

INFORMACIÓN BÁSICA **DE PELIGROS NATURALES** **A NIVEL MUNICIPAL**

ESTADO **GUANAJUATO**
MUNICIPIO **CELAYA**
11007

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
CENAPRED, 2021



GOBIERNO DE
MÉXICO

SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CNPC

COORDINACIÓN NACIONAL
DE PROTECCIÓN CIVIL



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
SEQUÍA.....	4
ONDA DE CALOR.....	5
BAJAS TEMPERATURAS.....	6
TORRENTA ELÉCTRICA.....	7
CICLÓN TROPICAL	8
NEVADA.....	9
GRANIZADA.....	10
TORNADO.....	11
INUNDACIONES	13
INESTABILIDAD DE LADERAS	17
SISMOS	21
RIESGOS VOLCÁNICOS	24
VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	30
RIESGOS ESTRUCTURALES.....	33

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, el Atlas Nacional de Riesgos es un sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados. Consta de bases de datos, sistemas de información geográfica y herramientas para el análisis y la simulación de escenarios, y para la estimación de pérdidas por desastres. Por la naturaleza dinámica que tiene el riesgo debe actualizarse de manera continua.

En dicha ley también se establece que la Coordinación Nacional de Protección Civil debe supervisar, por medio del CENAPRED, que se mantenga actualizado tanto el Atlas Nacional de Riesgos como los Atlas de las entidades federativas, de los municipios y de las alcaldías de la Ciudad de México.

Un Atlas de Riesgo sirve para:

- Planear el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano, con la finalidad de evitar la construcción de nuevos riesgos.
- Diseñar escenarios de riesgo, incluso aquellos relacionados con el cambio climático.
- Sustentar la toma de decisiones durante cada una de las etapas que conforman la gestión integral del riesgo, desde la prevención, previsión, mitigación, respuesta y reconstrucción garantizando una efectiva así reducción de riesgos.
- Evaluar la factibilidad de proyectos de inversión pública o privada considerando el riesgo de desastres.

A la fecha de esta publicación solamente el 20.1 % de los municipios del país cuentan con un Atlas de Riesgos (496 de los 2469); sin embargo, la población que habita en estos municipios representa el 65.7 % del total nacional.

Consciente de esta realidad, el CENAPRED pone en sus manos este documento como base para conocer el grado de peligro que tienen los principales fenómenos hidrometeorológicos y geológicos en cada municipio del territorio nacional, esperando sea de utilidad, en particular para aquellos municipios que aún no cuentan con Atlas de Peligros y Riesgos, sin que ello exima a las autoridades locales de la responsabilidad de desarrollarlo.

En este documento también se proporciona información básica sobre el número de declaratorias de emergencia y de desastre que ha tenido el municipio y recomendaciones generales para algunos fenómenos. Con esta información se pretende mejorar el conocimiento y orientar a las autoridades de protección civil y a la población sobre los principales fenómenos que pueden afectar el territorio que habitan.

Esta información no sustituye la obligación que tiene cada municipio de elaborar su atlas de peligros y riesgos conforme al marco legal aplicable, particularmente lo establecido en la “Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos” y sus anexos, publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 21 de diciembre de 2016 y los “Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos” elaborados por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2018), documentos que pueden consultarse en línea.

ENLACES DE CONSULTA Y DESCARGA

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016

http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html>

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

SEQUÍA

Desde un punto de vista meteorológico, la sequía se presenta cuando la precipitación acumulada durante un cierto lapso es significativamente menor que el promedio a largo plazo o que un valor crítico. Se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, baja humedad en el ambiente y vientos fuertes.

Desde un punto de vista hidrológico, la sequía ocurre cuando existe un déficit de agua, tanto de precipitación como de escurrimiento superficial y subterráneo, y puede causar severos daños a la población, ya que sus efectos y su recuperación son a largo plazo.

Desde un punto de vista agrícola, ocurre cuando no existe en cierto tiempo la suficiente humedad en el suelo que satisfaga las necesidades para el desarrollo óptimo de un cultivo.

Éstas suceden después de las meteorológicas pero antes de las hidrológicas. Las áreas de temporal son las que resienten más este tipo de eventos, aun en los casos en que las sequías sean relativamente moderadas, ya que si ocurre en periodos tempranos afecta el periodo de siembra, en tanto que si ocurre en etapas avanzadas puede disminuir drásticamente la calidad y volumen de la producción. Este fenómeno generalmente afecta a la población más marginada, lo que provoca serios problemas de índole económica y social.

Desde un punto de vista económico y social, la definición de sequía considera no sólo el suministro de agua, sino también la demanda. Esto significa que la sequía depende del tipo de uso del agua y de la densidad y distribución de los usuarios. La consideración de déficit de agua afecta la definición de sequía para periodos durante los cuales la demanda excede el suministro. (Carlos & Reyes, 2005)

El criterio para establecer el valor crítico de la sequía depende generalmente de factores económicos y de los estándares de vida en la región en consideración. Por ejemplo, para uso agrícola se relacionan con los efectos de la reducción de agua en los cultivos, en tanto que para los usos doméstico e industrial dependen de los requerimientos de agua para la supervivencia, hábitos higiénicos o la producción industrial.

Información básica

Grado de peligro por sequía: **Alto**

Declaratorias de desastre por sequía: **2**

Declaratorias de emergencia por sequía: **Ninguna**

Recomendaciones

- Optimizar el uso del agua con la construcción o el buen manejo de infraestructura, tales como presas, tanques de almacenamiento, sistemas de abastecimiento de agua potable, plantas de tratamiento de aguas negras, perforación de pozos, canales revestidos y sistemas de irrigación.
- Trabajar con la población en campañas de concientización sobre una cultura del cuidado del agua.

ONDA DE CALOR

La onda u ola de calor es un periodo de temperatura excesiva, casi siempre combinada con humedad, que se mantiene durante varios días consecutivos.

- Su duración es mayor o igual a tres días
- Genera pérdida de agua por evaporación.
- Sus impactos en la salud son principalmente golpe de calor, deshidratación, quemaduras e incluso la muerte.
- Los impactos de las ondas de calor se presentan en todos los sectores productivos de la actividad humana (ganadería, agricultura, recursos forestales, salud), incluso, en el sector de servicios (agua potable, suministro de energía eléctrica, transporte, etc.). (A.J., 2012)

Información básica

Grado de peligro por onda de calor: **Medio**

Declaratorias de emergencia por onda de calor: **Ninguna**

Recomendaciones

- Mantenerse informado de las condiciones del tiempo y su evolución a través de los organismos oficiales en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC) y por medios de comunicación (radio, televisión).
- Identificar la población y vivienda vulnerable (personas en situación de calle, niños y niñas, personas adultas mayores y con discapacidad), así como personas en pobreza extrema.
- Promover mejoras a la vivienda para tener aislamiento térmico y fomentar el uso correcto de sistemas de aire acondicionado.
- Brindar albergue con instalaciones adecuadas.

BAJAS TEMPERATURAS

En México, el mayor efecto de las bajas temperaturas se presenta de noviembre a enero, principalmente en Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Hidalgo, estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas.

Durante el invierno, incrementan las enfermedades respiratorias y hay más probabilidades de intoxicaciones con monóxido de carbono producido por el uso de estufas y braseros en lugares sin ventilación. (CENAPRED, Infografía: Prepárate contra el frío, 2020)

Los grupos más vulnerables son las niñas y los niños, las mujeres embarazadas, así como las personas adultas mayores y con enfermedades crónicas.

Información básica

Grado de peligro por bajas temperaturas: **Bajo**

Declaratorias de desastre por bajas temperaturas: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por bajas temperaturas: **Ninguna**

Recomendaciones

- Vestirse empleando el método de la cebolla, cubrirse con varias prendas, no sólo calentarán mejor que una ropa gruesa, sino que le permitirá a una persona adaptarse de acuerdo con el lugar donde se encuentre.
- Usar calzado cerrado cubriendo todo el cuerpo y abrigarse con suficientes cobijas durante la noche.
- Comer frutas y verduras amarillas, ricas en vitamina A y C.
- Las niñas y los niños, las personas adultas mayores y enfermas crónicas son más vulnerables, tener especial cuidado con ellos, cobijarlos.
- Almacenar alimentos, cobijas, agua, productos de aseo personal, botiquín, radio de baterías y combustible para la calefacción.
- Al utilizar chimeneas, calentadores u hornillos, verificar que exista ventilación adecuada para evitar intoxicaciones. Cuidar que los niños y las niñas no se acerquen para evitar accidentes.
- Procurar mantenerse resguardado dentro de su casa. Al salir, evitar caminar sobre hielo y tener cuidado al conducir en carreteras.
- Al salir de un lugar caliente, cubrirse la boca y nariz para evitar aspirar el aire frío. Los cambios bruscos de temperatura pueden afectar el sistema respiratorio.
- Informarse a través del SMN sobre el pronóstico del tiempo.
- Promover mejoras a la vivienda para tener aislamiento térmico y fomentar el uso correcto de calentadores y hornos.
- Brindar albergue con instalaciones adecuadas.
- Para evitar accidentes carreteros y en aeropuertos debidos a bancos de niebla que se puedan formar, revisar los avisos de potencial de tormentas que emite el SMN cada tres horas.

TORMENTA ELÉCTRICA

Son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiestan por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas (cumulonimbos) y pueden estar acompañadas de precipitación en forma de chubascos o, en ocasiones, por nieve, nieve granulada, hielo granulado o granizo. Son de carácter local y se reducen casi siempre a sólo unas decenas de kilómetros cuadrados. (CENAPRED, Serie fascículos: Tormentas Severas, 2010)

La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que 20% se presenta entre la nube y el suelo.

Una tormenta eléctrica se forma por una combinación de humedad, entre el aire caliente que sube con rapidez y una fuerza capaz de levantarlo, como un frente frío, una brisa marina o una montaña. Todas las tormentas eléctricas contienen rayos, los cuales pueden ocurrir individualmente, en grupos o en líneas.

Un rayo alcanza, en una fracción de segundo, una temperatura en el aire que se aproxima a los 30 000 grados centígrados. El aire caliente provoca que se expanda rápidamente, produciendo una onda de choque que llega en forma de sonido que viaja hacia fuera y en todas direcciones desde el rayo.

Información básica

Grado de peligro por tormenta eléctrica: **Alto**

Declaratorias de desastre por tormenta eléctrica: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por tormenta eléctrica: **Ninguna**

Recomendaciones

- Asegurar los objetos del exterior de la vivienda que puedan desprenderse o causar daños debido a los fuertes vientos que pueden acompañar a la tormenta eléctrica.
- Quitar las ramas o árboles muertos que puedan causar daño durante una tormenta eléctrica, ya que un rayo puede romper la rama de un árbol y golpear a una persona, e incluso, generar una explosión o un incendio.
- Instalar pararrayos en torres y antenas.
- Procurar la polarización correcta de todos los tomacorrientes, incluyendo una tierra física en todo el sistema eléctrico (consultar a la Comisión Federal de Electricidad o a un técnico especializado). Véase la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, instalaciones eléctricas.
- No salir inmediatamente al exterior después de la tormenta eléctrica, dado que se pueden presentar descargas eléctricas sin presencia de lluvia o viento. Aplicar la regla 30 y 30: cuando se ve un relámpago, contar hasta 30, si se oye un trueno antes de llegar a 30, buscar refugio. Suspender las actividades durante al menos 30 minutos después del último trueno.

CICLÓN TROPICAL

Es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj (en el hemisferio norte), y en el sentido de las manecillas del reloj (en el hemisferio sur). En latitudes templadas, los ciclones son referidos como depresiones o ciclones extratropicales; el término ciclón se usa sólo para referirse a los ciclones tropicales. (CENAPRED, Serie fascículos: Ciclones Tropicales, 2007)

Estos sistemas de tormenta exigen, al menos, dos requisitos básicos: calor y humedad; como consecuencia, sólo se desarrollan en los trópicos, entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, en las regiones y temporadas en que la temperatura del mar es superior a los 26 °C.

Los ciclones tropicales se caracterizan por una circulación cerrada de sus vientos y se dividen en fases de acuerdo con la velocidad de sus vientos máximos sostenidos en superficie:

- Depresión tropical: menor a 62 km/h.
- Tormenta tropical: entre 63 y 118 km/h.
- Huracán: mayor a 119 km/h.

Información básica

Grado de peligro por ciclones tropicales: **Muy bajo**

Declaratorias de desastre por ciclones tropicales: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por ciclones tropicales: **Ninguna**

Recomendaciones

- Elaborar mapas de peligro y riesgo por los efectos de los ciclones tropicales.
- Seguir las indicaciones del Sistema de Alerta Temprana para Ciclones Tropicales (SIAT-CT).
- Conocer el riesgo a través del Atlas Nacional de Riesgos.
- Monitorear el fenómeno (avisos y boletines del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del agua, de la Dirección General de Protección Civil de la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana y de estaciones meteorológicas de la propia unidad estatal de PC).
- Difundir alertas a toda la población, especialmente a la más vulnerable, así como asegurarse de que la población indígena esté informada de las acciones que deba tomar. Para ello, existe material de difusión que ha elaborado el CENAPRED en varias lenguas indígenas.
- Contar con planes de respuesta para los efectos de los ciclones tropicales (rutas de evacuación, albergues, simulacros, etc.)

NEVADA

Una nevada es una tormenta de nieve, cuya precipitación es sólida en forma de copos; cada uno de ellos es la aglomeración de cristales transparentes de hielo de forma hexagonal y planos, que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la solidificación del agua, lo que provoca ramificaciones intrincadas en una variedad infinita de patrones. (CENAPRED, Serie fascículos: Tormentas Severas, 2010)

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas o la entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

Información básica

Grado de peligro por nevada: **Muy bajo**

Declaratorias de desastre por nevadas: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por nevadas: **Ninguna**

Recomendaciones

- Quitar la nieve de los techos de las casas y si la vivienda está construida con materiales endebles (cartón, lámina, llantas, etc.) será necesario dirigirse al refugio temporal más cercano, establecido por las unidades de protección civil.
- Vigilar que los automovilistas reduzcan la velocidad en carreteras en estado resbaladizo.
- Implementar un programa para reducir el estado resbaladizo de las calles y carreteras mediante la aplicación de arena o sal en la carpeta asfáltica para derretir el hielo.
- Incorporar señales adicionales en carreteras para restringir o desviar el tráfico.
- Incorporar vehículos quitanieve al parque vehicular del gobierno estatal para retirarla de los caminos, y pedir a la población que mantenga libre de nieve el paso frente a sus casas. Asimismo, mantener las vías peatonales libres de hielo y nieve durante todo el día.
- Para los automovilistas, usar neumáticos invernales o poner cadenas antideslizantes a las llantas. Los neumáticos invernales tienen ranuras profundas para que sean más estables en curvas y cuando avanzan por nieve.

GRANIZADA

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo. Éstas se forman dentro de una nube cumulonimbos, en alturas superiores al nivel de congelación, y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo contra gotas de agua sobre enfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación y que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja.

Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. El tamaño de las piedras de granizo está entre semillas de naranja hasta pelotas de golf; las mayores pueden ser muy destructivas, capaces de romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles. El mayor daño se produce en los cultivos; a veces, varias piedras pueden solidificarse, formando grandes masas de hielo y nieve sin forma. (CENAPRED, Serie fascículos: Tormentas Severas, 2010)

Información básica

Grado de peligro por tormentas de granizo: **Medio**

Declaratorias de desastre por tormentas de granizo: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por tormentas de granizo: **Ninguna**

Recomendaciones

- Contar con equipo para la remoción de granizo.
- Asegurar los objetos del exterior de la vivienda que puedan desprenderse o causar daños, debido a los fuertes vientos que pueden acompañar a la tormenta de granizo.
- Reforzar las puertas exteriores.
- Cerrar las ventanas y correr las cortinas.
- Quitar las ramas o árboles muertos que puedan causar daño durante una tormenta.
- Como ocurre con la nieve, el peso del granizo puede provocar daños a techos endebles, por lo que se recomienda quitar el granizo de los techos de las casas.

TORNADO

Un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de este.

La posibilidad de un tornado en México se extiende a todo el territorio; los más fuertes han ocurrido en el norte del país.

Los tornados suceden en cualquier época del año a cualquier hora; no obstante, hay ciertas temporadas donde ocurren con mayor frecuencia y es a las 18:00 horas cuando hay más probabilidad de que aparezcan.

Los tornados pueden ser locales, pero la rapidez con que se desarrollan los hace muy peligrosos para la población. Los daños que ocasionan son diversos, entre los que destacan las pérdidas económicas a la agricultura, a las viviendas, a la infraestructura urbana, lesiones, cortaduras e incluso pérdidas humanas. (CENAPRED, Infografía: Peligro-tornado, 2016)

Información básica

Presencia de tornados: **Sin tornado**

Declaratorias de desastre por tornado: **Ninguna**

Declaratorias de emergencia por tornado: **Ninguna**

Recomendaciones

- Conocer si la zona donde habita la población es susceptible a la ocurrencia de tornados. Informarse en la unidad de protección civil.
- Definir lugares de resguardo y refugio para centros de trabajo y casas habitación, procurando contar en la vivienda, al menos, con un cuarto (preferentemente el baño) con cuatro o tres muros de mampostería confinada (tabique, trabes y castillos) y techo de losa de concreto. Esta habitación podría ser considerada como el sitio de resguardo y refugio temporal. Debajo de una escalera de mampostería también sería adecuado.
- No salir de la vivienda si es de tabique, trabes y castillos y losa de concreto; en caso contrario, buscar otro refugio más resistente.
- Colocarse bajo escaleras de mampostería o en las esquinas de las casas, permaneciendo siempre alejado de las ventanas.
- Desconectar los servicios de electricidad, agua y gas, ya que pueden generar descargas eléctricas y posibles electrocuciones.

REFERENCIAS

- A.J., H. (2012). Análisis de las olas de calor en la República Mexicana. Obtenido de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/anexos.zip>
- Carlos, E. S., & Reyes, L. (2005). Análisis de Sequía. México: Facultad de Ingeniería, UNAM.
- CENAPRED. (2007). Serie fascículos: Ciclones Tropicales. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/5-FASCCULOCICLONESTROPICALES.PDF>
- CENAPRED. (2007). Serie fascículos: Sequía. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/8-FASCCULOSEQUAS.PDF>
- CENAPRED. (2015). Infografía: Tormentas Eléctricas. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/302-INFOGRAFATORMENTASELECTRICAS.PDF>
- CENAPRED. (2016). Infografía: Peligro-tornado. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/309-INFOGRAFAPELIGRO,TORNADO!.PDF>
- CENAPRED. (2017). METODOLOGÍA PARA ELABORAR MAPAS DE RIESGO POR TEMPERATURAS MÁXIMAS (1 etapa ondas de calor). Obtenido de https://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/70.pdf
- CENAPRED. (2020). Infografía: Prepárate contra el frío. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/296-INFOGRAFAPREPRATECONTRAELFRO.PDF>
- CENAPRED. (2021). Infografía: Qué onda con el calor. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/317-INFOGRAFAQUONDACONELCALOR.PDF>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, C. (2010). Serie fascículos: Tormentas Severas. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/189-FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF>
- Desastres, C. N. (2021). Atlas Nacional de Riesgos. Obtenido de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>
- Salud, S. d. (2021). Informes Semanales para la Vigilancia Epidemiológica de Temperaturas Naturales Extremas 2021. Obtenido de <https://www.gob.mx/salud/documentos/informes-semanales-para-la-vigilancia-epidemiologica-de-temperaturas-naturales-extremas-2021>

INUNDACIONES

Presencia de agua en zonas donde normalmente no se encuentra que, de manera general, provoca afectaciones a la población. Este fenómeno es generado por el desbordamiento de un cauce, desfogue de presas o falla de infraestructura hidráulica (fluviales); acumulación de agua en las zonas urbanas por incapacidad de drenaje (pluviales) o el incremento de ésta en cuerpos de agua de origen lacustre y costero debido a la presencia de ciclones tropicales o tsunamis.

Información básica

El municipio está identificado con un nivel de **peligro por inundación muy alto** (CENAPRED, 2016). Su valor umbral de precipitación acumulada en 12 horas es de **64.18 mm**. Se entiende por umbral al valor de lluvia acumulada a partir del cual se pueden esperar afectaciones por inundación; sin embargo, existen condiciones que con precipitaciones de menor valor podrían generar inundaciones, por ejemplo, cuando ocurren lluvias continuas durante varios días, éstas saturan el suelo y con ello se pierde capacidad de infiltración del agua de lluvia. En zonas urbanizadas, la falta de mantenimiento a la infraestructura hidráulica y a los sistemas de drenaje disminuye la capacidad de desalojo de agua pluvial, por lo que una cantidad de precipitación menor al umbral podría generar afectaciones por inundación.

El nivel de vulnerabilidad asociado al municipio es **media** (CENAPRED, 2017); para determinarlas, se utilizó información de dependencias oficiales, tales como estadísticas de defunciones de la Secretaría de Salud; declaratorias de desastres y emergencia, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF); datos de los atlas de riesgo estatal y municipal, así como daños económicos incluidos en la serie Impacto socioeconómico de los principales desastres. La vulnerabilidad física de una vivienda debe entenderse como la susceptibilidad de sufrir daños materiales, por lo que depende del tipo de construcción. Si el peligro por inundación corresponde a la parte de la naturaleza que no se puede controlar, la vulnerabilidad es la condición que involucra a la parte humana.

Un indicativo de la incidencia de inundaciones en **Celaya** es el número de declaratorias de emergencia o desastre por lluvia severa e inundación fluvial y pluvial emitidas para la entidad y publicadas en el Diario Oficial de la Federación. Para este caso, se cuenta con **5 emitidas desde 2000 hasta 2019**. Por otra parte, la Subdirección de Riesgos por Inundación lleva a cabo el proyecto Catálogo de Inundaciones, que compila la información del Centro Nacional de Comunicación y Operación (CENACOM) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) los eventos de inundación ocurridos en las entidades municipales desde 2015 al 2020, en este municipio, **se tiene un registro de 13 eventos de inundación, 7 en 2015, 1 en 2016, 1 en 2017, 3 en 2018 y 1 en 2020**.

Con los resultados del *Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la República Mexicana* (Domínguez, et al., 2017), elaborado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, es posible asociar lluvias para distintos periodos de retorno, de modo que se conozca la precipitación máxima media anual acumulada en 24 horas, así como la región con un comportamiento homogéneo al del sitio de interés. Por ejemplo, se muestra la lluvia obtenida asociada a distintos periodos de retorno (5, 10, 20, 50 y 100 años). Para obtener el punto específico de cada cabecera municipal, se utilizó la información de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Hpmax (mm)	Tr 5 años (mm)	Tr 10 años (mm)	Tr 20 años (mm)	Tr 50 años (mm)	Tr 100 años (mm)
52.28	63.78	73.19	82.08	93.58	102.47

Los valores de la tabla tienen el carácter de indicativos: representan solamente un punto en el espacio y no en las áreas de aportación para las comunidades o poblaciones.

Los insumos mencionados se encuentran disponibles en el Atlas Nacional de Riesgos (ANR). Dentro de éste, se accede a la sección de Capas/Datos básicos/Climatología/Precipitación/Nacional (2018)/Isoyetas de precipitación media anual 24 h y regiones homogéneas de lluvia.

Otros datos de interés para el análisis de inundaciones son las cuencas y los ríos o arroyos presentes dentro de los límites del municipio. De acuerdo con la información del INEGI e INAFED, en Celaya están las siguientes cuencas, ríos y arroyos:

Cuencas	Ríos o arroyos
R. Laja	Arroyo Beato, Arroyo De Yeguas, Arroyo El Peñon, Arroyo El Varal, Arroyo Grande, Arroyo La Manga, Arroyo La Puertecita, Arroyo La Salada, Arroyo Las Pulgas, Arroyo Las Zanjillas, Arroyo Magueyes, Arroyo Paso Ancho, Arroyo Tres Peñas, Río Laja, Río Qu

Existe además, el levantamiento de puntos críticos de inundación por las direcciones locales y organismos de cuenca de la CONAGUA en 2018 y corresponden a secciones de ríos, arroyos, presas, bordos, barrancas, alcantarillas, bajo puentes, zonas bajas, etc., que podrían ocasionar y presentar afectaciones por inundaciones, en este caso el municipio **no cuenta con la indentificación de puntos críticos.**

Finalmente, otro factor de importancia que se debe considerar al evaluar el peligro por inundación es la presencia de presas. Éstas modifican el régimen natural de un escurrimiento y ante fenómenos extremos pueden realizar descargas importantes a través de su obra de excedencias, ya sea por vertedor libre o controlado. Las presas pueden estar ubicadas tanto en los límites del municipio como en otros sitios al punto de estudio. Actualmente se tiene un registro de aproximadamente 6 000 presas, cuyas características y ubicación puede ser consultada en el Sistema Nacional de Seguridad de Presas de la CONAGUA (<https://presas.conagua.gob.mx/inventario/>), 1 112 presas que están clasificadas como principales en función de su volumen de almacenamiento y la altura máxima de la cortina. En los límites del municipio **no se ubica alguna de las 1 112, revisar la existencia de presas con influencia en el municipio.**

Cabe mencionar que para realizar un análisis de peligro por inundación se requiere atender los Términos de Referencia para la elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), así como la *Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos* del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Comunicación y Operación, Dirección General de Protección Civil, Coordinación Nacional de Protección Civil. Monitoreo a Unidades Estatales de Protección Civil y Casos Relevantes. [Correos electrónicos].
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2016). Índice de Peligro por Inundación (IPI), Subdirección de Riesgos por Inundación, <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Methodologias/Inundacion.pdf>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2017). Actualización del Índice de Vulnerabilidad por Inundación. Subdirección de Riesgos por Inundación.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2021). Catálogo de inundaciones históricas 2020. Subdirección de Riesgos por Inundación.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación (2016). Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Diario Oficial de la Federación, 21 de diciembre de 2016, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/469329/Guia_contenido_minimo_para_la_elaboracion_de_atlas_nacional_de_riesgos_CENAPRED_.pdf
- Comisión Nacional del Agua (2018). Puntos críticos de inundación en México. Archivo interno de la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
- Domínguez, R., Arganis, M. L., Carrizosa, E., Hincapié, C., Esquivel, G., Herrera, J. L., Ramírez, J. C., Mariles, J., Santana, A. O., Ponce, M., Juan, E. y M. Roldán (2017). Estudio para regionalizar los gastos generados por avenidas máximas, como base para la elaboración de mapas de peligro por inundaciones fluviales en todas las cuencas de la República Mexicana. Instituto de Ingeniería de la UNAM.

INESTABILIDAD DE LADERAS

Deslizamientos y flujos

El término se refiere a los movimientos, pendiente abajo, de masas de suelos, rocas y vegetación que constituyen la superficie inclinada de una ladera o talud, bajo la influencia de la gravedad. Puede ser detonado por causas naturales como lluvias, sismos o actividad volcánica (o la combinación de estos factores), así como por actividades humanas, por lo que anticipar que ocurran tiene un alto grado de incertidumbre, y se vuelve una tarea compleja y difícil de determinar. No obstante, existen factores naturales como la geología, la topografía, el uso de suelo y la densidad forestal, que pueden ser utilizados para establecer zonas de mayor propensión (susceptibilidad) a su ocurrencia.

Según la forma en que suceden y el impacto que tienen en la población, se clasifican en caídos o derrumbes, deslizamientos y flujos. Su tasa de mayor incidencia se presenta en la temporada de lluvias, cuando el terreno que conforma a las laderas y taludes se satura, aumentando su peso y reduciendo su resistencia.

Propensión del terreno a la inestabilidad de laderas

Método determinista o cuantitativo para estimar el grado de estabilidad

La susceptibilidad, propiamente dicha, es una característica del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste para que pueda ocurrir inestabilidad, y se refiere solamente a factores intrínsecos a los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como la precipitación o la sismicidad. El cálculo riguroso de la susceptibilidad se realiza a través de lo que en ingeniería se conoce como Factor de Seguridad (FS), el cual se define como el cociente entre las fuerzas resistentes (F_R) que se oponen a la falla de la ladera o talud y las actuantes (F_A) que tienden a producirla (Ec. 1).

$$FS = \frac{F_R}{F_A}$$

Cuando el terreno es estable, el FS es mayor a la unidad, es decir, las fuerzas resistentes son mayores a las actuantes ($F_R > F_A$), y viceversa. Para el cálculo de éste se requiere determinar las propiedades mecánicas de los suelos y/o de las rocas que conforman la ladera o talud, su distribución estratigráfica, la topografía del terreno y la variación del contenido de agua existente en los poros de la masa del suelo o de las rocas (presión de poro).

Dado que éste procedimiento requiere de análisis puntuales de mecánica de suelos, estudios de topografía y la intervención de especialistas, llevarlo a la práctica en un amplio territorio, aún a nivel municipal, puede resultar tardado y oneroso; para estos casos, puede recurrirse a métodos alternativos o indirectos, como los estadísticos o heurísticos, los cuales hacen uso de capas de información que se combinan o se suman (con pesos específicos previamente determinados) mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Método heurístico o cualitativo para la estimación de la susceptibilidad

El grado de importancia de cada variable en los procesos de inestabilidad de laderas, representada a través de mapas temáticos, se determina a partir del análisis de casos documentados en los que se evalúa el grado de influencia que cada una de ellas tiene en el

proceso. Una vez que se ha determinado éste, se suman para obtener el mapa global de propensión a la ocurrencia de deslizamientos.

Los valores de susceptibilidad se clasifican generalmente en categorías genéricas como muy alta, alta, moderada, baja y muy baja. Estos rangos presentan la clasificación de la estabilidad relativa o la propensión a la inestabilidad de un área en diferentes categorías, a las que se le asigna una determinada escala de color. Siguiendo los criterios habituales para los análisis de peligros y riesgos (rojos y naranjas para las categorías de susceptibilidad alta, y amarillos y verdes para los rangos de susceptibilidad media y baja, respectivamente), los mapas de susceptibilidad resultantes muestran dónde hay condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos de laderas.

Para este caso, los análisis de susceptibilidad a nivel municipal se llevaron a cabo a partir del cruce de información de polígonos de Alta y Muy Alta propensión a deslizamientos (mayores a 0.25 km²), del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas (2015), con la Cartografía Geoestadística Urbana Rural Amanzanada, del Inventario Nacional de Viviendas 2016, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); de tal manera que el nivel de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas de cada municipio cumple con este requisito.

Como resultado de este proceso, se concluyó que 1 765 municipios de un total de 2 465 que componen el territorio nacional, tienen asentamientos humanos en zonas de alta y muy alta propensión a deslizamientos.

Nota aclaratoria: Dadas las escalas utilizadas y la metodología empleada para la elaboración de los mapas, la información que aquí se presenta tiene como finalidad proporcionar un panorama general de los niveles de propensión a la inestabilidad de laderas que hay en las diferentes zonas o regiones que componen al municipio, por lo que su alcance es con fines estimativos y pretende orientar a las autoridades de Protección Civil y al público en general en la toma de decisiones. En los casos en los que se tenga contemplado construir una obra, una vialidad, una vivienda o un desarrollo habitacional, en o cerca de una ladera, se deberán realizar estudios puntuales de geotecnia y mecánica de suelos, así como análisis de estabilidad, que permitan determinar las medidas de prevención y mitigación a implementar en cada caso en particular.

Información básica

Área y porcentaje del municipio que ocupa cada categoría del mapa nacional de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas.

Susceptibilidad	Área km ²	Porcentaje
Muy baja	465.31	84.83 %
Baja	12.76	2.33 %
Media	49.49	9.02 %
Alta	20.95	3.82 %
Muy alta	0.01	0.0 %

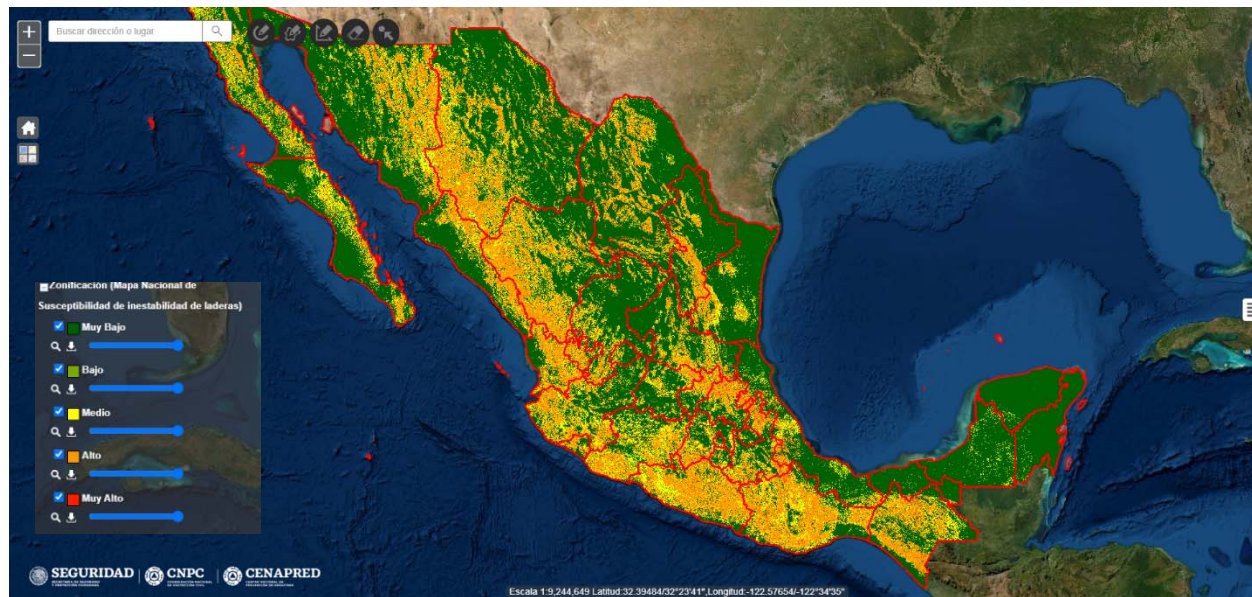


fig.1 Mapa Nacional de susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas, disponible en <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/>

REFERENCIAS

- Domínguez, L., González, A. E., Zaragoza, A. y Munive M., (2020), "Actualización del Mapa Nacional de Susceptibilidad a la Inestabilidad de Laderas". Informe anual del Programa Anual de Trabajo. Dirección de Investigación. CENAPRED.
- González, A. E., Domínguez, L., Munive M. y Zaragoza, A., (2020), "Elaboración del Mapa Nacional de Susceptibilidad a Caídos de Roca y Derrumbes como herramienta para la prevención de desastres y el ordenamiento del territorio". Informe anual del Programa Anual de Trabajo. Dirección de Investigación. CENAPRED.
- Guzmán, J. A., Williams, F., Riquer, G., Vargas, A. y Leyva R., (2020), "Fallas de licuación de suelos inducidas por el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017 (Mw 8.2) en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México. Revista de Ingeniería Sísmica Núm. 102. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
- Mendoza M. J. y Domínguez L., (2002), "Primer caso documentado de licuación en el altiplano central de México". Memorias de la XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, pp 307-316, Querétaro, Qro.
- Mendoza M. J. y Domínguez L., (2004), "Criterios para Estimar la Amenaza por Inestabilidad de Laderas". Memorias de la XXII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, pp 307-316, Guadalajara, Jal.
- Mendoza, M. J. y Domínguez, L., (2006), "Estimación del Peligro y el Riesgo de Deslizamientos en Laderas". Capítulo 5 del volumen de Fenómenos Geológicos, Serie Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED.
- Terzaghi K., (1950) "Mechanism of Landslides", artículo presentado en el volumen de ingeniería geológica de la Sociedad Americana de Geología, USA., pág. 202-243.

SISMOS

Regionalización sísmica

De acuerdo con el mapa de peligro sísmico 2015, realizado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el territorio mexicano está dividido en cuatro grandes zonas, según su **grado de peligrosidad: A, B, C y D**, de menor a mayor, respectivamente.

Esta clasificación, conocida como **regionalización sísmica**, tiene como objetivo principal, junto con manuales de obras civiles, proporcionar a los diseñadores y constructores la información necesaria para calcular valores para diseño de obras, de tal manera que éstas resulten suficientemente seguras y su costo no sea excesivo. Se advierte que esta regionalización es aplicable a estructuras construidas en terreno firme; no se toma en cuenta el fenómeno de amplificación del movimiento sísmico por efecto de suelos blandos, cuestión que puede ser decisiva para el peligro sísmico de algunos lugares (la caracterización es muy regional), como el caso de Ciudad de México, en donde la amenaza sísmica es extraordinariamente grande debido al **tipo de suelo**, ya que la violencia del movimiento varía de un lugar a otro. Por esta razón, en función de la composición del suelo, esta ciudad está dividida en tres zonas: zona de lago (suelo blando), zona de transición y zona de lomas (terreno firme). En esta última, la amplificación de las ondas es menos violenta, a diferencia de la del lago, donde sucede lo contrario.

México es un país cuyo territorio está conformado, en dos terceras partes, por sistemas montañosos donde se conjugan factores geológico-geotécnicos, geomorfológicos, estructurales y climáticos que definen zonas inestables (deslizamientos y derrumbes de roca, flujos de lodos y detritos), y en donde existen sobre y bajo ellos desarrollos urbanos y rurales, así como infraestructura civil, que podrían causar daños a bienes expuestos y a la población.

Aunque los deslizamientos se deben principalmente a fenómenos meteorológicos derivados de eventos de lluvias (huracanes, tormentas tropicales), los efectos combinados con sismos también representan un porcentaje importante en la ocurrencia de **deslizamientos de laderas** (taludes naturales), principalmente en suelos sensitivos, en donde las fuerzas sísmicas pueden inducir deformaciones que reducirán la resistencia y podrían conducir a la falla, si los movimientos sísmicos son de suficiente magnitud y duración.

Información básica

Zona: **B**

Observaciones: **Sin comentarios**

Efecto de sitio: **Posibles efectos de sitio (suelo blando)**

Deslizamiento por sismo: **Sin comentarios**

Características: **La zona B, de sismicidad baja, se caracteriza por ser una región en donde no se registran sismos con frecuencia y porque que las amplificaciones del suelo no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.**

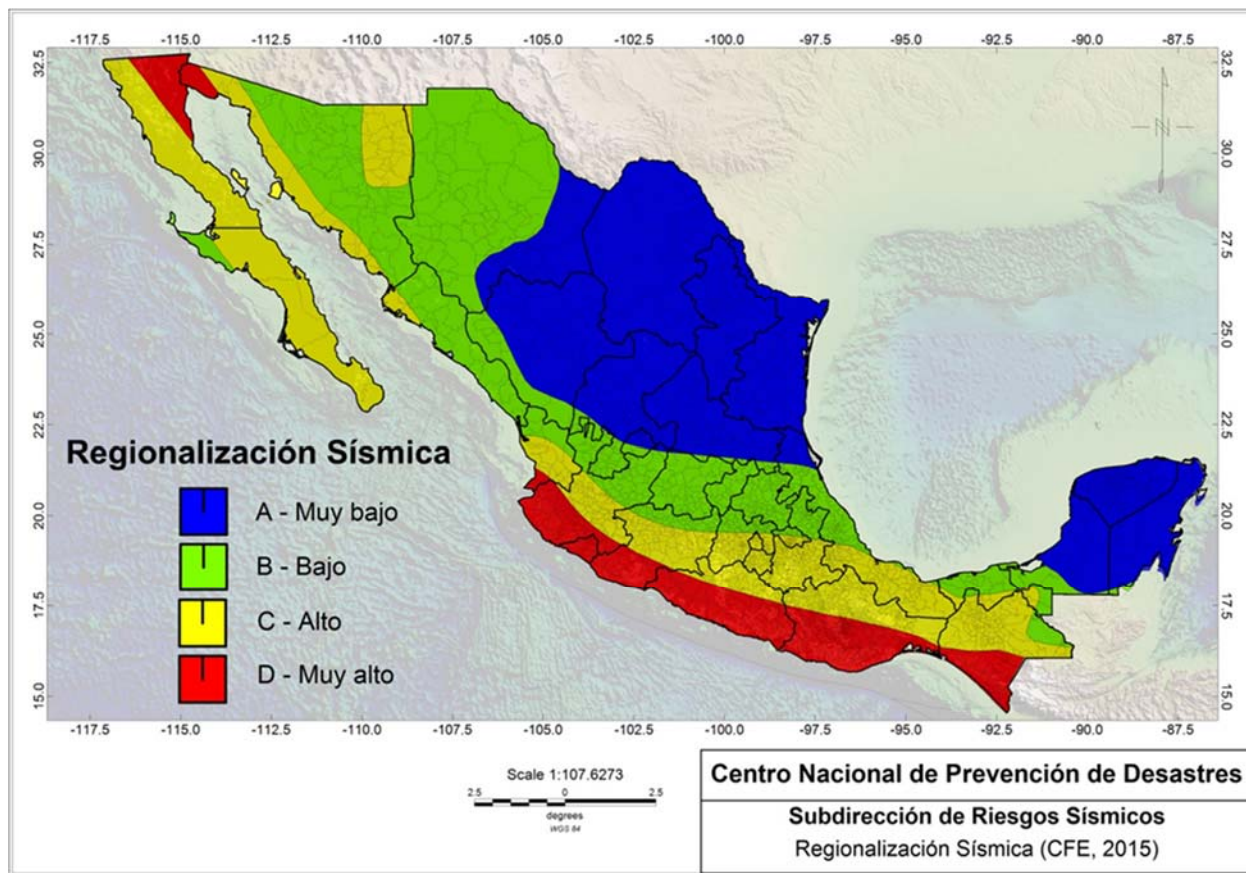


fig.2 Regionalización sísmica (CFE, 2015)

REFERENCIAS

- CENAPRED, (2019). Análisis de deslizamiento de laderas por sismo, Subdirección de Riesgos Sísmicos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. Disponible en:
https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2020/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/DeslizamientoSismo_CENAPRED_Final_FormatoNuevo.pdf
- CENAPRED, (2020). Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país, Subdirección de Riesgos Sísmicos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. Disponible en:
https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/210420_Informe_RS_CaracteristicasCFE2015.pdf
- CFE, (2015). Manual de Diseño de Obras Civiles – Diseño por Sismo, CFE-IIE versión 2015, Sección C: Estructuras, Tema 1: Criterios Generales de Análisis y Diseño, México 2015.
- INEEL, (2017). Programa de Diseño Sísmico (PRODISIS), Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. Disponible en:
<https://www2.ineel.mx/prodisis/es/prodisis.php>
- USGS, (2021). Mapa global de velocidades promedio de ondas de corte en los primeros 30 m de profundidad, Vs30, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Disponible en:
<https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>

RIESGOS VOLCÁNICOS

Volcán

Un volcán es una abertura de la tierra por donde sale el magma (roca fundida) de su interior, por la acumulación de capas de lava y cenizas, los volcanes generalmente tienen forma de montaña. Los materiales también pueden ser emitidos a lo largo de fracturas, fisuras y conos adventicios en zonas volcánicas. Las cenizas de los volcanes son fragmentos de roca del tamaño de la arena y la gravilla que se pulverizan durante las explosiones volcánicas.

Cuando bajo un volcán se acumulan materiales muy calientes (magma), la presión y la temperatura pueden hacer que salga en forma de lava, ceniza, rocas, vapores y gases, produciéndose una erupción, que puede ser de varios tipos. En ocasiones, los materiales de la erupción salen lentamente, principalmente como lava (roca líquida fundida); en otros casos, los materiales pueden salir de forma violenta y explosiva, generando grandes cantidades de cenizas y gases que pueden ser muy destructivos.

Cuando la actividad de algún volcán evoluciona hacia un nivel mayor, generalmente se espera que se presenten manifestaciones tales como actividad sísmica, deformación del suelo, cambios en la composición química del agua, emanaciones de gas y vapores que salen de las fumarolas, que puedan ser detectadas por los sistemas de monitoreo, antes de que se desarrolle una actividad volcánica mayor. Esto permitirá a los sistemas de protección civil tomar medidas preventivas (días a semanas).

México es un país rico en volcanes, la mayor parte del vulcanismo está relacionado con la interacción entre las placas tectónicas de Rivera y Cocos con la placa Norteamericana, y se manifiesta principalmente en la Faja Volcánica Mexicana. Sin embargo no es la única región volcánica en México, hay otras regiones que han presentado actividad volcánica importante (fig.3).

Los daños causados por las erupciones volcánicas, en algunos casos han involucrado la pérdida de ciudades enteras, destrucción de bosques y cosechas, el colapso de las economías y mortandad (De la Cruz, 2008).

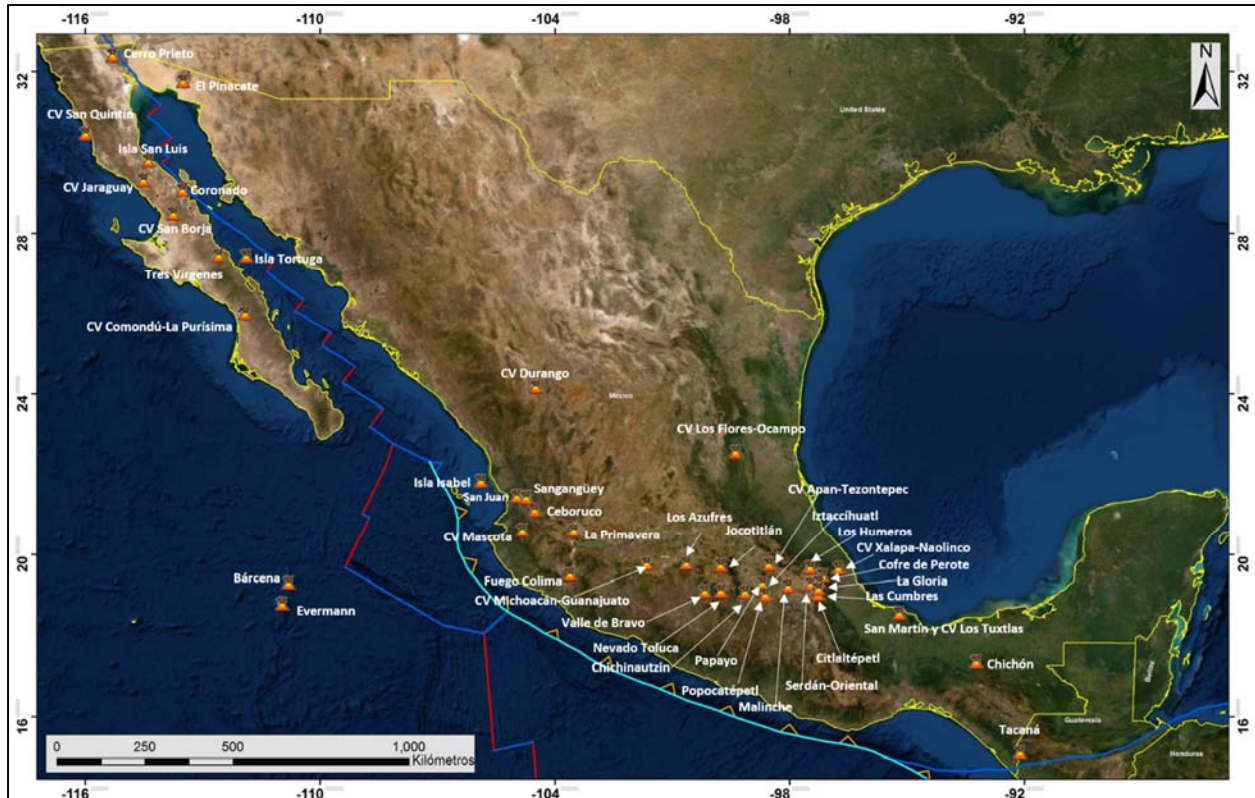


fig.3 Principales volcanes y campos volcánicos de México (CENAPRED 2021)

Peligros volcánicos

Las erupciones volcánicas dan lugar a la expulsión de diferentes materiales que resultan en **diferentes tipos de peligros volcánicos** (fig.4), que amenazan la vida y posesiones de las personas. Entre ellos se encuentran los flujos de lodo, flujos piroclásticos, avalanchas, gases, flujos de lava, cenizas y piroclásticos. Algunos de estos peligros se manifiestan a pocas decenas de kilómetros del volcán, mientras que otros hasta a cientos de kilómetros, como es el caso de la ceniza.

Gases volcánicos

Durante las erupciones volcánicas se produce una importante liberación de gases, principalmente vapor de agua; pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor. Estos gases se diluyen y dispersan rápidamente, sin embargo pueden alcanzar concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden causar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, contaminación de aguas y suelos, etc.

Los gases volcánicos también pueden ser liberados entre erupciones, o durante meses y años después de una erupción, aunque la emisión de gases probablemente será menor en estas situaciones.

Caída de ceniza

A los materiales rocosos fragmentados y expulsados hacia la atmósfera durante una erupción se les conoce como **tefra**. A los fragmentos de tefra con tamaño menor a 2 mm se les denomina **ceniza volcánica**, y si su tamaño está entre 2 mm y 64 mm, **lapilli**. Las partículas de ceniza son transportadas por los vientos a kilómetros de distancias del cráter, en función de su tamaño, peso y altura de la columna eruptiva. Cuando caen forman una capa de diferentes espesores (de milímetros a varios centímetros) y pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros.

Balísticos

Los proyectiles balísticos son fragmentos de roca de tamaños superiores a los 64 mm expulsados durante explosiones volcánicas a velocidades de decenas a centenares de metros por segundo. Aunque suelen ser menores a 50 cm, pueden llegar a medir algunos metros de diámetro. Sus trayectorias se ven poco afectadas por la dinámica de la columna eruptiva.

Algunos proyectiles conservan altas temperaturas al caer sobre el terreno y pueden producir incendios en pastizales o bosques. Su velocidad de impacto va desde 300 hasta 500 km/hora.

Flujos y oleadas piroclásticas

Los flujos y oleadas piroclásticas son mezclas turbulentas de material volcánico y gases muy calientes, que se deslizan cuesta abajo por las laderas o flancos de un volcán a grandes velocidades (mayores a 100 km/h) y altas temperaturas (300 °C a 700 °C). Poseen normalmente una parte inferior densa que se desplaza por el fondo de las barrancas o valles y otra superior, menos densa, denominada oleada piroclástica, compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza, que con facilidad salen del valle. Los flujos piroclásticos voluminosos frecuentemente sobrepasan relieves importantes y afectan una mayor área. Los flujos y oleadas destruyen y calcinan todo lo que encuentran a su paso. Representan una de las manifestaciones más destructivas de las erupciones volcánicas y han sido la causa de numerosos desastres volcánicos en todo el mundo.

Flujos de lodo o lahares

Los lahares son corrientes de lodo y escombros volcánicos que descienden por las laderas del volcán, incorporando más material hasta depositarse e inundar las zonas bajas. Se generan cuando los materiales de diversos tamaños emitidos durante las erupciones, son movilizados por el agua y forman flujos que se mueven rápidamente pendiente abajo, a velocidades que varían de 40 a 100 km/h. El agua puede provenir de lagos, arroyos, ríos, derretimiento de los glaciares o nieve que cubre la cima del volcán, o de las lluvias torrenciales que arrastran los materiales volcánicos depositados sobre el volcán.

Fluyen por los cauces de los arroyos y su alcance depende del volumen del material movilizado, de la cantidad de agua que se incorpora a la mezcla (agua de lluvia, deshielo o arroyos) y de la topografía del volcán, eventualmente pueden salir de los cauces. Ocurren durante o después de una erupción, e incluso en volcanes inactivos, durante la ocurrencia de lluvias

extraordinarias. Normalmente destruyen todo lo que encuentran a su paso y pueden alcanzar grandes distancias (>200 km).

Avalanchas

Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte voluminosa de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad provocando que parte del volcán se rompa, causando el colapso lateral y el desprendimiento de un sector del edificio.

Como resultado del derrumbe, se producen enormes avalanchas de roca con volúmenes de hasta 10 km³ que viajan a velocidades cercanas a los 100 km/hora, y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia. Las avalanchas destruyen y sepultan todo lo que encuentran a su paso, alterando la topografía y provocando cambios considerables en la red hidrográfica.

Derrames de lava

Los derrames de lava son corrientes de roca fundida emitidas a elevadas temperaturas de entre 800 y 1200 °C y pueden ser expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán.

Por lo general avanzan a decenas de metros por hora y llegan a recorrer varios kilómetros de distancia con respecto al volcán. Los derrames de lava destruyen todo a su paso, generan daños en viviendas, infraestructura y vías de comunicación. Por sus altas temperaturas provocan incendios en pastizales y bosques, sin embargo, no representan un grave peligro para las personas debido a su baja velocidad. Los derrames de lava son corrientes de roca fundida emitidas a elevadas temperaturas de entre 800 y 1200 °C., y pueden ser expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Por lo general avanzan a decenas de metros por hora y llegan a recorrer varios kilómetros de distancia con respecto al volcán. Los derrames de lava destruyen todo a su paso, generan daños en viviendas, infraestructura y vías de comunicación. Por sus altas temperaturas provocan incendios en pastizales y bosques, sin embargo, no representan un grave peligro para las personas debido a su baja velocidad.

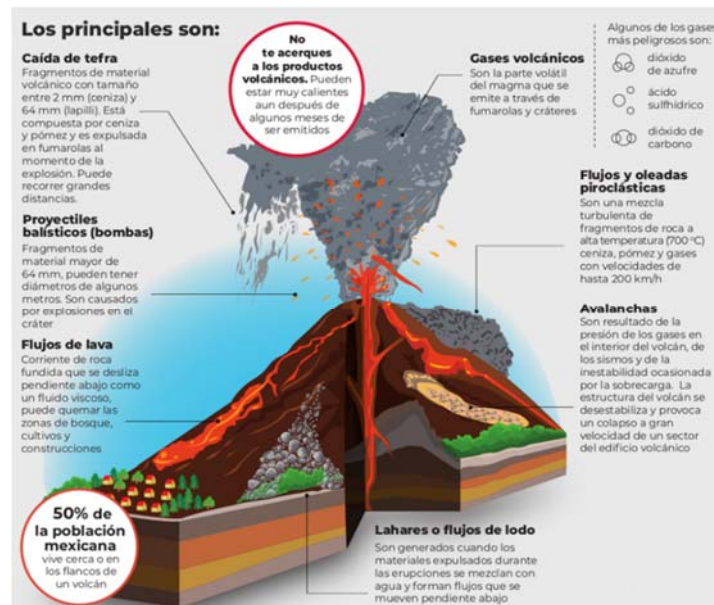


fig.4 Peligros volcánicos (CENAPRED, 2021)

Recomendaciones ante la probable caída de Ceniza:

- Protege tus ojos, nariz y boca, si tienes necesidad de salir a la intemperie. Evita hacer ejercicio.
- Cierra puertas y ventanas y sella con trapos húmedos las rendijas y las ventilas para limitar la entrada de polvo a casas y edificios. Sacude la ceniza con plumeros para que no se rayen las superficies.
- Tapa tinacos y otros depósitos para que no se ensucien y cubre equipos y automóviles para que no se deterioren y rayen.
- Quita continuamente las cenizas para evitar que se acumulen en techos ligeros (lámina, cartón, triplay, lona, teja y otros parecidos), porque pueden hacer que se caigan por el exceso de peso, como pasa con el granizo. Además, si la ceniza se moja, aumentaría de peso como si fuera una losa de cemento, por lo que no debemos tratar de quitarla con agua.
- Cubre todas las coladeras y recoge las cenizas en costales y bolsas de plástico para evitar que estas se vayan al drenaje.
- Trata de que circule la menor cantidad posible de automóviles; se precavido y paciente porque el tráfico se puede volver lento al ponerse resbaloso el piso.

Información básica

A continuación se presenta un listado de los volcanes activos y la distancia que existe de ellos a este municipio.

El municipio localizado en las coordenadas geográficas:

-100.7879, 20.5375

No. volcanes a 10 km	No. volcanes a 20 km	No. volcanes a 50 km	No. volcanes a 100 km
0	0	0	1

Nombre de volcanes a 10 km:

Ninguno

Nombre de volcanes a 20 km:

Ninguno

Nombre de volcanes a 50 km:

Ninguno

Nombre de volcanes a 100 km:

Caldera Los Azufres

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Prevención de desastres. Cartel Volcán Popocatépetl. <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/13-CARTELVOLCNPOPOCATPETL.PDF>
- De la Cruz Reyna, S., 2008. Fascículo Volcanes. Centro Nacional de Prevención de Desastres. <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/2-FASCCULOVOLCANES.PDF>
- Centro Nacional de Prevención de desastres. Folleto Volcanes. <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/160-FOLLETOVOLCANES.PDF>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Geológicos). <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/55.pdf>
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. Infografía Peligros Volcánicos. <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/319-319-INFOGRAFAPELIGROSVOLCNICOS.PDF>

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Definición de vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado de funcionalidad equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada. La vulnerabilidad se expresa en términos de las llamadas funciones y/o matrices de vulnerabilidad. Estas funciones de vulnerabilidad, generalmente, definen la distribución de probabilidad de las pérdidas como variables dependientes de la intensidad producida durante un escenario específico asociado a algún tipo de fenómeno y con una cierta frecuencia de ocurrencia (cierto periodo de retorno).

Para el caso de las edificaciones de vivienda, tanto del sector formal, como informal, se han elaborado matrices y/o funciones de vulnerabilidad que permitirían calcular la susceptibilidad de daño de edificaciones existentes ante el impacto de un evento perturbador postulado. Para poder hacer uso de estas funciones resulta necesario, al menos, contar con información de las características de la edificación, del tipo de suelo en el que se desplanta y del nivel de intensidad del fenómeno. En el caso de los vientos fuertes, la intensidad se representa, a la fecha, por medio de la velocidad de diseño. Se han elaborado funciones de vulnerabilidad característica para edificación de vivienda en donde el porcentaje de pérdida esperada y está en función de la intensidad, en este caso la velocidad de diseño (generalmente en km/h).

El uso de funciones resulta de gran utilidad para procedimientos sistematizados, en los que, además, se pueda contar con información con alto nivel de detalle sobre las características físicas y mecánicas de los componentes y materiales de las edificaciones para vivienda. En este sentido, la información referida sigue conformando el déficit de la mayoría de los trabajos realizados a la fecha para la elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos, tanto a nivel estatal, como a nivel municipal.

Tomando en cuenta que un trabajo de levantamiento riguroso de información relacionada con las características de la edificación requiere de tiempo, se presentan una propuesta como opción para establecer una relación entre los bienes expuestos del estado, municipio o localidad, centrándose en la edificación para vivienda, y el porcentaje de daño esperado para un nivel de velocidad de diseño asociada al municipio.

Con base en la información que contempla el INEGI en los protocolos para recopilación de información de los censos de población y vivienda que realiza en el país, se puede hacer una tipificación simplificada para la edificación de vivienda considerando, cualitativamente, aspectos básicos para definir el nivel de vulnerabilidad asociado principalmente a edificaciones del sector informal; así se pueden mostrar, en orden creciente de vulnerabilidad, las seis tipologías incluidas en la información INEGI:

1. Muros de mampostería con techos rígidos
2. Muros de mampostería con techos flexibles
3. Muros de adobe con techo rígidos
4. Muros de adobe con techos flexibles
5. Muros de materiales débiles con techos flexibles
6. Sin información

Información básica

De acuerdo con los datos proporcionados por la Encuesta Intercensal 2015, existen en este municipio, **129592** viviendas, de las cuales, respecto a la tipología de vivienda, se tiene la siguiente distribución:

Tipología de vivienda	No. viviendas	Porcentaje de viviendas	Vulnerabilidad
Muros de mampostería con techos rígidos	118375	91.34 %	Muy baja
Muros de mampostería con techos flexibles	9942	7.67 %	Baja
Muros de adobe con techos rígidos	232	0.18 %	Media
Muros de adobe con techos flexibles	497	0.38 %	Alta
Muros de materiales débiles con techos flexibles o no clasificada	327	0.25 %	Muy alta
Sin información	219	0.17 %	
Total vivienda en el municipio	129592		

Fuente: Encuesta Intercensal INEGI 2015

Aproximadamente el 91.34% (118375 viviendas) están construidas con Muros de mampostería con techos rígidos por lo que se considera que tienen una vulnerabilidad Muy baja, principalmente por el tema de daño por sismo y viento fuerte. Es necesario realizar el levantamiento de viviendas vulnerables en el municipio para identificar aquellas que requieren de mejoras estructurales.

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2001), Informe de Investigación: Procedimiento para calcular la susceptibilidad de daño por viento de edificación para vivienda a nivel municipal, Dirección de Investigación, Subdirección de Riesgos, Atlas Nacional de Riesgos.

RIESGOS ESTRUCTURALES

Riesgo estructural

Es el porcentaje de pérdida esperada para un tipo determinado de bien expuesto ante el impacto de un fenómeno perturbador con una intensidad estimada y/o postulada. En este caso, el tipo de bien expuesto será la edificación para vivienda unifamiliar; el tipo de manifestación de fenómeno, serán los vientos fuertes (producto de ciclón tropical, tornado o frente frío, principalmente).

Este parámetro, susceptibilidad de daño, se calcula por medio de la superposición simple de las capas de peligro (incluyendo periodos de retorno, si se tienen, pero siempre con un parámetro de intensidad bien definido y consistente con las propuestas de funciones vulnerabilidad existentes) y de bienes expuestos tipificados (por ejemplo, edificaciones para vivienda unifamiliar, con muros de mampostería y sistemas de techo flexible). En este caso se asocian a los diferentes tipos de vivienda, pudiendo considerar los seis tipos de clasificaciones reportadas en la información censal del INEGI, se tienen las matrices y/o funciones de vulnerabilidad ante viento.

En las metodologías y guías para calcular el riesgo en edificación para vivienda se indica que se deberá hacer un levantamiento de la información básica para clasificar y tipificar todo el universo de los bienes expuestos, en este caso, la edificación para vivienda. En muchos casos las autoridades municipales, y en algunos casos incluso las autoridades estatales, adolecen de la capacidad financiera y/o técnica para poder llevar a cabo un programa de recopilación de información de la envergadura y calidad a como la que requieren las metodologías indicadas por los especialistas. La información presentada a continuación tiene la finalidad de suplir, temporalmente, las características de los bienes expuestos y permitir a las autoridades locales realizar un estudio aproximado de las pérdidas esperadas ante un evento postulado.

Nivel de peligro: el parámetro de intensidad es la velocidad de viento genérica, ya corregida por efectos geomorfológicos y geográficos. La unidad de la intensidad es en km/h. Los valores de periodo de retorno considerados son: 10, 50 y 200 años. Para estudios de susceptibilidad de daño con fines de Protección Civil, se sugiere usar el valor correspondiente al periodo de 200 años.

Función y/o matriz de vulnerabilidad: conjunto de pares de valores que relacionan la intensidad del parámetro de peligro, en este caso la velocidad genérica de viento en el municipio, y el porcentaje de daño esperado en seis tipologías de edificación para vivienda (Clasificación INEGI).

**Tabla Tipos de vivienda y funciones de daño esperado
(Información obtenida de censo INEGI)**

Tipo Características de la vivienda / Función de vulnerabilidad (Relación entre porcentaje esperado de daño y velocidades de diseño (km/h))

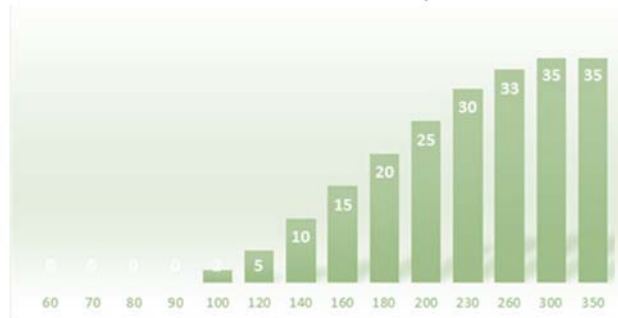
- 1 Muros de mampostería con techos rígidos

Edificación de vivienda tipo 1



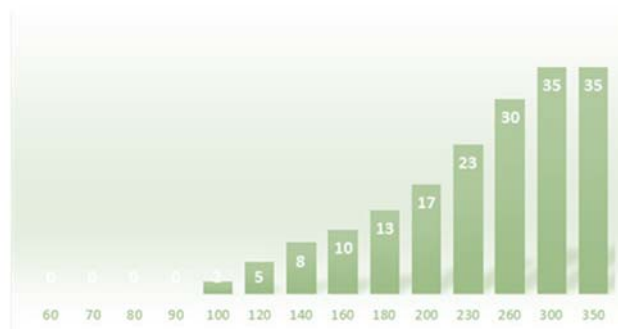
- 2 Muros de mampostería con techos flexibles

Edificación de vivienda tipo 2



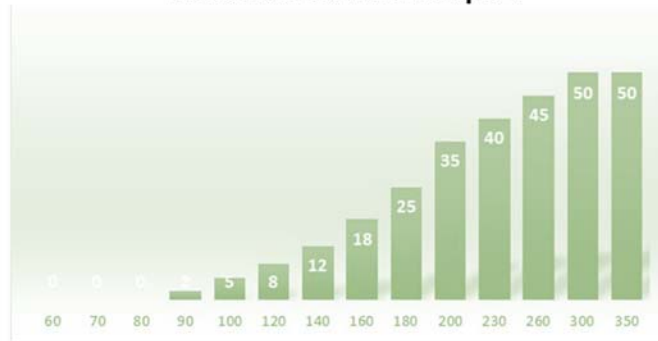
- 3 Muros de adobe con techo rígidos

Edificación de vivienda tipo 3



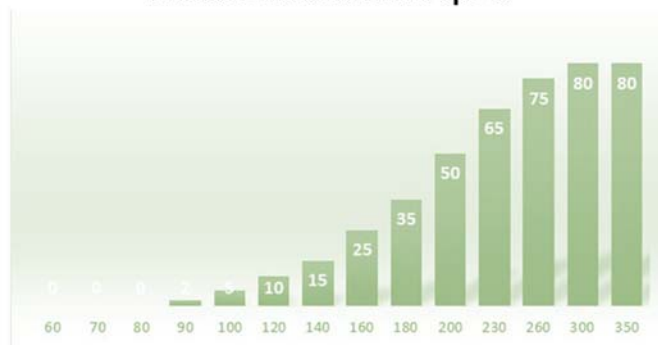
4 Muros de adobe con techos flexibles

Edificación de vivienda tipo 4



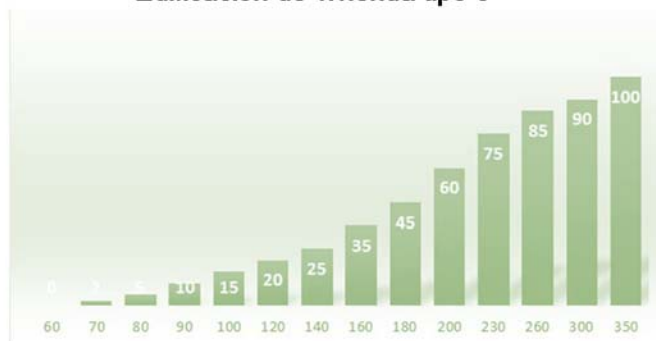
5 Muros de materiales débiles con techos flexibles

Edificación de vivienda tipo 5



6 Sin información

Edificación de vivienda tipo 6



Información básica

Para este municipio, se tienen los valores de velocidad de diseño de 156.82, 116.95 y 102.54 km/h, asociados respectivamente a los periodos de retorno de 200, 50 y 10 años.

La información producto del censo de población y vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010, misma que está incluida en el apartado anterior Vulnerabilidad Estructural y en las herramientas del Atlas Nacional de Riesgos, reporta para el municipio de Tecate se toma en cuenta la relación entre las características de los seis tipos de edificación y el porcentaje de daño esperado en función de la velocidad de diseño, se puede calcular la susceptibilidad de daño de la edificación para vivienda en el municipio. El resultado del análisis de pérdida se presenta en la siguiente tabla:

Tipo de edificación	Porcentaje de pérdida esperada		
	T _R = 200 años V _D = 156.82 km/h	T _R = 50 años V _D = 116.95 km/h	T _R = 10 años V _D = 102.54 km/h
1	5	100	100
2	10	2	2
3	8	2	2
4	12	5	5
5	15	5	5
6	25	15	15

T_R: Periodo de retorno del evento; V_D: Velocidad de diseño en el sitio

La pérdida esperada se calculó multiplicando el porcentaje de daño para cada tipo de vivienda del respectivo periodo de retorno con el porcentaje de viviendas de cada tipo de edificación dando como resultado:

Porcentaje de pérdida esperada para Tr=200 años= **5.47**

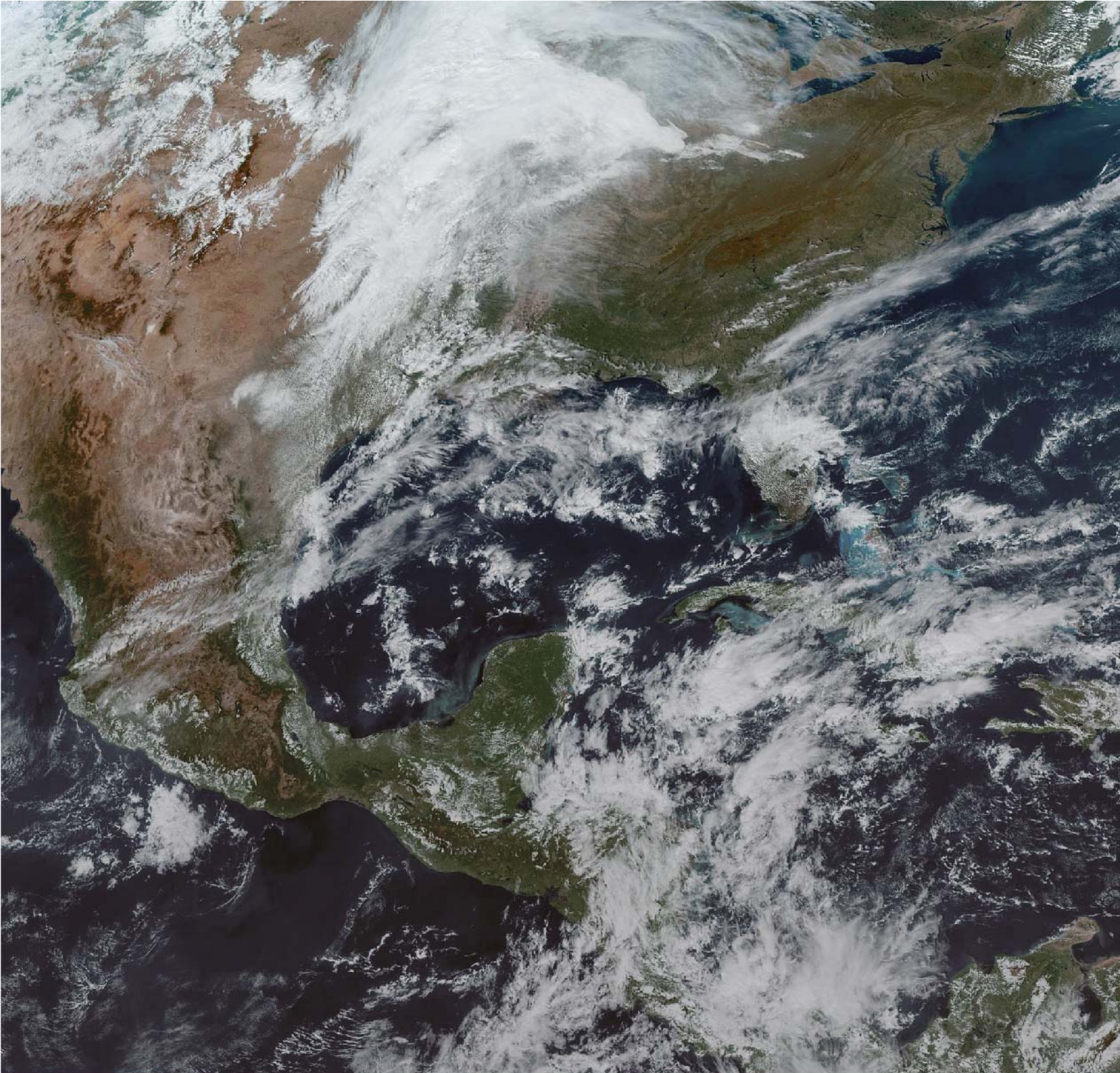
Porcentaje de pérdida esperada para Tr=50 años= **91.56**

Porcentaje de pérdida esperada para Tr=10 años= **91.56**

Es necesario mencionar que para el análisis anterior se está considerando el costo de reposición único y constante, independientemente del tipo de edificación, por lo que se muestra únicamente el porcentaje de pérdida esperada en relación con el universo de edificación.

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2021). Informe de Investigación: Procedimiento para calcular la susceptibilidad de daño por viento de edificación para vivienda a nivel municipal Dirección de Investigación, Subdirección de Riesgos Estructurales, Atlas Nacional de Riesgos .



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

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

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

www.gob.mx/cenapred