

2. Metodología de evaluación y equipo utilizado durante la inspección estructural

JOSÉ LUIS MORENO TORRES*
HUGO HERNÁNDEZ BARRIOS**
CARLOS ARCE LEÓN***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.266.02>

Resumen

Se describe la experiencia adquirida durante la visita a los sitios declarados como desastre natural en Michoacán, debido al sismo de septiembre de 2022. Debido a que las comunidades con más estructuras dañadas por el sismo se encuentran en la zona Sierra-Costa de Michoacán, con alto rezago económico y carencias de infraestructura civil y de comunicación, el proceso de evaluación difiere en algunos aspectos de organización a los que se han vivido después de un sismo en las grandes ciudades. Destaca la creación de una aplicación para teléfono celular que funciona sin conexión a internet, y que permite el llenado de la cédula de evaluación en forma electrónica, para que, con las fotografías tomadas con el mismo, se forme el catálogo de daños y la ubicación de las zonas de atención prioritaria por las autoridades.

Palabras clave: *metodología de evaluación, aplicación para celular, comunidades rurales.*

* Ingeniero en Computación. Técnico académico adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2215-6503>; correo: jose.luis.moreno@umich.mx

** Doctor en Ingeniería. Profesor-investigador titular C, de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8515-5965>

*** Ingeniero Civil. Jefe de la Unidad de Riesgos Naturales y Antropogénicos, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9243-3505>

Introducción

La región Sierra-Costa de Michoacán es la zona orgánica más grande del país, considerada por los agricultores como excepcional que está habitada principalmente por la comunidad nahua. El hábitat de la sierra lo enmarca una zona montañosa de clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano y con una temperatura media anual de 26 °C, la presencia de neblina es característica de la zona; la existencia de ríos y ojos de agua favorece la siembra y facilita la vida cotidiana, pero también la complica, debido a la ausencia de una adecuada infraestructura carretera, como puentes.

El hábitat costeño lo enmarca el Océano Pacífico, el clima en esa zona es caluroso, con temperatura media anual de 29 °C. Muchas playas de la costa michoacana son importantes a nivel mundial en cuanto la reproducción y anidación de las tortugas negra, golfina y laúd (figura 2.1).

Figura 2.1. Vista general de las dos zonas, sierra y costa, en el municipio de Aquila

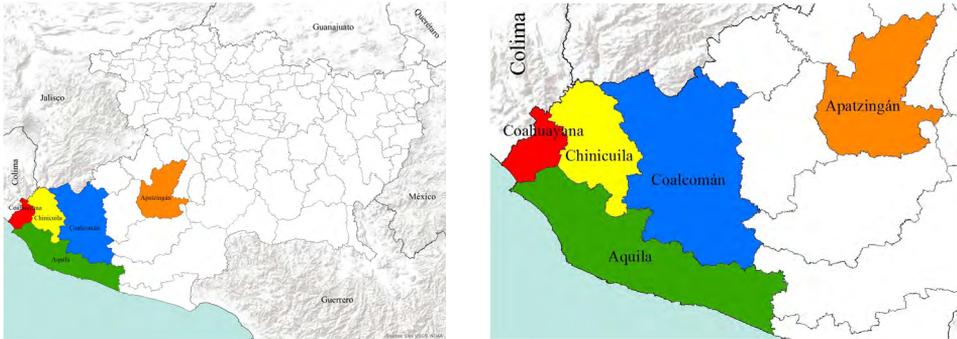


Fuente: elaboración propia.

La región sierra-costa de Michoacán está integrada por siete municipios: Aquila, Arteaga, Chinicuila, Coahuayana, Coalcomán de Vázquez Pallares, Lázaro Cárdenas y Tumbiscatío. Las cabeceras municipales (Aquila, Coalcomán, Chinicuila y Coahuayana), así como las zonas alejadas de estas, consideradas como zonas económicamente vulnerables, fueron muy afec-

tadas, debido a dos eventos sísmicos con epicentro en Michoacán, que se presentaron los días 19 y 22 de septiembre de 2022.

Figura 2.2. Ubicación de Michoacán de la zona declarada como Desastre Natural



Fuente: elaboración propia.

El día 1 de octubre de 2022 (<https://www.quadratin.com.mx/sucesos/emiten-declaratoria-de-desastre-para-5-municipios-por-sismo-del-19s/>), fue publicado en el Periódico Oficial de la Federación, el acuerdo por el que se emite la Declaratoria de Desastre Natural a los cuatro municipios afectados de la Sierra Costa (figura 2.2) además del municipio de Apatzingán. El día 3 de octubre de 2022 se estimó que, el monto de los daños provocados por los sismos de septiembre, fue 400 millones de pesos, y en las que casi 3 300 viviendas resultaron afectadas severamente. También 863 escuelas fueron afectadas, de las cuales 294 son de nivel preescolar y 274 de primaria; el reporte preliminar menciona que 41 edificios de salud también fueron afectados (<https://www.quadratin.com.mx/principal/danos-por-sismos-de-septiembre-ascienden-a-400-mdp-reporta-segob/>).

En muchas localidades de los municipios afectados existe un alto nivel de marginación, pobreza e inseguridad, lamentablemente además de ubicarse en una zona altamente sísmica, también se ubican geográficamente, en una zona de vientos huracanados, que año con año inciden sobre la región. El 5 de septiembre de 2022, tocó tierra el huracán Kay y el 18 de septiembre las tormentas tropicales Lester y Madeline, dejaron daños directos e indirectos en esas comunidades. La mayoría de las estructuras ubicadas en la zona afectada, no tienen las características de las existentes en las

grandes ciudades. Por lo general, son producto de autoconstrucción con materiales abundantes en la zona (figuras 2.3 y 2.4). Por otro lado, los reglamentos de diseño en esos municipios no se encuentran actualizados y en ocasiones son inexistentes. Entre las estructuras dañadas se encuentran escuelas, hospitales, casas habitación, centros de culto religioso y edificios públicos. La forma de realizar las evaluaciones estructurales postsismo deben ser similares a las utilizadas en las grandes ciudades, pero deben ser adaptadas a las condiciones sociales de la región, ya que algunos de los formatos de evaluación que normalmente se emplean para estructuras tipo edificio no son del todo aplicables a los entornos marginados.

Figura 2.3. Vivienda típica ubicada en el centro de Aquila, Aquila



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.4. Vivienda típica de la zona Sierra de Aquila

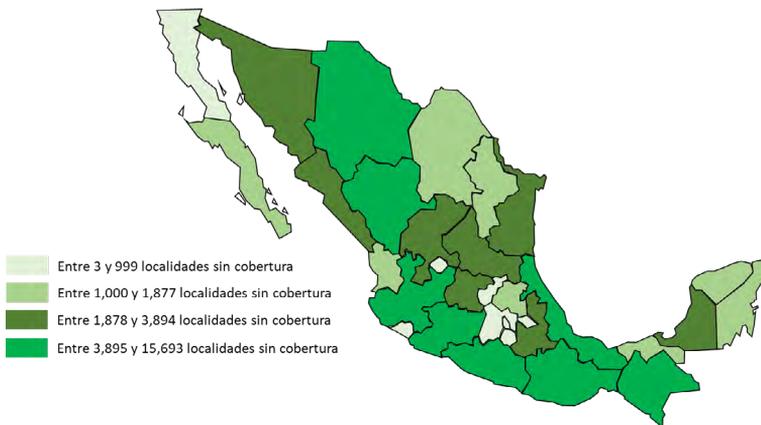


Fuente: elaboración propia.

En la gran mayoría de las comunidades de la sierra costa de Michoacán, actualmente, no existe una cobertura eficiente de telecomunicaciones. El día 4 de octubre de 2017, el secretario de Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Territorial, Ricardo Luna García, inició las gestiones con las empresas de telefonía Telmex y Telcel, para instalar antenas en las comunidades de la sierra costa, dado que en las zonas rurales no hay comunicación (<https://primeraplana.mx/archivos/459377>). La realidad es que a la fecha no existe cobertura en la mayoría de las comunidades afectadas por los sismos de septiembre de 2022.

En la figura 2.5 se observa la cobertura de telefonía e internet por zonas geográficas del país. Se puede ver que en Michoacán existe un gran número de comunidades que carecen de ella, especialmente de internet.

Figura 2.5. Cobertura telefónica en México



Fuente: recuperada de Islas (2020). <https://octavioislas.com/2020/05/18/14601-cobertura-telecom-en-el-dia-de-la-sociedad-de-la-informacion-samuel-bautista-mora/>

En la figura 2.6a se observa la cobertura de internet en México (<https://www.ejecentral.com.mx/internet-para-todos-incremento-meta-mensual-de-cobertura/>), los puntos en rojo son las zonas en las que no hay cobertura, los estados con más rezago, es decir, aquellos que tienen más comunidades incomunicadas son: Chiapas con 15 759; Oaxaca con 8 120; Chihuahua con 7 257; Guerrero con 5 212; Jalisco con 4 261 y Michoacán con 4 478. La zona de Michoacán en la que se ubican los municipios que

fueron declarados con afectación por desastre natural, es una zona con muchas comunidades sin cobertura telefónica ni internet.

Por otro lado, en la figura 2.6b, se observan las zonas sísmicas clasificadas por el *Manual de diseño de obras civiles* (CFE, 2015). La zona sísmica D, en la que se encuentran los municipios de la sierra costa de Michoacán, es la zona con mayor aceleración espectral. Comparando la ubicación de las comunidades en las que no existe cobertura telefónica con la zona sísmica D, se puede ver que la zona con mayor actividad sísmica en México, está carente de comunican telefónica y de internet.

Figura 2.6. Cobertura de internet y zonas sísmicas



a) Cobertura de internet en México



b) Zona sísmicas

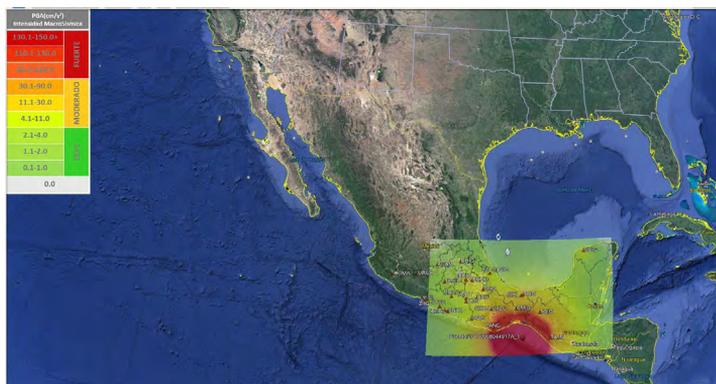
Fuente: CFE (2015).

Se complica la realización de las evaluaciones estructurales en las comunidades de la costa sierra, debido a que la mayoría de estas carecen de la infraestructura necesaria, la distancia entre ellas es grande y en la mayoría no hay comunicación de telefonía ni internet. Otro aspecto, es el referente al número de fotocopias de las cédulas de evaluación que hay que llevar ya que en la zona es difícil encontrar fotocopadoras. Por esa razón, en este trabajo, se realizó una aplicación en webview del sistema Android con la posibilidad de que trabaje sin necesidad de estar conectado a internet y que permita mecanizar electrónicamente las evaluaciones.

Antecedentes

En el año 2017, ocurrieron dos sismos de magnitud importante que dejaron cuantiosos daños en estructuras y un gran número de pérdidas de vidas humanas. El primero, se presentó en la costa de Chiapas, el jueves 7 de septiembre de 2017, con magnitud 8.2 Mw con epicentro a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas (figura 2.7). En su momento fue clasificado como uno de los sismos más intensos que se hayan sentido en el país, desde 1932. En Chiapas, se anunció una declaratoria de emergencia. Este sismo dejó 11 víctimas y una gran cantidad de estructuras dañadas en los municipios de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tabasco, Puebla y Estado de México (Jaimés, 2017).

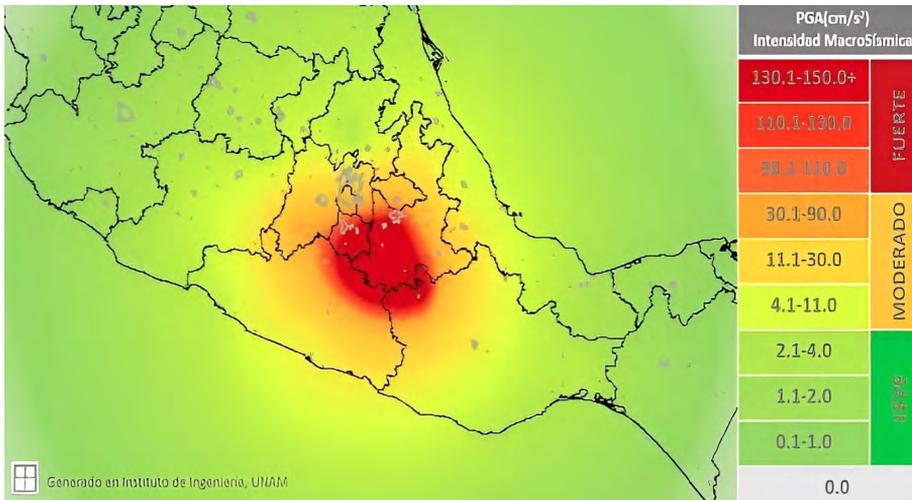
Figura 2.7. Distribución de intensidades, sismo 7 de septiembre de 2017



Fuente: recuperada de Jaimés (2017).

Afortunadamente no hubo daños considerables ni pérdidas de vidas humanas en la Ciudad de México. Por esto, las autoridades federales, los medios de comunicación y la comunidad científica, centralizadas en la capital, minimizaron la importancia de dicho evento. A pocos días de haber ocurrido el sismo en Chiapas, el 19 de septiembre de 2017, se presentó otro evento con magnitud 7.1 (SSN, 2017) con epicentro localizado en el límite estatal entre los estados de Puebla y Morelos (figura 2.8).

Figura 2.8. Intensidades máximas sísmicas del temblor del 19 de septiembre de 2017



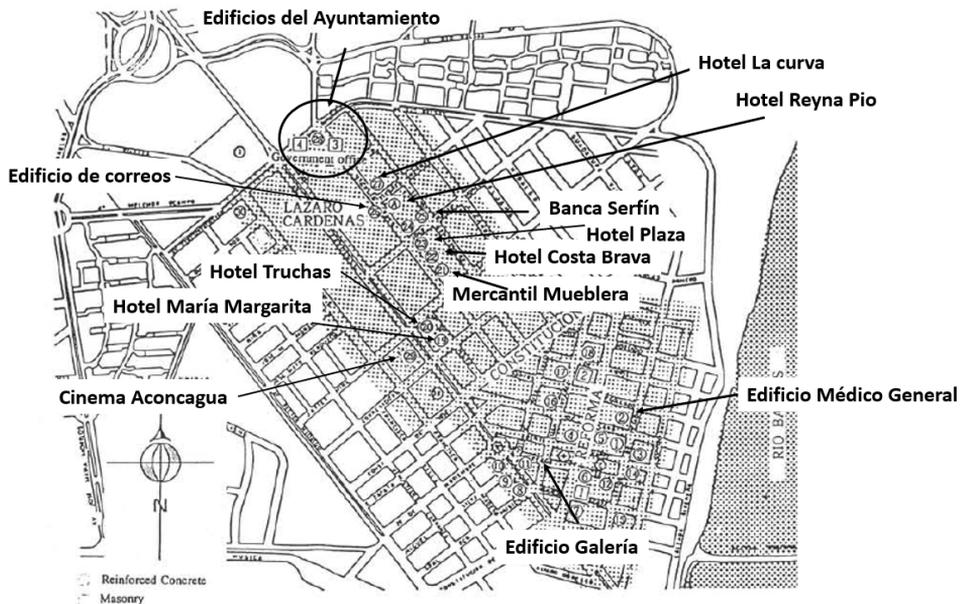
Fuente: recuperada de Jaimes (2017).

Dicho sismo, nuevamente, dejó un gran número de pérdida de vidas humanas y daños en estructuras, principalmente en los estados de Morelos, Puebla, Estado de México, Tlaxcala y en la Ciudad de México. Por el hecho de que hubo daños en la Ciudad de México, los medios científicos, los medios de comunicación y las autoridades federales, lo consideraron como un sismo histórico y mediáticamente importante.

Cuando un evento sísmico deja daños estructurales y/o pérdidas de vidas humanas, es responsabilidad de las autoridades locales, tomar las medidas necesarias para, reducir los efectos e iniciar con el proceso de evaluación de la seguridad estructural, hasta la modificación de la reglamentación de diseño, normar procesos constructivos, desarrollar planes de emergencia, etc.

Por ejemplo, el 19 y 20 de septiembre de 1985, se presentaron dos eventos sísmicos con epicentro en la costa de Michoacán, con Ms 8.1 y Ms 7.5, respectivamente. Indudablemente, los efectos que dejó este movimiento en la Ciudad de México, fueron históricos. Sin embargo, en algunos municipios próximos a la costa de Michoacán también se presentaron daños, los cuales no fueron atendidos de la misma forma que los que se presentaron en la capital. En el centro de la ciudad de Lázaro Cárdenas, Michoacán, se presentaron daños importantes y colapsaron un gran número de hoteles, comercios, escuelas y casas habitación (figura 2.9).

Figura 2.9. Zona ubicación de los daños en Lázaro Cárdenas, 1985



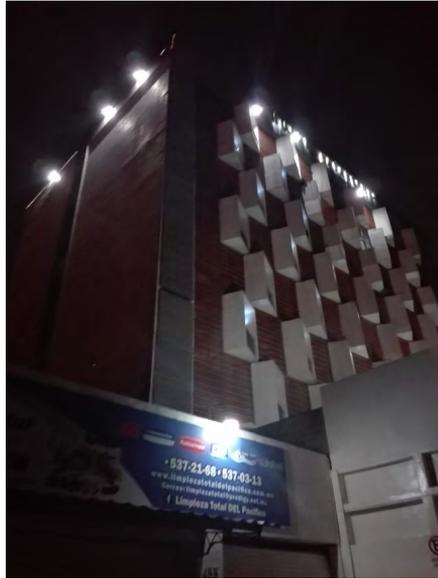
Fuente: retomada de Otani *et al.* (1995).

El puerto de Lázaro Cárdenas al ser uno de los puertos comerciales más importantes de México, iba a ser nombrado zona económica especial, por lo que se debieron haber atendido los daños en la infraestructura y actualizado el Reglamento de Construcciones de Lázaro Cárdenas, pero desde hace 37 años no ha sido así. Actualmente sus estructuras tienen una dudosa seguridad (figura 2.10).

Figura 2.10. Hotel en Lázaro Cárdenas



Daño en 1985



Sin refuerzo, 2022

Fuente: a) Otani *et al.* (1995); b) elaboración propia.

Metodología de evaluación

Después de un evento sísmico, es importante establecer el nivel de seguridad estructural que tiene la infraestructura de un sitio, con el fin de garantizar, por un lado, que los usuarios estén psicológicamente estables como para desarrollar las actividades convencionales sin la incertidumbre de no conocer el grado de afectación de la estructura en la que habitan o en la que trabajan; por otro lado, es importante apoyar a las autoridades con la toma de decisiones y el manejo óptimo de los recursos para reparar los daños, pero lo más importante es la protección de la vida de los usuarios.

Algunas instituciones nacionales han desarrollado metodologías de evaluación postsísmica adecuadas para estructuras que se ubican en la Ciudad de México, como las propuestas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM (UNAM-II, 1995), por el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM, 2011), por el Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad

de México (ISC-CdMx, 2019) y por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, 2012).

El manual de evaluación postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones, fue desarrollado en 1995 por el II-UNAM, a cargo del Dr. Mario Rodríguez. Posteriormente, en 1998, la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, publicó esa misma guía. En los últimos años, el Colegio de Ingenieros Civiles de México, y el Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México, han adoptado esta misma metodología, la cual se basó en la establecida en Estados Unidos de Norteamérica (ATC-20). La desventaja es que la metodología empleada, por el UNAM-II y el ISC, es aplicable solo para estructuras típicas que se ubican en la Ciudad de México.

El manual de evaluación tiene dos niveles: rápido (fase postsismo) y nivel 1 (semidetallado), para ambos casos se utilizan formatos de inspección. El nivel de evaluación rápida tiene como objetivo identificar el nivel de seguridad del edificio como (a) habitable o (b) de cuidado e Inseguro. La metodología de evaluación rápida es aplicable para estructuras del grupo B, con cualquier tipo de estructuración, material y uso. Los resultados son subjetivos, ya que requiere evaluadores con poco criterio ingenieril con una capacitación básica para uniformar los criterios de llenado de los formatos.

La evaluación semidetallada se realiza en estructuras importantes (grupo A) o en casos de que la evaluación rápida haya clasificado a la estructura como insegura o de cuidado o con un sistema estructural a base de elementos de concreto reforzado, de acero o muros de mampostería. Los evaluadores necesitan más conocimientos ingenieriles y experiencia profesional. El resultado de la evaluación dará lugar a una evaluación detallada.

La metodología del Colegio de Ingenieros Civiles de México se adaptó en el año 2011 con base en el manual editado por el II-UNAM, y fue usado para levantar la información de los edificios afectados por el sismo del 19 de septiembre de 2017. Esta metodología es aplicable solo para estructuras ubicadas en la Ciudad de México, como resultado de la inspección se asocian cuatro niveles de seguridad:

- 1) Edificación o área segura
- 2) De riesgo bajo

- 3) Edificación o área insegura o de riesgo alto y
- 4) Seguridad incierta

De nueva cuenta, la evaluación rápida es aplicable a estructuras del grupo A y B, con poca capacitación ingenieril, por lo que los resultados son inciertos.

La metodología del Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México (ISC-CDMX), se adaptó en 2019 y se basa en el manual de evaluación postsísmica de la Seguridad estructural de las edificaciones de 1995. Por su puesto, nuevamente solo es aplicable para estructuras ubicadas en la Ciudad de México (figura 2.11). Puede llenarse en el siguiente enlace: <https://www.isc.cdmx.gob.mx/formato-de-publicacion-del-analitico-de-procedimientos-de-contratacion-del-ejercicio-fiscal-2022/formato-de-evaluacion-postsismica-rapida>

Figura 2.11. Formatos del Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México

The image shows two versions of a form titled 'Forma de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida' from ISC-CDMX. Both forms include fields for 'Ticket No.' and 'Dirección'. The left form contains sections for: 1. 'Ubicación y Descripción de la Edificación' (address, colonia, delegación, etc.); 2. 'Estado de la Edificación' (checklist for structural damage, gas, etc.); 3. 'Clasificación Global' (instructions on how to use the classification); and a classification box with options: 'Edificación Segura', 'Edificación Insegura', 'Área Insegura', and 'Cautela'. The right form includes: 4. 'Recomendaciones' (checkboxes for future review or detailed evaluation); 5. 'Comentarios' (space for classification reasons); 6. 'Inspectores' (table with columns for Name, Position, and Signature); and a 'Fecha de Inspección' field. Both forms are labeled 'Página 2 de 2' and 'Blanco 1 de 7'.

Fuente: ISC-CDMX (2019).

Metodología del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred, 2011) tomó como base el trabajo desarrollado en 1995 por el Dr. Mario Rodríguez. Esta se aplica a nivel nacional y se elaboró con la finalidad de evaluar estructuras en las que se tiene duda de su seguridad estructural.

Por esa razón, durante las evaluaciones estructurales realizadas se empleó la metodología planteada por Cenapred (2011), que sugiere en primer lugar, recopilar la información mínima del inmueble, para que después se realice una evaluación de la seguridad con un procedimiento sistematizado y uniforme. El formato se utilizará por las brigadas de evaluación para todas las estructuras dañadas: vivienda, hospitales, edificios públicos, centros religiosos y comercios (figuras 2.12 y 2.13).

Figura 2.12. Formato de datos estructurales

The image shows a software interface for structural data capture. It includes several sections:

- INFORMACIÓN GENERAL:** Fields for name, address, location, and contact information.
- SISTEMA ESTRUCTURAL:** A detailed grid for recording structural elements like walls, columns, beams, and floors, with checkboxes for their condition.
- VULNERABILIDAD:** A section for recording vulnerability levels and specific damage types.
- EVALUACIÓN DE DAÑOS:** A section for recording the extent and nature of structural damage.
- CROQUIS DEL INMUEBLE:** A large grid area for drawing a site plan or sketch of the building.

Fuente: recuperada de Cenapred (2011).

Figura 2.13. Formatos de evaluación a usarse en este proyecto

This figure displays a collection of evaluation forms:

- FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL:** A comprehensive form with sections for general information, use, terrain, structural characteristics, and vulnerability.
- VULNERABILIDAD:** A detailed form for assessing vulnerability, including a grid for recording different types of structural elements.
- EVALUACIÓN DE DAÑOS:** A form for recording damage, featuring a grid for damage types and a section for drawing a site plan.
- CROQUIS DEL INMUEBLE:** A large grid area for drawing a site plan or sketch of the building.

Fuente: recuperada de Cenapred (2011).

La metodología que se utilizará tiene como desventaja no ser precisa ya que no es concluyente de la seguridad estructural del inmueble, pero sirve de base para una segunda evaluación más detallada por medio de un análisis numérico no lineal. Este formato se llenará para cada estructura evaluada por las brigadas.

En el caso de estructuras destinadas al uso hospitalario, se utilizará de primera instancia el formato de la figura 2.13, más el formato que sugeriría el programa Hospital Seguro 2015-2019 (figura 2.14). Asimismo, se utilizarán los lineamientos establecidos en la referencia: *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud* (OPS, 2004).

Figura 2.14. Formatos de evaluación, programa Hospital Seguro, SSA

Módulo 2: Seguridad estructural

2.1. Eventos anteriores y amenazas que afectan a la seguridad del edificio	Nivel de seguridad			Observaciones (comentarios de los evaluadores)
	Baja	Medio	Alta	
1. Datos o falta de estructuras anteriores importantes del edificio o edificio del hospital Clasificación de seguridad: Baja = cuando existan que no se han registrado, mediana = cuando existan y se registran pero sin datos específicos; alta = cuando existan y se registran con datos específicos y se registran correctamente. ¿HA Y/O HA BARRERAS EN LOS PASADIZOS Y/O EN LAS ESCALERAS? ¿HA Y/O HA BARRERAS EN LAS SALAS DE CASI ALTA Y ANOTE UN COMENTARIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Hospital controlado o reparado según las normas vigentes de seguridad Clasificación de seguridad: Baja = cuando se aplican las normas vigentes de seguridad; mediana = cuando se aplican las normas vigentes de seguridad pero con algunos detalles; alta = cuando se aplican las normas vigentes de seguridad correctamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Efecto de la remodelación o modificación del comportamiento estructural de hospital Clasificación de seguridad: Baja = se ha hecho remodelación o modificación que genera un efecto mayor sobre el comportamiento de la estructura; mediana = se ha hecho remodelación o modificación que genera un efecto menor sobre el comportamiento de la estructura; alta = se ha hecho remodelación o modificación que genera un efecto menor sobre el comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.2. Integridad del edificio				
4. Diseño del sistema estructural Clasificación de seguridad: Baja = diseño deficiente del sistema estructural; mediana = diseño regular del sistema estructural; alta = diseño adecuado del sistema estructural.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Condiciones en que se encuentra el edificio Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Condiciones en que se encuentran los materiales de construcción Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Integridad de los elementos no estructurales con la estructura Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Proximidad de los edificios (en relación con los choques por oscilaciones sísmicas) Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Continúa...

Hoja de Seguridad Estructural. CUBA PARA EVALUADORES
Módulo 2: Seguridad estructural

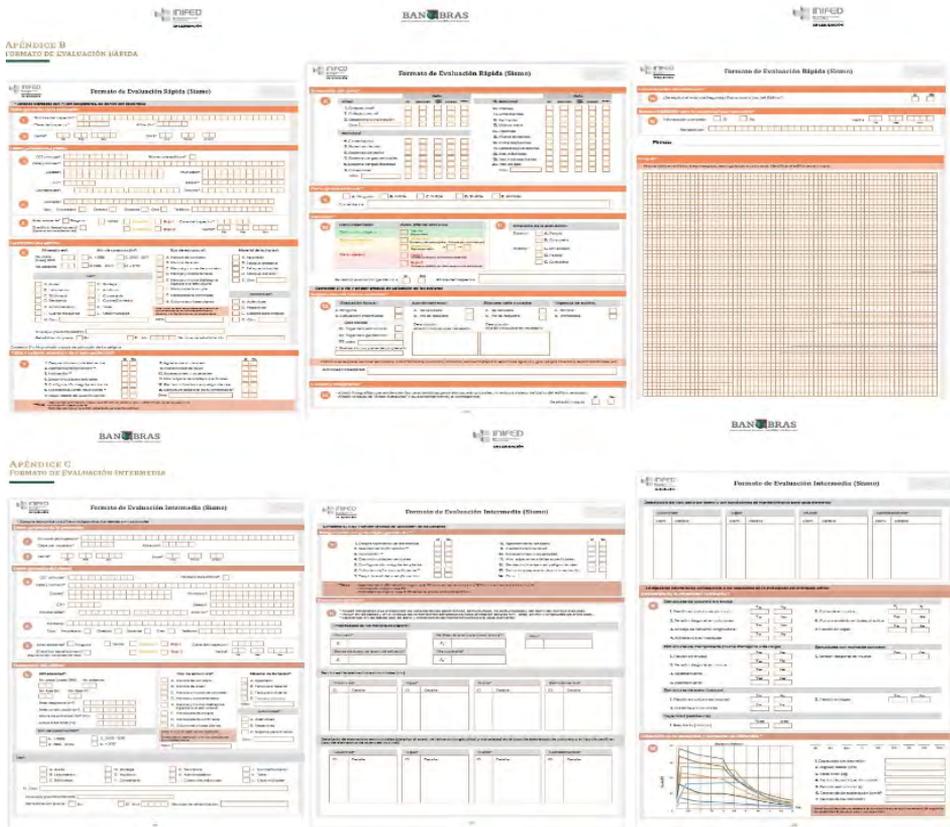
Criterios e ítems del edificio	Nivel de seguridad			Observaciones (comentarios de los evaluadores)
	Baja	Medio	Alta	
9. Proximidad de los edificios (en relación con el efecto de túnel de viento y las frentadas) Clasificación de seguridad: Baja = exposición inferior a las normas; mediana = exposición superior a las normas; alta = exposición superior a las normas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Redundancia estructural Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11. Detalles estructurales, incluidos los conexiones Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12. Relación entre la resistencia de las columnas y la de las vigas Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13. Seguridad de los cimientos Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14. Irregularidades en el plan de estructura del edificio (rigidez, masa, resistencia) Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15. Irregularidades en la elevación de los edificios Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16. Irregularidades en la altura de los pisos Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17. Integridad estructural de los techos Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18. Redundancia estructural y las amenazas distintas de los sismos y los vientos fuertes Clasificación de seguridad: Baja = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; mediana = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura; alta = cuando se observan deterioros que afectan al comportamiento de la estructura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Continúa...

Fuente:

En los casos que sea posible, para realizar la evaluación de la seguridad de las escuelas dañadas, se utilizarán los formatos de la figura 2.15 y se seguirá la metodología propuesta por el INIFED (2021) para realizar las actividades de evaluación.

Figura 2.15. Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México



Fuente: recuperada de INIFED (2021).

Para el caso de algunas viviendas dañadas se utilizarán los formatos propuestos en la *Guía técnica del procesos de evaluación rápida de daños en vivienda* de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred, 2015), así como los lineamientos establecidos en la referencia: evaluación simplificada de la vulnerabilidad sísmica de viviendas dañadas (Cenapred); que se muestran en la figura 2.16.

Una vez realizada la evaluación estructural de la infraestructura dañada, se tendrá un catálogo de estructuras que presentaron fallas y sus tipos. Por lo anterior, los resultados de las evaluaciones servirán como base de las actividades en las zonas más afectadas, que en su mayoría se encuentran alejadas de las ciudades o cabeceras municipales. Después de realizada la inspección de cada inmueble, se definirá el nivel de daño y las condiciones de ocupación del edificio. Para ello se utiliza un código de colores: Verde: uso permitido; amarillo: acceso y uso restringidos, y rojo, acceso prohibido.

Se impartieron tres cursos a 50 alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (FIC-UMSNH) con el fin de explicar el llenado correcto de las cédulas de evaluación y comentar sobre las disposiciones sociales de respeto que habría de adoptar los integrantes de las brigadas y definir los criterios en la que se formarían dichas brigadas en el sitio. Las brigadas de evaluación se formaron por alumnos de la FIC-UMSNH lideradas por un ingeniero responsable, en algunos casos por un estudiante de la Maestría en Estructuras de la FIC-UMSNH o por un profesor de la Facultad de Ingeniería Civil.

El equipo necesario para realizar las evaluaciones se muestra en la figura 2.17:

- 1) Equipo de seguridad: casco, chaleco antirreflejante, identificación con fotografía, botas de uso rudo
- 2) Formato de evaluación impreso y fichas de color
- 3) Grietómetro
- 4) Bloc de notas
- 5) Nivel de mano
- 6) Flexómetro
- 7) Distanciómetro láser (marca Bosh y Xgold)
- 8) Lámpara de mano
- 9) Cámara fotográfica o teléfono celular

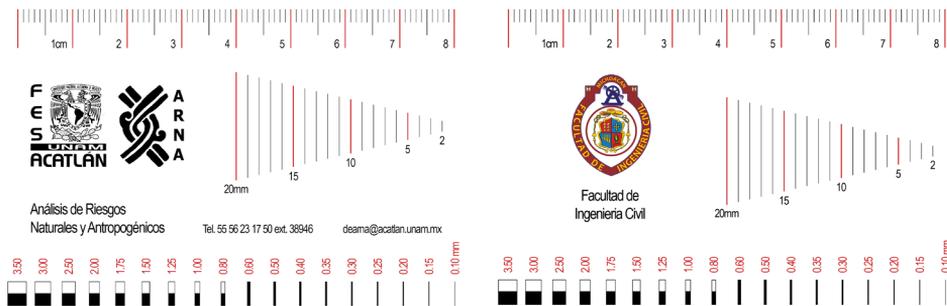
Figura 2.17. Equipo necesario para realizar las evaluaciones rápidas y alumnos participantes



Fuente: elaboración propia.

Como parte del equipo necesario para realizar la inspección se utilizaron grietómetros con el fin de recabar la información sobre el ancho, longitud, dirección y localización de las grietas en los elementos estructurales (figura 2.18).

Figura 2.18. Algunos grietómetros empleados durante las evaluaciones



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2.19 se muestra su uso durante la evaluación estructural.

Figura 2.19. Utilización de los grietómetros durante las evaluaciones



Fuente: elaboración propia.

En la figura 2.20 se observan las brigadas de evaluadores en la comunidad de Maruata y en Aquila. Para el caso de hospitales y clínicas que sufrieron daños debido al sismo, se realizó un estudio detallado de la seguridad estructural, el cual se sustentó con la realización de un modelo numérico basado en elemento finito, y con el que se desarrollen análisis paso a paso e incrementales no lineales. Para este tipo de estudios es necesario realizar simulaciones de registros sísmicos con un software especializado basado en características dinámicas similares a los del sismo de septiembre de 2022, ya que no existen registros en la zona epicentral.

Figura 2.20. Brigadas de inspección estructural y uso de equipo de inspección



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con las historias simuladas de aceleraciones, se calculará un espectro de diseño de peligro uniforme para los municipios afectados con un software especializado. Se realizará un análisis estático lineal y un análisis estático no lineal para obtener las curvas de capacidad y demanda sísmica. Se establecerá un criterio de aceptación o rechazo que puede ser similar al propuesto en la guía para la evaluación de edificaciones existentes con fines de adecuación sísmica (2014) y finalmente se propondrán dos alternativas de reforzamiento estructural. Todo esto se hará con los planos originales, en caso de no poder obtenerse, se trabajará con una estructuración semejante a la observada en el sitio. Para el caso de escuelas, se realizarán los estudios similares a los que se les hicieron a los hospitales. La evaluación detallada se realizará con un plano tipo de una escuela secundaria, teniendo como resultado una propuesta de adecuación sísmica y de reforzamiento sugerido. Para el caso de las viviendas solo se propondrán técnicas de reparación y reforzamiento, según los materiales típicos de construcción en la zona, los cuales ayudarán a los pobladores a realizar de manera adecuada sus reparaciones.

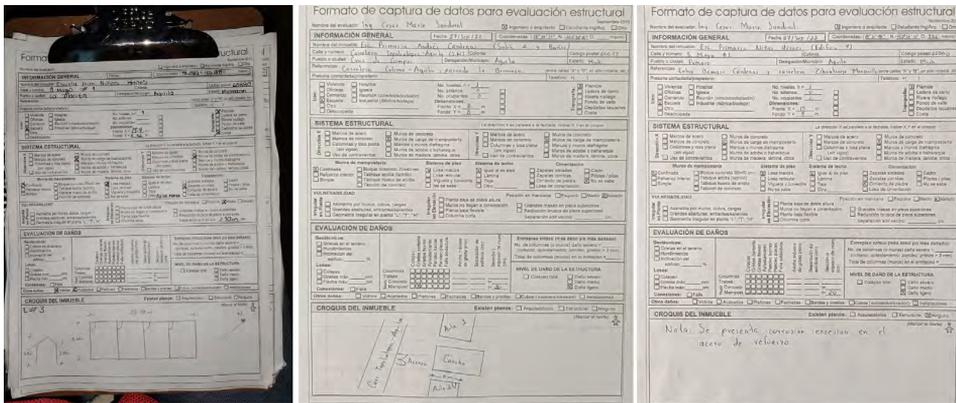
Dictamen estructural

El dictamen se realizó mediante el llenado de una cédula o formato que constan de cuatro secciones en las que se recaban las principales características de la estructura y el nivel de daño. La primera sección denominada *Información general*, comprende las generalidades estructurales, tales como nombre, dirección, fecha de construcción, número de niveles, etc. La segunda parte, llamada *Sistema estructural*, está enfocada en recabar la información correspondiente al sistema de soporte de las cargas verticales y laterales, materiales de construcción y características relacionadas con la capacidad del sistema estructural. La tercera sección o *Evaluación de daños*, consiste en la información relacionada con los daños y su posible consecuencia para poder dar un dictamen preliminar del estado del inmueble. La cuarta parte está formada por el *Croquis del inmueble* y está destinada al dibujo de la estructura para incluir datos geométricos, identificación de ejes y posiciones de elementos y de zonas dañadas. Por supuesto, el informe se complemen-

ta con fotografías del edificio. En la figura 2.21 se muestra algunos formatos que se llenaron durante la visita de inspección estructural.

Después de realizada la inspección de cada inmueble, se emitió un dictamen para decidir el posible uso. Su objetivo es definir, a partir del nivel de daño, las condiciones de ocupación. Para ello se define un código de colores que tiene el siguiente significado:

Figura 2.21. Cédulas de evaluación utilizadas durante la inspección estructural



Fuente: elaboración propia.

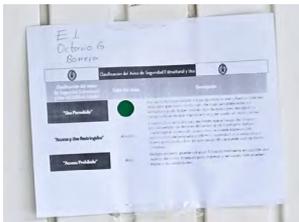
- 1) **Verde** (uso permitido): esta clasificación corresponde a estructuras en las que no existe daño en el sistema de soporte de las cargas laterales o verticales; ni riesgo proveniente de elementos no estructurales que puedan desprenderse y afectar a los ocupantes; ni afectaciones posibles debidas a la presencia de estructuras adyacentes en condiciones que afecten la integridad de los ocupantes del inmueble. En este caso, la estructura puede ocuparse inmediatamente y seguir en funciones para que las clases puedan desarrollarse con seguridad para estudiantes y personal que trabaja en el edificio.
- 2) **Amarillo** (acceso y uso restringidos): se clasifica con este color a las estructuras que presenta daños ligeros o moderados que requieren una evaluación más precisa antes de tomar una decisión sobre el tipo de rehabilitación y la posibilidad de ocupación del inmueble. También puede asignarse esta clasificación a las estructuras que puedan verse

afectadas por el desprendimiento de materiales de un inmueble adyacente. Se permite el ingreso para recuperar documentos y bienes necesarios para los usuarios del edificio, bajo el propio riesgo de los interesados. Si existen lugares que puedan verse afectados por la caída de materiales provenientes del propio edificio, o de una construcción adyacente, debe acordonarse la zona para la protección de las personas que tengan que ingresar.

- 3) **Rojo (acceso prohibido):** se asigna el color rojo a las estructuras con daños graves o severos que ponen en peligro la estabilidad de la construcción. Debe clasificarse con este mismo color a las estructuras que puedan sufrir la caída de una estructura adyacente en condiciones inadecuadas de seguridad. En este caso se prohíbe la entrada al inmueble mientras no se tomen las medidas pertinentes, derivadas de un análisis más detallado del inmueble.

En la figura 2.22 se muestra algunos formatos que resumen los dictámenes con el nivel de daño y que fueron colocados en las fachadas o puertas principales de los edificios.

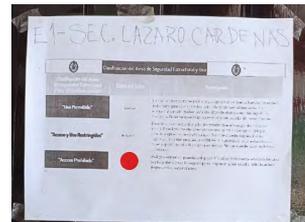
Figura 2.22. Dictámenes de uso, colocados en las fachadas o puertas principales de las estructuras



Verde (uso permitido)



Amarillo (uso y acceso restringidos)



Rojo (uso prohibido)

Fuente: elaboración propia.

Aplicación para teléfono celular

Durante la visita a los diferentes sitios en el estado de Michoacán, en los que se presentaron daños estructurales, fueron necesarias las siguientes actividades:

- 1) Viajar durante nueve horas desde la ciudad de Morelia hasta la costa michoacana, las carreteras fueron cerradas al tránsito debido a que sufrieron daños, en algunos casos se presentaron derrumbes del material de los cortes y en otros, deslizamiento de los apoyos de puentes carreteros, así la ruta y el tiempo se incrementaron.
- 2) Cuando se llegó al municipio de Aquila, no se conocía el número de estructuras dañadas, por lo que tampoco se sabía la cantidad de formatos de cédulas de evaluación en papel que habría que distribuir a cada brigada.
- 3) El tiempo de recorrido entre comunidades es grande: para llegar de la Placita a la comunidad del Coire, el tiempo de traslado es de dos horas en camioneta.
- 4) Una vez llegando a las comunidades, no había forma de fotocopiar las cédulas de evaluación.
- 5) En la mayoría de las comunidades visitadas no hay cobertura de telefonía celular ni de internet, esto dificultaba la coordinación de las actividades.

Los formatos que se utilizan para las evaluaciones estructurales están diseñados para que su llenado sea en físico (Cenapred, 2011). Los formatos de evaluación rápida se llenaron en papel, debido a la premura con la que debía realizarse esta actividad.

Después del sismo de septiembre de 2017, la cédula de evaluación estructural en la ciudad de México se puede llenar en electrónico por medio de una liga de internet proporcionada por el Instituto de Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México. Por supuesto, en la capital, es fácil encontrar papelerías para el fotocopiado y cobertura de internet en casi toda la zona, pero todo esto no es posible de hacerse en las comunidades de la zona sierra costa de Michoacán.

Con el fin de que en eventos sísmicos futuros sea posible realizar adecuadamente las evaluaciones estructurales en la mayoría de las comunidades rurales o en las que no exista cobertura telefónica, o incluso en las grandes ciudades que debido a causas secundarias no exista internet, se desarrolló una aplicación para teléfono celular que funciona sin que sea necesaria su conexión a internet. La intención es que el mismo teléfono

celular sea el medio para tomar la evidencia fotográfica, y a la vez para realizar el archivo de evaluación.

Esta aplicación no ha sido desarrollada en México por ningún organismo pero por su puesto, estará a disposición para realizar evaluaciones estructurales en eventos futuros en el estado de Michoacán. En la primera etapa de su desarrollo solo se incluye el llenado en digital del formato de inspección rápida y posteriormente se podrá elegir si se llena el formato exclusivo de vivienda, de escuelas o de hospitales.

Desarrollo de la aplicación

El diseño de la aplicación llamada *Evaluación de daños*, tendrá varias versiones con la intención de mejorar y abarcar más dispositivos móviles en cada actualización. El objetivo principal de la app es poder hacer el llenado de evaluaciones sin límites. Los formatos se guardan en la memoria del dispositivo y se puede generar un reporte final por cada evaluación, además se cuenta con la información del usuario así llena cada formato y se sube evidencia fotográfica de los daños por cada sección, todo esto se ejecuta en un modo fuera de línea, es decir, no se necesita conexión a internet para crear la evaluación. Posterior a la visita a las zonas afectas y una vez que los dispositivos se encuentran conectados a internet la aplicación entra al modo en línea y cargará los datos a un sistema WEB que recauda todas las evaluaciones de todos los dispositivos móviles con la intención de concentrar toda la información, con esta acción también se limpia la memoria del dispositivo móvil para tener el espacio disponible para una siguiente evaluación (figura 2.23).

Figura 2.23. Método de llenado y vaciado de información



Fuente: elaboración propia.

En su primera versión de la aplicación móvil se utiliza la webview del sistema Android para almacenar los datos de forma directa en una base de datos Mysql, a través de una página WEB, esta página WEB y la base de datos que se encuentran en los servidores de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH.

El propósito de la primera versión es definir el diseño de los módulos de la app, el orden de los componentes y los formatos de llenado, para preparar el sistema para las versiones posteriores y el modo fuera de línea.

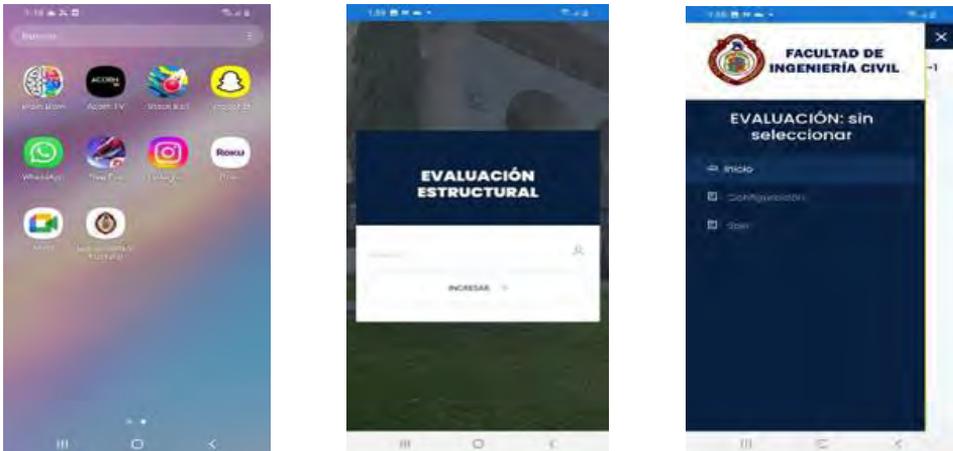
Para hacer uso de esta app se requiere registro previo por parte del departamento de cómputo de la Facultad de Ingeniería Civil. En el registro se proporciona un usuario (usuario administrador o usuario Inspector).

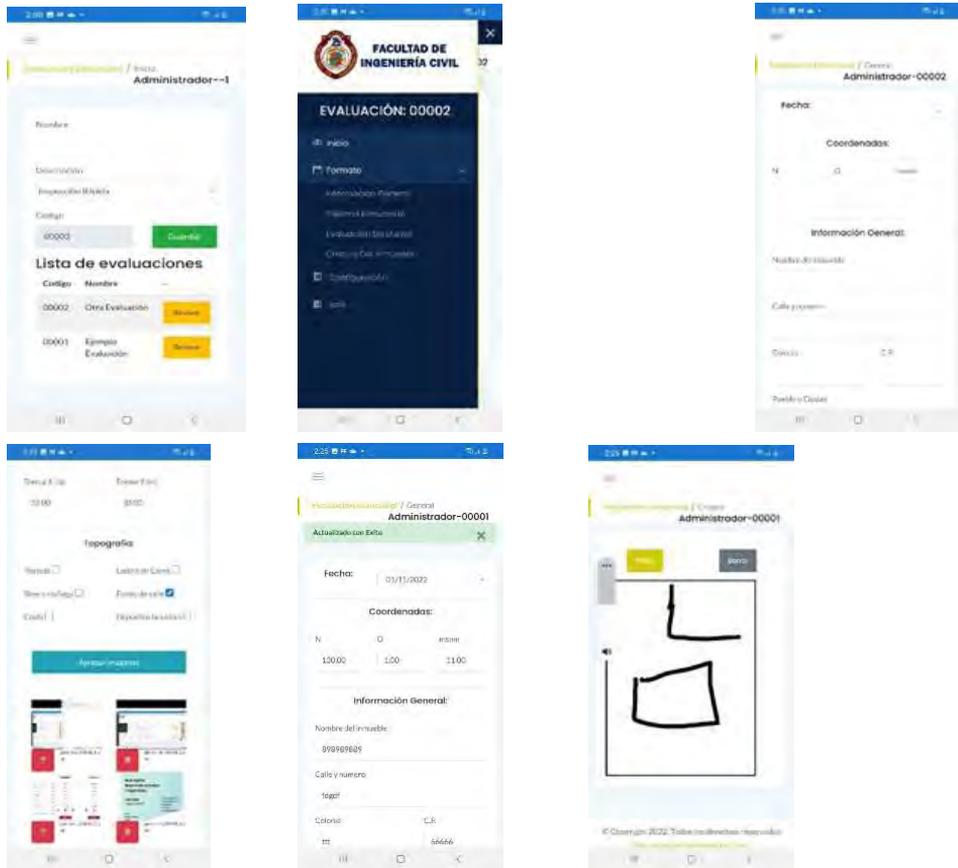
Existen diferentes alternativas para descargar la aplicación móvil denominada Eva-FI-UMICH: a través de la página oficial de la Facultad de Ingeniería Civil en el apartado de “ESTUDIANTES/Aplicaciones-Moviles”, a través del enlace <https://www.fic.umich.mx/estudiantes/aplicaciones-moviles> y en las tiendas App Store y Google Play Store.

La aplicación móvil cuenta con 3 módulos principales: modulo de inicio, modulo de formato y modulo de configuración (figura 2.24).

- **Módulo de inicio:** En este se pueden crear nuevas evaluaciones que se rigen por un código consecutivo, el cual lo define el sistema. También se muestra la tabla de todas las evaluaciones que han sido creadas por el usuario, en esta se puede elegir qué evaluación es va a trabajar el inspector.
- **Módulo de formato:** una vez elegida la evaluación, se mostrará en el menú principal el número de evaluación actual. En este módulo se hace el llenado de toda la información del formato, está dividido en 4 submenús para que el llenado sea más amigable (información general, sistema estructural, evaluación de daños y croquis del inmueble), en cada uno de los estos, la aplicación ofrece la opción de subir varias imágenes o tomar directamente la fotografía. Posteriormente se almacenarán en el número de inspección con un nombre consecutivo, si se requiere hacer una actualización a los datos se selecciona y posteriormente se pueden editar todos los datos, así como subir más fotografías o borrar fotografías existentes. Para el croquis del inmueble, la aplicación permite dibujar a mano alzada dentro de un recuadro de dibujo.
- **Módulo de configuración:** En este módulo se pueden actualizar los datos del usuario que está capturando el formato para que cuando las evaluaciones se suban al servidor, los datos sean los correctos.

Figura 2.24. Módulos principales de la aplicación móvil





Fuente: elaboración propia.

Para la segunda versión se utilizará Flutter que es un SDK desarrollado por Google, para crear aplicaciones móviles tanto para Android como para iOS de forma nativa, en esta versión la app tendrá dos modos: en línea y fuera de línea, esto permitirá que el inspector llene uno o varios formatos que se guardarán en la memoria del dispositivo (tablet o celular) y posteriormente se transfieran a un sistema montado en un servidor WEB. Esta forma de trabajar en el sistema permitirá vaciar la memoria del dispositivo móvil para que, una vez terminada la inspección el dispositivo, quede preparado para otro evento, mientras que el servidor en línea tendrá toda la información unida y se podrán sacar datos estadísticos de todo el proceso de inspección.

Conclusiones

Un grupo de profesores con el fin de apoyar en la realización de las evaluaciones estructurales postsísmicas, en las comunidades de los municipios de Aquila, Coalcomán, Chinicuilá, Coahuayana y Apatzingán, Michoacán, y alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH, acudió al sitio de desastre. En este trabajo se describe el equipo que se utilizó durante las evaluaciones, la formación de las brigadas de evaluadores, los formatos de evaluación que se utilizaron, y diversas experiencias adquiridas durante dicha actividad. Se espera obtener un catálogo de estructuras dañadas en los cinco municipios declarados como desastre natural debido a los sismos de septiembre de 2022. Además de identificar los daños comunes y el comportamiento estructural que presentaron las viviendas, hospitales, iglesias o centros religiosos, edificios públicos y escuelas. Se propondrán técnicas de reparación y/o reforzamiento adecuadas a las estructuraciones y materiales de la región. Para el caso de estructuras tipo hospital y escuelas, se espera realizar modelos numéricos detallados y que, por medio de análisis no lineales, se realice otra evaluación y la técnica de reforzamiento más adecuada.

Un aspecto de importancia e innovador es que la realización de una aplicación para teléfono celular, que funcione sin la necesidad de conexión a internet, y con la cual sea posible el llenado de los formatos de evaluación en forma electrónica, para que, juntamente con las fotografías tomadas con la ayuda del mismo celular, se integre una base de datos de los daños. Esta base de datos resulta de particular importancia ya que al delimitarse áreas vulnerables y ser visualizadas en sistemas GIS permitirán a las autoridades establecer prioridades en la atención a la emergencia y en plazos mayores establecer programas de reconstrucción.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo proporcionado para la realización de este trabajo a Coordinación de la Investigación Científica y a la Facultad de Ingeniería

Civil, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. También se agradece la contribución y el interés de los alumnos de las secciones 6 y 3, del noveno semestre (2022-02) de la licenciatura en Ingeniería Civil de la UMSNH. Se agradece Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán, que por medio de la convocatoria Proyectos de Investigación Científica de Impacto Regional (PICIR) 2022, proporcionó el apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

- Arya, A., Boen, T. y Ishiyama, Y. (2013). *Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction*. UNESCO.
- Build Change. (2015). *Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas*. Build Change. https://get.buildchange.org/wp-content/uploads/2016/04/15-11-05-BC_Manual-de-Evaluacion-y-Reforzamiento.pdf
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred). (2011). *Evaluación simplificada de la vulnerabilidad sísmica de viviendas*. Segob. <http://www.sismos.gob.mx/work/models/sismos/Resource/35/1/images/evaluacion.pdf>
- Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM). (2011). *Formato de inspección post-sísmica: Evaluación rápida*. CICM.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred). (2015). *Guía técnica del proceso de evaluación rápida de daños en vivienda*. Gobierno de Guatemala. https://issuu.com/lobsangcordon/docs/gu_a_t_cnica_del_proceso_de_evalu
- Diario de Morelos*. (2017, 19 de septiembre).
- García, J., Bernal, A., Contreras, C. y Gama, A. (2012). *Método de evaluación simplificada de la capacidad sísmica de estructuras típicas de la Ciudad de México*. UAM-A.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED). (2021). *Evaluación postsísmica y rehabilitación sísmica de la INFE*. INIFED. <https://www.gob.mx/inifed/documentos/evaluacion-postsismica-y-rehabilitacion-sismica-de-la-infe>
- Instituto para la Seguridad de las Construcciones en la Ciudad de México (ISC-CDMX). (2019). *Formato de evaluación postsísmica rápida*. Gobierno de la Ciudad de México. <https://www.isc.cdmx.gob.mx/formato-de-evaluacion-postsismica-rapida>
- Jaimes, M. A. (2017). *Sismo del 7 de septiembre de 2017 M8.2, Chiapas*. UNAM, Instituto de Ingeniería.
- Lacouture, L., Bernal, C., Reyes, J. y Ruiz, D. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. *Apuntes*, 20(2), 286–303. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.apu20-2.evsr>
- López, A. (2014). *Guía para la evaluación de edificaciones existentes con fines de adecuación sísmica*. CAF-Banco de Desarrollo de América Latina. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/895>

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la NEC 2015*. NEC.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2000). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*. OPS. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/816>
- Otani, Sh., Kikuchi, K., Alcocer, S. M. y López B., Ó. (1995, enero). *Informe del estado actual de las edificaciones dañadas durante el sismo de Michoacán de 1985 en la zona epicentral: Informe sobre las ciudades de Lázaro Cárdenas e Ixtapa/Zihuatanejo* (Cuadernos de Investigación, 14). Cenapred.
- Primera Plana. (2017, 4 de septiembre). Buscan llevar telecomunicaciones a la Sierra-Costa michoacana. <https://primeraplana.mx/archivos/459377>
- Quadratín Michoacán. (2022a, 1 de octubre). Emiten declaratoria de desastre para 5 municipios por sismo del 19S. <https://www.quadratin.com.mx/sucesos/emiten-declaratoria-de-desastre-para-5-municipios-por-sismo-del-19s/>
- Quadratín Michoacán. (2022, 3 de octubre). Daños por sismos de septiembre ascienden a 400 mdp, reporta Segob. <https://www.quadratin.com.mx/principal/danos-por-sismos-de-septiembre-ascienden-a-400-mdp-reporta-segob/>
- Servicio Sismológico Nacional (SSN). (2017). *Sismo del día 19 de septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1)* (Reporte especial). SSN. http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/reportes-especiales/2017/SSNMX_rep_esp_20170919_Puebla-Morelos_M71.pdf
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). (2022a, 19 de septiembre). *M 7.6 - 35 km SSW of Aguililla, Mexico*. USGS. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000i9bw/executive>
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). (2022b, 22 de septiembre). *M 6.8 - 55 km SSW of Aguililla, Mexico*. USGS. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000ia36/executive>