



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

**REGISTRO DE DAÑOS EN INFRAESTRUCTURA Y LÍNEAS VITALES
OCASIONADOS POR SISMO Y VIENTO**

Oswaldo Contreras Reyes
Víctor Simón Vargas Ortega
Oscar López Batiz

Dirección de Investigación
Subdirección de Riesgos Estructurales

Febrero de 2020



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVO	5
ALCANCES.....	5
METODOLOGÍA.....	7
DAÑOS OCASIONADOS POR VIENTO.....	9
DAÑOS OCASIONADOS POR SISMOS	10
CONCLUSIONES.....	12
REFERENCIAS.....	12

INTRODUCCIÓN

En México, debido a su ubicación geográfica, condiciones climáticas y geológicas, así como a problemas de asentamientos humanos en zonas de amenaza y peligro debido a diversos fenómenos naturales, la infraestructura puede resultar vulnerable ante la presencia de fenómenos naturales, en particular los huracanes y sismos. Algunos de estos fenómenos, por la magnitud y alcance de la región, han provocado severos daños a la infraestructura que requieren de una respuesta institucional, en la cual se deben canalizar importantes recursos económicos, en un primer momento para atenuar la situación de emergencia y, posteriormente, para resarcir los daños y restablecer las condiciones de normalidad social y económica de la región afectada.

El riesgo de desastres, entendido como la probabilidad de pérdida, depende de dos factores fundamentales que son el peligro y la vulnerabilidad. Comprender y cuantificar los peligros, evaluar la vulnerabilidad y con ello establecer los niveles de susceptibilidad de daño, eventualmente riesgo, es sin duda el paso decisivo para establecer procedimientos y medidas eficaces de mitigación para reducir sus efectos.

Para estimar distintos niveles de riesgo, es necesario evaluar la vulnerabilidad, ante cada fenómeno, de cada una de las obras construidas por el hombre tales como vivienda, hospitales, escuelas, servicios de emergencia, edificios públicos, vías de comunicación, líneas vitales (electricidad, agua, drenaje, telecomunicaciones, etc.), patrimonio histórico, comercio e industria, sin olvidar tierras de cultivo, zonas de reserva ecológica e incluso turísticas o de esparcimiento.

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a la ocurrencia de posibles daños en aquellas partes que lo mantengan en pie o interfieran en su funcionamiento. 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 equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada. La vulnerabilidad se puede expresar en términos de la llamada “función de vulnerabilidad”. La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un el impacto de un fenómeno o en un escenario específico.

Se entiende por sistema vital a toda infraestructura cuya función es esencial para la vida de la población y el desarrollo económico de una ciudad o región, cuya importancia es fundamental en caso de desastre. Se incluyen en esta

categoría todos los sistemas de suministro de servicios públicos (agua, electricidad, comunicaciones, evacuación y recolección de desechos), la infraestructura de transporte (terrestre, aéreo y marítimo), los centros de salud (hospitales) y seguridad (especialmente estaciones de bomberos); en algunas ocasiones también se llegan a considerar a las instalaciones escolares.

Las líneas vitales son sistemas continuos, cuyas dimensiones pueden superar a las de las ciudades a las cuales suministran servicios. Dentro de las ciudades, las líneas vitales forman una red compleja que abarca toda la extensión de las mismas. Fuera de las ciudades las líneas vitales son los ejes de transmisión de un producto o servicio desde el lugar de origen o fuente a través de los elementos que los transforman para su consumo, hasta un destino de la ciudad. Son líneas vitales, por ejemplo: el suministro de agua potable, de electricidad, el alcantarillado sanitario, las carreteras, y los sistemas de telecomunicaciones.

Los daños ocasionados a la infraestructura y líneas vitales en México debido a la frecuencia, magnitud y alcance de los fenómenos naturales han sido severos y, en muchas ocasiones, poco reportados; la información existente en lo referente a daños se centra en las afectaciones directas a los ciudadanos y sus propiedades, por lo que el daño en los sistemas vitales, aunque es de gran importancia, se le presta poca atención en cuanto al registro del problema y recopilación de información. Lo anterior dificulta la operación de la infraestructura crítica que debería estar funcionando con normalidad para atender la situación de emergencia, además de dificultar el acceso de recursos a las zonas afectadas.

Durante una emergencia es importante que los recursos materiales y humanos fluyan rápidamente a las zonas afectadas, para lo cual es necesario restituir a la normalidad aquellos sistemas y líneas vitales que hayan sufrido daño severo, por lo que es indispensable contar con información de los sistemas afectados en cuanto a ubicación, nivel y características del daño. Para ello, es necesario integrar, analizar y medir la susceptibilidad de daño por sismo, huracán y grandes avenidas de este tipo de bien expuesto, principalmente, para establecer mecanismos que coadyuven en medidas de mitigación del riesgo. Por lo anterior, es preciso conocer las pérdidas en la infraestructura pública, misma que requiere atención inmediata después de un evento natural en caso de sufrir daños. Con la elaboración de una base de datos de daño en los sistemas vitales se considera que se contará con la información suficiente para evaluar su vulnerabilidad física ante algún evento perturbador futuro y/o postulado.

En el presente documento se hace una descripción del proceso de recopilación y captura de la información que conforma la base de datos de daños causados por los fenómenos sísmicos y vientos fuertes, además de agregar algunos casos

de daño a infraestructura ocasionado por otros fenómenos de menor frecuencia e intensidad, durante el periodo de 2019.

OBJETIVO

En el análisis de riesgos y la toma de decisiones para reducir afectaciones después la ocurrencia de un evento perturbador, toma gran relevancia conocer qué tipo de daños han sufrido históricamente no sólo la edificación expuesta sino también los sistemas y líneas vitales. Y definir cuáles han sido sus puntos vulnerables para, ante probables eventos futuros, tomar medidas de prevención.

Los esquemas de prevención se definen considerando los tres aspectos fundamentales que impactan en la determinación del riesgo: a) Conocimiento de los niveles de peligro asociados a los fenómenos; b) identificación de las características de la vulnerabilidad del sistema afectable y c) conocimiento de las características y niveles de exposición del sistema afectable.

Por lo anterior, el objetivo principal de integrar una base de datos de daño en los sistemas vitales del país, causado por eventos sísmicos y/o vientos fuertes, es contar con información confiable que permita evaluar la vulnerabilidad de los sistemas y líneas vitales, basados en información real de daño durante eventos de gran magnitud.

ALCANCES

En la actualidad la información existente de daños en los sistemas y líneas vitales debido a la acción de algún agente perturbador, además de ser escasa, se refiere únicamente a reportes generales, sin proporcionar detalle de los daños físicos que afectaron los sistemas y que causaron la falta de operatividad reportada ante la acción de un fenómeno perturbador. Por lo general, ante la ocurrencia de un evento de gran magnitud e intensidad, la información más detallada y que se hace del conocimiento general, corresponde a las afectaciones en vivienda y edificación pública, prestando poca atención a los daños en los sistemas extendidos, ante esa falta de información histórica, y para complementar la información recabada en el lustro anterior, éste trabajo se restringió a la búsqueda durante el periodo 2019.

La información de daño existente sobre los sistemas vitales no profundiza en las características técnicas de los sistemas afectados, ni en el tipo y nivel de daño que presentaron, por ejemplo: en el caso del sistema carretero, se tienen conteos de puentes dañados, pero no se conocen las especificaciones de los

mismos, como son: longitud total, número de claros, tipo de apoyos, número de pilas, ancho de la calzada, materiales de construcción, entre otras características. Por lo que se hace necesario remitirse a la información de los registros de los organismos especializados.

Aunque existen algunos trabajos acerca de estos sistemas vitales, por lo general el análisis de la vulnerabilidad de los mismos es un campo poco estudiado, sólo recientemente y con fines de recabar información para el sector asegurador, algunas empresas se han dedicado a realizar estudios empíricos de vulnerabilidad de infraestructura urbana. Con base en estos trabajos se han construido la mayoría de las funciones de vulnerabilidad empíricas a partir de los registros de daño durante fenómenos ocurridos en épocas recientes.

La función de vulnerabilidad generalmente define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico; el uso de la información contenida en la base de datos tiene la función de permitir la elaboración de funciones que relacionan el valor esperado del daño en porcentaje, asumiendo una desviación estándar nula, con la intensidad del fenómeno amenazante. El daño se mide usualmente en términos de la relación media del daño (RMD) y corresponde en general al costo de reparación de la estructura para llevarla a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento, medida como porcentaje de su valor de reposición total.

Las funciones de vulnerabilidad, que son las relaciones entre alguna medida de intensidad de un fenómeno perturbador (como la aceleración del suelo en caso de sismo) y el daño estructural, son de suma importancia en la evaluación del riesgo y la simulación de escenarios de pérdida. Las relaciones intensidad-daño comúnmente se expresan mediante estas curvas de vulnerabilidad (ver figura 1), o matrices de probabilidad de daño.

Existen algunas desventajas en el empleo de estas curvas. En los casos en que se construyen a partir de datos de daño de eventos recientes, generalmente proporcionan valores discretos y limitados, dado que dependen de los registros históricos existentes que son escasos o muy cualitativos. Además, en algunos casos los rangos de daño considerados no son claros debido a que la evaluación del mismo está sujeta al criterio personal del evaluador. Por otro lado, el daño en un sistema está relacionado directamente a las características de su entorno por lo que los efectos de sitio toman gran relevancia en el tipo y magnitud de los daños presentes en un sistema, lo que hace que las curvas de vulnerabilidad sean casi exclusivas de la localidad para la que se construyeron. Con el propósito de reducir la incertidumbre que genera lo anterior, resulta de gran utilidad la información de bases de datos como la que se presenta en este trabajo.

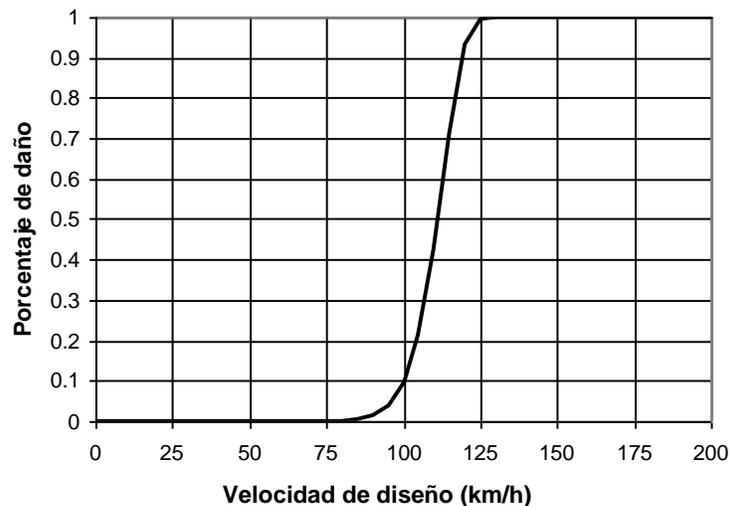


Figura 1 Ejemplo de función de vulnerabilidad por viento para algunos sistemas estructurales típicos (caso para edificación de muros de adobe de 2.0 m de altura y techo flexible)

A pesar de lo mencionado, en caso de contar con funciones obtenidas en estudios realizados en otros países, o bien que se sustentan en la revisión del comportamiento de sistemas estructurales propios de edificación para vivienda, se pueden extrapolar algunas características de la infraestructura vital y aplicar las funciones a sistemas con características similares en el país, con lo que se contaría con una herramienta muy útil para la estimación de riesgos y pérdidas por eventos extraordinarios.

METODOLOGÍA

Es importante, sobre todo en el caso de eventos de gran magnitud que afectan grandes centros urbanos o extensiones muy grandes de terreno, tener idea de las características de la infraestructura existente en el lugar, así como la susceptibilidad de daños debido a la ocurrencia de algún agente perturbador. Por tal motivo recabar información de daños históricos que ha sufrido la infraestructura existente en la zona, región o país, permitiría plantear funciones de vulnerabilidad donde se muestre la relación entre las características de la infraestructura y los daños probables, para proponer funciones de vulnerabilidad para estos sistemas vitales.

Por otro lado, el análisis de riesgos de una localidad o región, involucra el estudio de peligro, vulnerabilidad y costos de la infraestructura expuesta. El

análisis del peligro consiste en definir la frecuencia e intensidad de un fenómeno en un lugar determinado, este análisis puede ser cubierto con datos proporcionados por instituciones como el Servicio Sismológico Nacional (sismos) o la Comisión Nacional del Agua (huracanes y grandes avenidas), que son las encargadas de llevar el registro de los fenómenos de gran magnitud que afectan el territorio nacional. Dentro de estos registros deben existir datos como las aceleraciones del suelo durante un sismo o la velocidad del viento durante un huracán.

En lo que corresponde al análisis de la vulnerabilidad de la infraestructura, se debe llegar a la estimación del daño esperado en cada tipo de sistema expuesto debido a la ocurrencia de un evento de cierta intensidad, generalmente esto se representa por medio de funciones de vulnerabilidad de los sistemas expuestos para cada fenómeno. La estimación del daño se mide en términos del nivel de daño medio, en este caso asumiendo una varianza nula, que permitirá tener una idea del costo de reparación esperado y el costo de reemplazo de una estructura. Una curva de vulnerabilidad se puede obtener de relacionar el nivel de daño medio y la intensidad sísmica que puede ser expresada en términos de aceleración máxima en caso de sismo o como velocidad máxima del viento en el caso de huracán.

La estimación del daño esperado en un sistema con un sustento estadístico sólido, requiere de un gran registro de datos de los fenómenos ocurridos históricamente, además del registro de daño observado en una región y de ser conocidas las características de los sistemas expuestos. Para ello es necesario integrar una base de datos de los sistemas existentes y los daños que sufrieron durante algún evento de gran magnitud, del cual se conoce la intensidad en el sitio del bien expuesto dañado.

La integración de esta base de datos de daño, se realiza mediante una investigación documental en diferentes fuentes, principalmente la recopilación de información existente en documentos impresos y en medios electrónicos, recurriendo a los acervos de las instituciones como la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Servicio Sismológico Nacional (SSN) y medios de comunicación impresos, para obtener información histórica de los de fenómenos naturales ocurridos en el territorio nacional y de los registros de daño que estén disponibles.

La base de datos que se está generando considera los daños ocasionados por viento y por sismo además de un apartado de registro de daños ocasionados por otros fenómenos.

DAÑOS OCASIONADOS POR VIENTO

Cada vez que un ciclón tropical impacta sobre el territorio nacional deja a su paso una huella de daños ocasionados por su campo de vientos. Generalmente se efectúan estudios, con valores de incertidumbre conocida, de estimación de daños. El principal defecto de dichos estudios es que no se establece una relación entre los daños y los vientos que los originaron, así como el hecho de que la información adquirida se recopila con protocolos no necesariamente consistentes entre las distintas instituciones responsables de cada sector.

Las estadísticas indican que los daños que producen estos fenómenos han estado aumentando, uno de las razones de tal crecimiento es el crecimiento de la población que se asienta en las zonas expuestas al impacto directo de estos fenómenos. Cuando los huracanes entran a tierra, cerca de ciudades o poblaciones, causan inundaciones donde los resultados son siempre devastadores. Por ejemplo los huracanes Isis (1998), Juliette (2001) y Odile (2014), dejaron completamente incomunicados a muchos poblados de la región de Los Cabos, producto del rompimiento de los caminos y carreteras, además de los daños en la infraestructura eléctrica.

Aunque cualquier estructura se ve afectada, de mayor a menor grado, por vientos intensos, existen algunos tipos que son especialmente vulnerables, como es el caso de los anuncios publicitarios o espectaculares, los cuales a veces son fabricados con deficientes métodos constructivos y de diseño que no consideran las fuerzas que afectaran a la estructura en su vida útil, aunado al uso de materiales de bajo costo. Las fallas catastróficas de estos anuncios ponen en peligro a los habitantes a su alrededor, al convertirse en proyectiles que al ser levantados y lanzados por el viento pueden producir fallas secundarias en líneas de servicios aéreas (eléctrico, telefonía, sistemas de iluminación, antenas de microondas). En el caso del viento la vulnerabilidad se magnifica cuando las estructuras contienen áreas de gran resistencia al libre flujo del viento en su parte superior.

El viento, directa o indirectamente, es el creador de otros generadores de peligro como el oleaje, la marea de tormenta y la precipitación pluvial. Por lo tanto, los vientos en superficie, hasta una altura de 10 metros, son los que más afectan al hombre y a la actividad humana. Los campos de viento que actúan sobre las estructuras y elementos, les pueden generar daño o falla, ya que el viento inducido sobre cualquier superficie provoca una presión adicional, a la atmosférica, sobre dicha superficie.

No todos los daños del viento sobre estructuras ocurren por el mismo mecanismo. Las fallas pueden ser clasificadas como totales, parciales o locales. Las fallas totales producen el colapso completo o casi completo de la estructura

debido a que las fuerzas de viento rebasan la resistencia de diseño. Las fallas parciales se presentan cuando partes específicas de la estructura son separadas de la estructura debido a resistencia inadecuada de los sistemas de anclaje sobre dicha parte. Las fallas locales son fallas de menor magnitud que ocurren en lugares específicos donde se concentran altas velocidades de viento.

La variación cíclica de los vientos característicos de un ciclón, debida a la turbulencia, produce fallas que no se encuentran asociadas a la resistencia instantánea de los elementos estructurales, sino precisamente a fenómenos de fatiga, donde las estructuras se mueven repetidamente en una y otra dirección debilitando sus componentes después de muchos ciclos.

Obtener una base de datos con información de daños ocasionados por viento en Líneas Vitales e infraestructura no es fácil, ya que la poca información que se tiene se encuentra dispersa en instituciones responsables de cada sector y no es fácil tener acceso a los registros, que sirvan para crear funciones de vulnerabilidad que puedan emplearse para el cálculo de afectaciones y la identificación de zonas en riesgo antes de la ocurrencia de un huracán. Además, los registros de daño encontrados están enfocados a las pérdidas económicas y al sector vivienda, y en cuanto a daños en líneas vitales no se detalla a fondo las características y ubicación de las estructuras dañadas ni del tipo de mecanismo que las generó.

La búsqueda de información realizada para el año 2019 solo especifica el año, fecha, categoría de impacto, velocidad de viento máxima y estados afectados, además de algunas observaciones de daños ocasionados a la infraestructura, con un registro fotográfico.

DAÑOS OCASIONADOS POR SISMOS

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas vitales están conformados por redes que, en el caso de infraestructura hidráulica, contienen obras de captación, conducción, almacenamiento y distribución para dar un servicio. Las bases de datos sobre daños en infraestructura debido a los efectos de sismo existentes, son en general, un conteo donde se reportan edificios dañados, indicando el porcentaje de daño, sin proporcionar a detalle información del tipo y nivel de daño o las características de las edificaciones afectadas. Existe información más extensa para los eventos de mayor magnitud, o que han causado grandes daños en áreas urbanas, como el sismo de Michoacán de septiembre de 1985, el de Tehuacán de 1999, o los ocurridos recientemente en septiembre de 2017.

En sistemas vitales de vías de comunicación, como carreteras y vías férreas, después de un sismo se pueden observar reportes de daños en diferentes estructuras que conforman las redes de los sistemas, por ejemplo en túneles, taludes, corte y rellenos, acceso a puentes y otro tipo de infraestructura.

Específicamente, en el caso de los túneles se ha observado que pueden presentar dos tipos de daño debidos a sismo, daño en los portales y daño en el revestimiento de los túneles. El primero está asociado a derrumbes o a la falla del terreno en declive. Los daños al interior de túneles, debido a sismo, son raros y están asociados a malos procedimientos de construcción, a una mala ubicación en zonas propensas a derrumbes, a desplazamiento directo de una falla geológica, o, también con gran frecuencia, a degradación de la estructura del túnel por falta de mantenimiento..

El daño en taludes depende de las características de resistencia de los materiales, de la estratigrafía, de las características geológicas y morfológicas de cada talud. Sus manifestaciones pueden ir desde agrietamiento presente en la interface entre algún corte o relleno y el terreno natural, las grietas por asentamiento en el acceso a puentes o como asentamiento general en terraplenes.

En el caso de puentes los daños más comunes debidos a sismo se presentan en su subestructura como producto de grandes deformaciones y desplazamientos del terreno o por el fenómeno de licuación. En la superestructura la mayoría de los daños es a causa del excesivo movimiento de la subestructura que origina la falla de juntas constructivas y apoyos. Aunque no se puede generalizar, se han observado algunos patrones en las fallas de este tipo de estructuras como son:

Los puentes sobre terreno poco compacto sufren mayor daño.

Los puentes de arco son más fuertes, mientras que los constituidos por vigas en voladizo son los más vulnerables.

A mayores alturas y número de claros en la subestructura mayor es la probabilidad de colapso de un puente.

Los daños observados en tuberías enterradas, como es el caso de los sistemas de agua potable o drenaje sanitario, son causados principalmente por el desplazamiento relativo del terreno durante un sismo, ya sea por el cambio en la resistencia entre dos regiones del suelo, la licuación de estratos granulares, etc.; lo que se traduce en grandes esfuerzos axiales o transversales en las redes de tubería que la llevan a su punto de ruptura.

Las bases de datos existentes actualmente son en general un conteo de afectaciones en lo que se refiere a los sistemas vitales, como se observa en el caso del sismo de Huajuapán de León de 2018, se reportan edificios dañados

como un porcentaje, sin proporcionar información del tipo y nivel de daño o las características de las edificaciones afectadas.

CONCLUSIONES

La información contenida en el archivo complementario al presente informe, contiene datos sobre daños a infraestructura, siendo resultado de la revisión de fuentes electrónicas y documentales existentes en diversas instituciones como: el Centro Nacional de Prevención de Desastres, La Comisión Nacional del Agua, la Comisión Federal de Electricidad, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, adicionalmente, se consultaron periódicos y revistas de la época y de la región afectada.

Los acervos fotográficos consultados se encuentran en internet, algunos son tomados de blogs personales o foros creados para exponer las opiniones y vivencias durante el evento a que se haga referencia. En el presente estudio se hace puntual referencia a las fuentes originales.

La base de datos generada será una herramienta de gran importancia en el estudio de la vulnerabilidad de los sistemas extendidos o líneas vitales, concentrará la mayor cantidad de información sobre daño para la elaboración de funciones de vulnerabilidad, mismas que puedan emplearse para el cálculo de afectaciones y la identificación de zonas en riesgo antes de la ocurrencia de algún fenómeno sísmico o huracán.

REFERENCIAS

- Mikumo, Takeshi et al. Cuadernos de Investigación No. 14. "Report on the January 17, 1994. Northridge earthquake seismological and engineering aspects". CENAPRED, Julio 1994.
- Bitrán Bitrán Daniel, Serie impacto socioeconómico de los desastres en México "Características del Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México en el Período 1980-99". CENAPRED, Octubre 2001.
- Tomo 1 Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales, Informe técnico ERN-Capra-T1-5
- VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES E
- INFRAESTRUCTURA



- Francisco blanco Figueroa. "Renacimiento y grandeza el primer terremoto del siglo XXI, colima 21 de enero de 2003". Universidad de Colima, 2004. ISBN 970-692-142-7.
- López O., Reyes C. et al. Serie informes técnicos: "El sismo de Oaxaca del 30 de septiembre de 1999", CENAPRED, Diciembre 2001.
- Gutiérrez C., Flores L. et al. Serie informes técnicos: "Sismo de Coyuca de Benítez del 7 de octubre de 2001, aspectos sismológicos y su impacto en infraestructura", CENAPRED, Marzo 2007.
- Reyes C. et al. Serie informes técnicos: "El sismo de Tecomán del 21 de enero de 2003 (Me 7.6)", CENAPRED, Noviembre 2003.
- Alcocer S. et al. Serie informes técnicos: "El sismo de Tehuacán del 15 de junio de 1999", CENAPRED, Julio 1999.
- Colegio de Arquitectos de Japón. "Daños causados por el sismo de Michoacán de 1985" Reporte del Instituto de Arquitectos de Japón, CENAPRED-JICA, Marzo 1996.
- Vargas, W., & Sandoval, J. B. "Vulnerabilidad sísmica de los sistemas vitales". Universidad de Costa Rica.
- López Bátiz O. "Tipos de sistemas extendidos y sus modos de fallas sísmicas característicos", CENAPRED.
- Téllez, M. A. J., Angulo, E. R., Schroeder, M. O., Garnica, B. H., Frausto, C. A., & Lázaro, M. N. "Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes".
- Zepeda, O., & González, S. (2001). "Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres de México". Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).
- Angulo, E. R., Téllez, M. A. J., Schroeder, M. O., & Lázaro, M. A. N. "Pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y Huracanes".
- Rosengaus, M. (1998). "Efectos destructivos de ciclones tropicales". Mapfre.
- CONAGUA. (2012). Capítulo 4. En Análisis de las temporadas de huracanes de los años 2009, 2010 y 2011 en México (176 - 185). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Monitoreo de medios CENAPRED.