles o algún otro punto de reunión en donde ocurren manifestaciones derivadas por inconformidades sociales, así como su recurrencia y tipo de afectación.

#### VIII.4.2. VULNERABILIDAD

**a)** En este caso la vulnerabilidad se establecerá considerando la susceptibilidad de la población a sufrir un daño por manifestaciones de inconformidad social. Se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra una inconformidad social y que pueda afectar a la población ubicada dentro de esas zonas.

**b)** Se deberá integrar un mapa del nivel de daño en los sistemas expuestos, que en este caso es el lugar en donde se realiza la manifestación de inconformidad. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustentado de los mapas anteriores.

#### **VIII.4.3. RIESGO**

**a)** Se deberá integrar un mapa de susceptibilidad de daño y costo esperado del mismo debido al impacto producido por la presencia de manifestaciones de inconformidad social. En este caso también aplicará el daño expresado en personas afectadas. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida esperada de la zona de estudio.

#### **VIII.5. TERRORISMO Y SABOTAJE**

**a)** El terrorismo de acuerdo con la Resolución 1566 del Consejo de Seguridad de la Organización de las Naciones Unidas (2004), se define como: "Actos criminales, inclusive contra civiles, cometidos con la intención de causar la muerte o lesiones corporales graves o de tomar rehenes con el propósito de provocar un estado de terror en la población en general, en un grupo de personas o en determinada persona, intimidar a una población u obligar a un gobierno o a una organización internacional a realizar un acto, o a abstenerse de realizarlo".

**b)** En el caso del sabotaje es un término de origen francés "sabotage" y la Real Academia de la Lengua lo define como "daño o deterioro que en las instalaciones, productos, etc., se hace como procedimiento de lucha contra los patronos, contra el Estado o contra las fuerzas de ocupación en conflictos sociales o políticos".

##### **VIII.5.1. SUSCEPTIBILIDAD**

**a)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por terrorismo y sabotaje se obtendrá mediante los siguientes pasos:

1. Identificación del fenómeno, recolección de la información y elaboración de una base de datos sobre los eventos ocurridos en un año dado incluyendo fecha, lugar donde se ha presentado el acto de terrorismo o sabotaje, así como sus causas y consecuencias (decesos, población e infraestructura afectada, daños, pérdidas económicas, etc.).

A la base de datos elaborada se le denominará catálogo de eventos, misma que debe encontrarse en un formato adecuado para posteriormente incluirse en un SIG.

2. Una vez elaborado el catálogo de eventos se procederá a identificar las frecuencias de las variables obtenidas. Por ejemplo, número de eventos anuales por cada mil personas en cada municipio y/o localidad, lugares de mayor incidencia o daños y pérdidas, la cual dependerá de la disponibilidad de información.
3. Elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios, localidades o un AGEB con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, aquel municipio que tenga el mayor número de actos terroristas o de sabotaje que provocaron muertes o heridos, tendrá un color rojo, es decir, la susceptibilidad que se presenten sucesos de diversa índole por el fenómeno en cuestión será alto.

**b)** El mapa de la susceptibilidad por terrorismo y sabotaje debe mostrar los sitios en los que se ha afectado a la población, servicios, infraestructura o bienes, así como su recurrencia y tipo de afectación.

##### **VIII.5.2. VULNERABILIDAD**

**a)** La vulnerabilidad de las personas se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño, por acciones de sabotaje o acciones terroristas. Se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra acto de este tipo y que pueda afectar a la población ubicada dentro de las zonas de estudio.

**b)** Se deberá integrar un mapa del nivel de daño en los sistemas expuestos, que en este caso es el lugar susceptible de sufrir daño por acciones de sabotaje o terrorismo, asociado a cada escenario en el que pueda presentarse. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo, sustentado de los mapas anteriores.

**VIII.5.3. RIESGO**

**a)** Se deberá integrar un mapa de susceptibilidad de daño y costo esperado del daño debido al impacto producido por acciones de sabotaje o terrorismo. En este caso también aplicará el daño expresado en el número de personas afectadas. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida esperada.

**VIII.6. VANDALISMO (ÍNDICES DELICTIVOS)**

**a)** Definido comúnmente como un fenómeno urbano, que se traduce en actos violentos, generalmente por un grupo de personas, con la finalidad de producir de forma voluntaria y gratuita daños materiales en propiedades tanto públicas como privadas, derivado de alguna inconformidad de tipo social, económica y política.

**b)** Cuando se habla de comportamiento antisocial, se hace referencia al conjunto de conductas que infringen las normas o leyes establecidas que después derivan en vandalismo. La violencia afecta a la población, incrementa los costos de salud y asistencia social, reduce la productividad, disminuye el valor de la propiedad, desorganiza una serie de servicios esenciales y en general deteriora las estructuras de una sociedad.

**VIII.6.1. SUSCEPTIBILIDAD**

**a)** La representación de este tipo de eventos puede realizarse por AGEB, localidad, y municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por vandalismo se obtendrá mediante los siguientes pasos:

1. Identificación del fenómeno, recolección de la información y elaboración de una base de datos sobre los eventos ocurridos en un año dado incluyendo fecha, lugar (colonia o área delictiva) donde se ha presentado vandalismo, si es que no hubiera información al respecto de este fenómeno en particular, podría ser utilizada información referente a robos, asaltos, entre otras acciones delictivas, así como sus consecuencias (decesos, población e inmuebles afectados, daños o pérdidas económicas, etc.). A la base de datos elaborada se le denominará catálogo de eventos, misma que debe encontrarse en un formato adecuado para posteriormente incluirse en un SIG.
2. Una vez elaborado el catálogo de eventos se procederá a identificar las frecuencias de las variables obtenidas. Por ejemplo, número de eventos anuales en cada AGEB, municipio y localidad, lugares de mayor incidencia o daños y pérdidas, la cual dependerá de la disponibilidad de información.
3. Elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios, localidades o AGEB con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, aquel municipio que tenga el mayor número de acciones de vandalismo, robo, asaltos, entre otras acciones delictivas que provocaron muertes o heridos, tendrá un color rojo, es decir, el peligro que se presenten sucesos de diversa índole por el fenómeno en cuestión será alto.

**b)** El mapa de susceptibilidad por vandalismo y/o índices delictivos, debe ubicar los sitios (colonia o área delictiva) en donde se ha presentado: vandalismo, robos, asaltos, entre otras acciones delictivas, así como su recurrencia e impacto.

**VIII.6.2. VULNERABILIDAD**

**a)** La vulnerabilidad de las personas se establecerá considerando la susceptibilidad a sufrir un daño, por acciones de vandalismo o acciones delictivas. Se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra acto de este tipo y que pueda afectar a la población ubicada dentro de las zonas de estudio.

**b)** Se deberá integrar un mapa del nivel de daño en los sistemas expuestos, que en este caso es el lugar susceptible de sufrir daño por acciones de vandalismo, asociado a cada escenario en el que pueda presentarse. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo sustento de los mapas anteriores.

**VIII.6.3. RIESGO**

a) Se deberá integrar un mapa de susceptibilidad de daño y costo esperado del daño debido al impacto producido por vandalismo o acciones delictivas propias como robo o asalto. En este caso también aplicará el daño expresado en el número de personas afectadas y/o colonias o lugares específicos. Asimismo, se deberá incluir la memoria de cálculo de la pérdida esperada.

**VIII.7. INTERRUPCIÓN DE SERVICIOS O INSTALACIONES ESTRATÉGICAS POR ACCIONES PREMEDITADAS**

a) La LGPC en su artículo 2 fracción XXXI, menciona que la Infraestructura Estratégica "es aquella que es indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos, y cuya destrucción o inhabilitación es una amenaza en contra de la seguridad nacional". La suspensión o disminución de este tipo de servicios en este caso será producto de acciones premeditadas.

**VIII.7.1. SUSCEPTIBILIDAD**

a) La representación de este tipo de eventos puede realizarse por localidad, y/o municipio, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de afectación de instalaciones estratégicas por acciones premeditadas se obtendrá mediante los siguientes pasos:

1. Identificación del fenómeno, recolección de la información y elaboración de una base de datos sobre los eventos ocurridos en un año dado incluyendo fecha, lugar donde se han presentado interrupciones de servicios o cualquier otro tipo de afectación en las instalaciones estratégicas, por acciones premeditadas (terrorismo, sabotaje o vandalismo), así como sus causas y consecuencias (decesos, población e inmuebles afectados, daños o pérdidas económicas, etc.). A la base de datos elaborada se le denominará catálogo de eventos, misma que debe encontrarse en un formato adecuado para posteriormente incluirse en un SIG.
2. Una vez elaborado el catálogo de eventos se procederá a identificar las frecuencias de las variables obtenidas. Por ejemplo, número de eventos anuales en cada municipio y/o localidad, lugares de mayor incidencia o daños y pérdidas, la cual dependerá de la disponibilidad de información.
3. Elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación de los municipios, localidades o AGEB con diferentes tasas de eventos o de acuerdo al número máximo de frecuencias de cada una de las variables. Por ejemplo, aquel municipio que tenga el mayor número de afectaciones en instalaciones estratégicas que derivaron en disturbios o provocaron muertes o heridos, tendrá un color rojo, es decir, la susceptibilidad que se presenten sucesos de diversa índole por el fenómeno en cuestión será alto.

b) El mapa de susceptibilidad por afectación en instalaciones estratégicas por acciones premeditadas debe mostrar los sitios en donde ocurren interrupciones de servicios o cualquier otro tipo de afectación en dichas instalaciones, así como su recurrencia, detonados como consecuencia de acciones de terrorismo, sabotaje o vandalismo.

**VIII.7.2. VULNERABILIDAD**

a) Para establecer la vulnerabilidad de los sistemas expuestos por afectaciones en instalaciones estratégicas por acciones premeditadas se desarrollará exclusivamente la vulnerabilidad de las instalaciones (propiedades, bienes, equipos, etc.).

b) Se deberá realizar un análisis y determinar la población que pueda resultar afectada producto de la interrupción del servicio y se deberá realizar la determinación de las frecuencias y probabilidades de que ocurra una interrupción que pueda perjudicar a la población ubicada dentro de las zonas de afectación. Asimismo, se deberá integrar la memoria de cálculo sustento de lo anterior.

**VIII.7.3. RIESGO**

a) Se deberán entregar mapas de riesgo donde se incluya cada una de las instalaciones estratégicas así como los costos del daño esperado en la infraestructura y las pérdidas económicas esperadas por interrupción de servicios producto de acciones premeditadas.

**IX. REFERENCIAS DE ANEXOS**

a) La descripción detallada de cada una de los Anexos aquí enunciados podrá consultarse en la siguiente página Web: <http://www.anr.gob.mx/descargas/>

**Anexo 1** Cenapred, (2013), "Formato de captura de datos para el inventario nacional de deslizamientos". Centro Nacional de Prevención de Desastres. 1 p. (pdf, excel).

Domínguez L., Castañeda A., (2013), "Inventario Nacional de Inestabilidad de Laderas. Formato con macros para la captura y ordenamiento de información georreferenciada". Manual del usuario. Cenapred. 14 p. (pdf).

**Anexo 2** González A., Domínguez L., y Castañeda A., (2015), "Generación de insumos para el atlas nacional de riesgos: Mapa Nacional de Susceptibilidad por Inestabilidad de Laderas", Cenapred, 73 p. (word).

**Anexo 3** Mendoza M.J., Domínguez L., (2002), "Primer caso documentado de licuación en el altiplano central de México", Memorias XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, SMMS, Santiago de Querétaro, Qro, Vol. 1, 10 p. (pdf).

**Anexo 4** Flores H. L., (2001), "Métodos alternos para la estimación del efecto de sitio mediante el uso de arreglos de microtemores", Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Ciencias de la Tierra, 79 p. (pdf).

**Anexo 5** Flores L., et al., (2006), "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos, Evaluación de la vulnerabilidad física y social", Cenapred, 155 p. (pdf).

**Anexo 6** Cenapred, (2006), "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos, Fenómenos Geológicos", 275 p. (pdf).

**Anexo 7** Rojas E. et al., (2002), "Predicción de las zonas de agrietamiento debido a la extracción de agua", Memorias XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, SMMS, Santiago de Querétaro, Qro, Vol. 1, pp 173-181 (pdf). Zermeño M. E., et al., (2005), "Influencia de la extracción del agua en la subsidencia y el agrietamiento", Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Tomo 32.

Pacheco M. J., (2007), "Modelo de subsidencia del valle de Querétaro y predicción de agrietamientos superficiales", Tesis de doctorado, México, Centro de Goeciencias, UNAM, campus Juriquilla, Querétaro.

**Anexo 8** Eslava H. et al. (2008), "Implementación de la metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta: Caso Isla Arena, municipio de Calkiní, Campeche", Libro (s.l.), CENAPRED, ISBN: 978-607-7558-15-6.

Fuentes O. A. et al., (2006), "Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta", Sección de libro, Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos hidrometeorológicos, (s.l.), CENAPRED, Primera edición, ISBN: 970-628-905-4.

**Anexo 9** Cenapred, (2006), "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y riesgos, Fenómenos Hidrometeorológicos", 44 p. (pdf).

**Anexo 10** CONAGUA, (2014), "Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por inundación", Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos (GASIR), 30 p. (pdf).

**Anexo 11** Ordaz *et al.*, (2013), "Vulnerabilidad y riesgo por inundaciones", Colegio de Ingenieros Civiles A. C., Instituto de Ingeniería UNAM, Carso Infraestructura y Construcción, 7 p. (pdf).

**Anexo 12** Fuentes O. A., *et al.*, (2012), "Obtención de hietogramas correspondientes a diferentes periodos de retorno", Memorias de XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica, 10 p. (pdf).

**Anexo 13** CONAGUA, (2012), "Asistencia técnica y capacitación para el mejoramiento de capacidades y el desarrollo e implementación de herramientas en materia de pronóstico hidrológico en México: Modelo de pronóstico en el Río Grijalva 2012" Informe OMN/Premia No. 05/2012, 20 p. (pdf).

**Anexo 14** Escalante C. y Reyes L., (2005), "Análisis de sequías", Libro, Facultad de Ingeniería, UNAM.

**Anexo 15** Cenapred, (2014), "Peligro por ondas gélidas o de frío", Informe interno, Cenapred, 7 p. (word).

**Anexo 16** Cenapred, (2014), "Funciones de vulnerabilidad por ondas gélidas", Informe interno, Cenapred, 3 p. (word).

**Anexo 17** Herrera J. L., (2012), "Análisis de las olas de calor en la República Mexicana", Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Distrito Federal.

Matías L. G., (2014), "Actualización del índice de riesgo por ondas de calor en México", Informe interno, Cenapred. (word).

**Anexo 18** Actividades Peligrosas Considerando Disposiciones Federales (SEMARNAT, 1990, 1992).

**Anexo 19** CENAPRED (2014), Subdirección de Riesgos Químicos, "Metodología para la Generación de Escenarios por Riesgos Químicos".

**Anexo 20** CENAPRED (2014), Subdirección de Riesgos Químicos, "Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro en el transporte terrestre de materiales peligrosos".

**Anexo 21** CENAPRED (2014), Subdirección de Riesgos Químicos, "Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro para el transporte de materiales peligrosos por ductos".

**Anexo 22** CENAPRED (2006), "Estimación Simplificada de la Amenaza por Incendios Forestales".

**Anexo 23** CENAPRED (2014), "Estudios necesarios para determinar el peligro en sitios contaminados:"

**(R.- 442839)**