



**FACULTAD DE POSTGRADO
TESIS DE POSTGRADO**

**GUÍA TÉCNICA PARA EVALUACIÓN
ESTRUCTURAL DE DAÑOS POST-SISMO EN
ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO**

SUSTENTADO POR:

MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ

SURY LETICIA RODRIGUEZ HERNANDEZ

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN:
INGENÍERIA EN ESRUCTURAS**

TEGUCIGALPA, M.D.C., F. M., HONDURAS C.A.

JULIO, 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTOR ACADÉMICO

DESIREE TEJADA CALVO

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**GUÍA TÉCNICA PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE
DAÑOS POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO
REFORZADO**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
MASTER EN INGENIERIA EN ESTRUCTURAS**

**ASESOR METODOLÓGICO:
CARLOS A. ZELAYA OVIEDO**

**ASESOR TEMÁTICO:
LUIS FERNANDO SOTO**

MIEMBROS DE LA TERNA:

**JULIO ZERON
KARLA UCLÉS
MINA GARCÍA**



FACULTAD DE POSTGRADO

GUÍA TÉCNICA PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE DAÑOS POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

AUTORES:

MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ

SURY LETICIA RODRIGUEZ HERNANDEZ

RESUMEN:

El presente trabajo de investigación se elaboró con la finalidad de dar a conocer una metodología de evaluación estructural, para que la presente generación de ingenieros civiles de Honduras tenga a la mano un procedimiento de evaluación post-sismo con el que se pueda realizar la evaluación estructural en cada elemento y determinar los niveles de daños en estructuras, para poder tomar acciones inmediatas para tratar de garantizar la seguridad estructural, y salvaguardar vidas, como principio fundamental determinado si una estructura es habitable o no. A su vez, crear conciencia de la necesidad de una organización a nivel local de los organismos gubernamentales que son los encargados de este tipo de eventos, al igual que el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras para poder llevar a cabo la recolección de datos y ejecutar esta labor con el mayor éxito posible. Se describe cada parte de esta guía técnica propuesta como solución a la evaluación estructural post-sismo, con sus respectivos formatos, todo esto tomando como base la recurrencia de sismos en los últimos años en el país.

Palabras claves: daño, evaluación, patología, seguridad estructural, sismos.



GRADUATE SCHOOL

TECHNICAL GUIDE FOR STRUCTURAL EVALUATION OF POST-SISM DAMAGE IN REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

AUTHORS:

MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ

SURY LETICIA RODRIGUEZ HERNANDEZ

ABSTRACT:

The present report was developed with the purpose of publicizing a methodology of structural evaluation, so that the present generation of Honduran civil engineers has at hand a post-earthquake evaluation procedure with which the damage classification can be detailed. Pathologies in each structural element that is present in the construction to evaluate that they suffered damages, to be able to take immediate actions to try to guarantee the structural security, and safeguard lives, as fundamental principle. At the same time create awareness of the creation of a local organization of the government agencies that are responsible for this type of events in the country, as well as the college of civil engineers of Honduras to be able to carry out the data collection and execute this work with the greatest possible success. Each part of this proposed technical guide is described as a solution to post-earthquake structural evaluation, with their respective formats and use, all based on the recurrence of earthquakes in recent years in our country.

Keywords: damage, evaluation, pathology, structural safety, earthquakes.

DEDICATORIA

Miriam Yaneth Maldonado Ortiz

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios a mi padre y mi madre, ya que cada uno de los logros que he obtenido a lo largo de mi vida ha sido posible gracias a su apoyo, esfuerzo y sacrificio, también es dedicado a mis hermanos que han sido ejemplo de superación personal y que siempre han estado presentes en cada etapa de mi vida motivándome a dar lo mejor de mí en cada circunstancia y a salir adelante a pesar de las circunstancias o adversidades presentadas.

Sury Leticia Rodriguez Hernandez

Esta tesis se la dedico:

Primeramente, a **Dios** quien me ha dado la vida y sin EL no soy nadie.

A mi madre Leticia Hernandez porque cada uno de mis logros a lo largo de mi corta vida ha sido posibles gracias a su apoyo, esfuerzo, sacrificio, y perseverancia nunca me ha dejado de la mano y me ama incondicionalmente.

A mis hermanos Digna, Yesser y Roxana que han estado a mi lado siempre animándome a no rendirme, motivándome a dar lo mejor de mí en cada circunstancia y a salir adelante a pesar de las adversidades

AGRADECIMIENTO

Miriam Yaneth Maldonado Ortiz

Le doy gracias a Dios por la oportunidad otorgada de superarme, a mis mentores en el ámbito laboral que me han enseñado a aplicar las buenas prácticas de la ingeniería civil, que me han apoyado en las decisiones tomadas y han contribuido a la formación de mi carácter y criterio profesional. A las personas que conocí en esta aventura y con las cuales formé un fuerte vínculo, gracias por su apoyo.

Agradezco también a los catedráticos que dedicaron tiempo para mostrar los conocimientos y experiencias adquiridas y a las personas que me brindaron información.

Sury Leticia Rodriguez Hernandez

A nuestro Padre celestial que es el creador de todo cuanto existe, y es Él que nos permite vivir cada día, y seguir luchando por nuestras metas.

A mis amigos que han estado siempre animándome en especial a mi mejor amiga desde la infancia Vilma Oliva, a mis nuevos amigos y compañeros en este sueño Mellissa Bustillo, Gabriel Echeverria y Yaneth Maldonado, con los que luchamos uniendo fuerzas y conocimientos para llegar hasta aquí, agradeciendo este vínculo tan bonito que hemos creado.

A la Universidad Tecnológica Centroamericana por la oportunidad de pertenecer y cursar el master en sus aulas, al igual que a mis catedráticos a lo largo de mi vida estudiantil y profesional infinitas gracias por su apoyo y conocimientos brindado.

CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2 Antecedentes del problema	2
1.3 Definición del problema.....	3
1.3.1 Enunciado	3
1.3.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3.3 Preguntas de investigación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Justificación.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Análisis de la situación actual	7
2.1.1 Análisis del macro entorno	7
2.1.2 Análisis del micro entorno	10
2.1.3 Análisis interno	12
2.2 Teorías.....	15
2.2.1 Teorías de sustento.....	15
2.2.2 Conceptualización.....	16
2.3 Metodología de Ingeniería aplicadas.....	17
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	29
3.1 Congruencia metodológica.....	29

3.1.1	Matriz Metodológica	29
3.1.2	Operacionalización de las variables	31
	Esquema de variables	31
3.2	Enfoque y métodos.....	36
3.3	Diseño de la investigación.....	38
3.3.1	Población.....	38
3.3.2	Unidad de Análisis	38
3.3.3	Unidad de respuesta	38
3.4	Instrumentos y Técnicas aplicados.....	39
3.4.1	Instrumentos.....	39
3.4.2	Técnicas	39
3.5	Fuentes de información	40
3.5.1	Primarias	40
3.5.2	Secundarias	40
CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		41
4.1	Resultado de la encuesta	41
4.3	Diagrama de Ishikawa	54
4.4	Análisis Estadístico	55
4.5	Propuesta	58
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		59
4.5.2	Introducción	62
4.5.3	Descripción de la Propuesta.....	63
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		112
5.1	Conclusiones	112
5.2	Recomendaciones.....	113

BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	119
Anexo 1. Modelo de encuesta	119
Anexo 2. Modelo de Entrevista.....	122
Anexo 3. Correo de visto bueno de tesis de asesor temático	123
Anexo 4. Constancia de visto bueno de lectura y redacción de tesis	124
Anexo 5. Constancia de visto bueno de Asesor Metodológico.....	125
Figura 1. Construcción Torre Futura, Col. Palmira, Tegucigalpa, MDC.....	1
Figura 2. Logo Comité Permanente de Contingencias	4
Figura 3. Logo del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras.....	4
Figura 4. Amenaza de sismos en la República de Honduras	13
Figura 5. Mapa Zona Sísmica Honduras.....	14
Figura 6. Esquema de variables.....	31
Figura 7. Etapas de la investigación.....	38
Figura 8. División de la población según su género	41
Figura 9. Conocimiento de Normas de evaluación estructural en Honduras	42
Figura 10. Conocimiento de evaluaciones estructurales realizadas después de un sismo en Honduras.	43
Figura 11. Necesidad de la formulación de una guía técnica de evaluación estructural para Honduras.	44
Figura 12. Falta de interés por la implementación de evaluaciones estructurales de las entidades encargadas de evaluaciones después de un sismo en Honduras	45
Figura 13. Necesidad de participación del CICH, Alcaldía Municipal y COPECO para la implementación de una guía técnica de evaluación estructural.	46
Figura 14. Disposición de Capacitación para ser evaluadores estructurales de los Ingenieros civiles.....	47
Figura 15. Aporte de la guía técnica a los procesos de aceptación de los permisos de construcción de la Alcaldía municipal.	48

Figura 16. Factores de causa para la aparición de fallas estructurales en elementos de concreto reforzado.	49
Figura 17. Creencias de diseños estructurales deficientes al aparecer una patología estructural.	50
Figura 18. Necesidad de los estudios de suelos como requisitos indispensables en los diseños estructurales.	51
Figura 19. Diagrama de Ishikawa con el efecto positivo	54
Figura 20. Derrumbe del edificio Nuevo León, terremoto de 1985 en la ciudad de México	60
Figura 21. Amenaza de sismos en la República de Honduras	63
Figura 22. Mapa Zona Sísmica Honduras	64
Figura 23. Formulario N°1 para evaluación rápida después de un sismo	102
Figura 24. Formato para Inspección preliminar de la estructura	103
Figura 25. Continuación de formato para Inspección preliminar	104
Figura 26. Formato de Evaluación Detallada	105
Figura 27. Continuación del formato de evaluación detallada	106
Figura 28. Continuación formato evaluación detallada	107
Figura 29. Formato para Croquis de Sitio	108

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se detalla el por qué se planteó la evaluación estructural post-sismo como tema central de la investigación, desde sus antecedentes, problema central, objetivos, justificación, hallazgos, conclusiones y recomendaciones.

1.1. Introducción

La evaluación se puede definir como la acción de estimar, calcular o señalar el valor de algo. Es la determinación sistemática del mérito, el valor y el significado de algo en función de unos criterios respecto a un conjunto de normas. La evaluación a menudo se utiliza para caracterizar y evaluar temas de interés en una amplia gama para este caso la línea estructural.

Las estructuras de concreto reforzado son las más comunes; en la era moderna de la construcción, la utilización del concreto reforzado se ha posicionado como uno de los pilares de la civilización, debido a esto se han hecho muchos estudios para poder determinar tanto la factibilidad como la seguridad de este tipo de obras. Debido al auge en la utilización de las estructuras de concreto, fue necesaria la definición de requisitos o normas que garanticen el correcto funcionamiento, tanto en términos de la capacidad de resistir las cargas a las que son sometidas, como la estimación de los posibles problemas estructurales.



Figura 1. Construcción Torre Futura, Col. Palmira, Tegucigalpa, MDC.

En la ingeniería estructural existen requisitos para la evaluación de estas estructuras; en la etapa del análisis de una estructura es necesario establecer si existen irregularidades que puedan generar algún tipo de falla, requisitos para el dimensionamiento mínimo de los elementos, requisitos de refuerzo mínimo según el Código de Construcción Hondureño CHOC 08, requisitos para la resistencias de las cargas muertas, vivas (ocupacionales), pesos propios por elementos entre otros, existen a su vez requisitos para la evaluación de estructuras cuando se pretende determinar la factibilidad de cambio de uso o cuando se pretende adaptarla a una diferente; así como la capacidad estructural y requerimientos de reforzamiento cuando se pretende rescatar una estructura.

1.2 Antecedentes del problema

Desde el último sismo considerable en el año 2009, la evaluación de estructuras de concreto en Tegucigalpa, a la entidad responsable en el área COPECO, enmarcaba como proceso rápido de observación de los elementos estructurales considerados dañados o afectados superficialmente, sin tomar en consideración una evaluación profunda y detallada de la cantidad y razón focalizada, de acuerdo a consideraciones sísmicas de la zona.

Para GEOTEC S. DE R.L., (2011) La sismicidad en Centroamérica, durante las últimas épocas ha arrojado información sísmica pre instrumental que para Honduras cubre un período de 1500 a 1900 para eventos que han sido sentidos dentro del territorio y que han causado daños considerables en varias poblaciones de Honduras.

Al caracterizar la sismicidad histórica de Honduras en la literatura se describen 35 sismos, los cuales oscilan entre rangos de intensidades IV a XI con magnitud Richter que va de 3.5 hasta 8.5 y de ninguno de ellos se tienen datos exactos de los daños ni ha habido revisiones de las metodologías utilizadas para el levantamiento de los mismos. (p.7)

1.3 Definición del problema

1.3.1 Enunciado

Durante los últimos 9 años, los movimientos telúricos (sismos) han afectado directamente a los habitantes de Honduras, más significativamente a los poblados en las cercanías de los lugares donde cruzan las fallas tectónicas, causantes muchas veces de estos sismos, por lo que al producirse, se pueden dañar significativamente los edificios y estructuras de concreto reforzado existentes.

Estos daños han dejado pérdidas monetarias y a veces hasta de vidas humanas, ya que las entidades a cargo de rescates o designar áreas habitables no cuenta con un proceso estructurado para hacer una evaluación de las edificaciones de concreto reforzado que ha resultado dañadas en el evento.

1.3.2 Planteamiento del problema

Falta de un procedimiento de evaluación o inspección de elementos de concreto reforzado después de un fenómeno natural (sismo) en todas las dependencias gubernamentales o privadas (que rigen la construcción) en Honduras. Se considera que legalmente le corresponde a COPECO y el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras determinar si una edificación puede ser habitable o no después de un sismo, a continuación, se muestran los logos oficiales de las dos instituciones mencionadas.



Figura 2. Logo Comité Permanente de Contingencias

Fuente: (Honduras C. P., 2018)

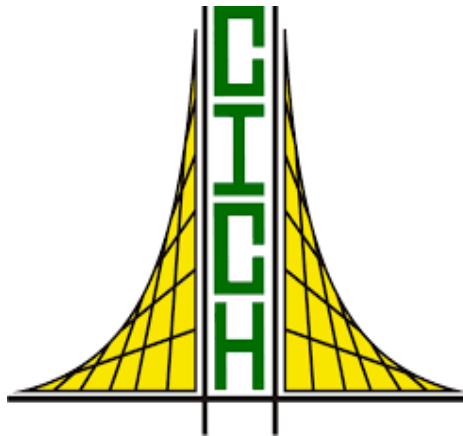


Figura 3. Logo del Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras

Fuente: (Honduras C. d., 2018)

Como parte de la investigación se planteó una pregunta principal la cual es: ¿Qué tan factible sería la creación de un procedimiento de evaluación estructural?

1.3.3 Preguntas de investigación

- ✓ ¿Cuál sería un procedimiento para la evaluación estructural después de un sismo?

- ✓ ¿Cuál es el beneficio primordial de realizar una evaluación detallada y precisa de estructuras de concreto después de un evento sísmico?

- ✓ El Comité Permanente de Contingencias y el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras ¿Estarían dispuestos a poner en práctica el procedimiento de evaluación post- sismo propuesto?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Dar a conocer un sistema de evaluación de daños estructurales en elementos de concreto reforzado, mediante una guía técnica como procedimiento estructurado, para realizar una correcta ejecución de evaluación estructural después de un evento sísmico en Honduras.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales causas del porqué no existe un procedimiento de evaluación estructural en Honduras.
- Identificar los factores que potencian el uso de un sistema de evaluación estructural post-sismo en nuestro país.
- Analizar los factores del entorno por medio de los datos obtenidos en la investigación, para la creación de la guía técnica de evaluación, tomando como ejemplo experiencia afines de otros países en el mundo.
- Proponer una guía técnica para evaluación estructural, como procedimiento para evaluar elementos de concreto reforzado después de un evento sísmico.

1.5 Justificación

En Honduras no existe alguna norma específica que regule la evaluación de estructuras de concreto reforzado después de un fenómeno natural como ser un sismo, en el país contamos con el Código de construcción Hondureño (CHOC 08), en el cual solo se hace mención vagamente de los conceptos básicos de una evaluación y ciertas pruebas de laboratorio que se pueden realizar, en él se establecen desde los requisitos para los materiales, requisitos de durabilidad entre otros por lo que esta propuesta de guía técnica sería complementaria con nuestro código de construcción vigente.

Por lo cual en el presente documento de investigación se busca exponer de manera específica los requisitos que determinan la evaluación de las estructuras de concreto reforzado después de un sismo.

La evaluación de estructuras de concreto resulta quizá el paso más importante después que ha ocurrido un evento (causante de una falla estructural) ya que después de ella se toman las decisiones pertinentes para dar solución a las patologías encontradas en la estructura.

La evaluación de patologías en estructuras de concreto no resulta fácil señalar, para la interpretación de un deterioro en particular ya sea por la presencia de una fisura, deterioro, mancha o anormalidad, que son estas mismas, manifestación de daño en un caso puede interpretarse asociada a una causa, que puede variar que puede variar en circunstancias dentro de la mecánica estructural.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el macro entorno, micro entorno y análisis local del problema de evaluación sísmica, definiendo conceptos básicos y relevantes del tema de investigación.

2.1 Análisis de la situación actual

2.1.1 Análisis del macro entorno

La etapa inicial, que corresponde a los pioneros, deja paso a una etapa esplendorosa que en pocos años logra imponer su práctica. El primer paso sin duda es la aceptación del hormigón en construcciones más convencionales, como los edificios de viviendas, en manos de los arquitectos, que ven en él un material apto y muy versátil. (Pérez, 2014, p.10)

En casi todos los países los formularios y metodologías han sido sometidos a muchas revisiones debido al incremento de conocimientos después de cada sismo. En algunos casos, los procedimientos de evaluación de daños se aplican en diferentes etapas: evaluación rápida, evaluación detallada y evaluación de ingeniería. (Salgado-Gálvez M.A., Carreño M.L., A.H. Barbat y Cardona O.D., 2014)

Las construcciones de concreto reforzado se han hecho tendencia universal, con sus diferentes formas y diseño actuales, alturas, y tipos de terreno de ubicación, dado que los sismos son noticas actuales mas en ciertos paises que en otros, por lo que las evaluaciones son necesarias y la creación y actaulización de base de datos de cada evento es de vital importancia, para poder sobrellevar estructuras seguras para las personas que habiten el inmueble.

“Existen metodologías para mejorar el comportamiento sísmico bajo la influencia de algunas amenazas, a costo razonable; sin embargo, algunas amenazas pueden será tan severas que son económicamente inviables para tomar medidas de reducción de riesgo” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2012).

La formulación de un Plan Regional de Reconstrucción supone otorgar o reasignar al gobierno regional la disponibilidad de los recursos humanos necesarios para enfrentar la tarea de formular un Plan de Reconstrucción Regional, en especial personal administrativo, técnico y profesional disponible en los servicios públicos, así como materiales e insumos que se requieran. (PNUD, 2012, p. 8)

En Honduras no existe un plan de reconstrucción de un sismo, tampoco una guía técnica para poder tener datos de un sismo ni cómo gestionar esa base de datos para poder tener información verídica y real de eventos sísmicos que han sucedido en nuestro país.

Se requiere que la caracterización geotécnica del sitio sea consistente con el método seleccionado de rehabilitación sísmica. Consiste en recopilar la información de las condiciones del subsuelo del sitio, la configuración y cargas de la cimentación del edificio existente, y las amenazas potenciales sismo- geotécnicas del sitio. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2012)

Es de suma importancia contar con información del subsuelo, para poder realizar una evaluación estructural confiable, y si es requerido después del análisis realizar reparaciones exitosas.

La evaluación de riesgos sísmico deberá incluir asuntos de inestabilidad como condiciones de columna débil-viga fuerte en marcos rígidos, miembros arriostrados y sus conexiones y la habilidad de elementos que soportan cargas de gravedad (estructurales o no estructurales) que son parte o no del sistema que resiste cargas laterales. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014, p.30)

La estabilidad en las estructuras de concreto reforzado es un tema vital durante una evaluación estructural, se debe tener conocimiento del sistema empleado para realizar un análisis acertado del sistema resistente a cargas laterales.

La idea o concepto de diseño sismo resistente de una estructura de concreto reforzado en sus diferentes fases contempla los siguientes principios ineludibles:

- Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante sismos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.

- Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes como factor principal para todo ingeniero civil.

Se debe considerar que el principio fundamental de toda estructura es salvaguardar vidas humanas evitando el colapso inminente de la estructura.

La gran mayoría de las edificaciones que presentan daños graves o que colapsan frente a un sismo severo, se debe a la falla de uno o más elementos estructurales cuya resistencia y ductilidad no fueron los necesarios para soportar la acción sísmica. (Ministerio de Desarrollo Urbano Vivienda, 2016, p.15)

Durante la ejecución de obras de infraestructura se requiere de una supervisión rigurosa, para que los elementos de concreto reforzados que componen una edificación sean construidos de acuerdo a las especificaciones solicitadas en el diseño, con esto se logrará que durante una evaluación estructural se cuente con información sobre las características, resistencia de materiales y ubicación del acero de refuerzo.

En la actualidad existen métodos para realizar rehabilitación en las edificaciones que han sufrido daños leves y en donde las edificaciones se consideran que pueden seguir siendo habitables.

“Una de las técnicas de rehabilitación más difundidas y conocidas consiste en rellenar las grietas de los muros dañados con resina epóxica, mortero epóxico o con mortero de cemento” (García, 2007, p. 9).

Los puentes, al igual que cualquier obra de ingeniería, pueden experimentar distintas formas de falla o de daño físico, las que a su vez pueden conducir a consecuencias de diversas clases, entre las que se encuentran los costos directos, como los de reparación, o los indirectos, como los asociados a la interrupción del servicio; de igual manera impacta en la posible pérdida de vidas humanas, la generación de problemas de salud, o diversas formas de impacto socio-económico.

Entre las formas de falla o de daños físicos, los más frecuentes son los siguientes:

- Daños en la subestructura: agrietamientos por flexión y/o cortante, desconchamiento del concreto, falla del refuerzo longitudinal o del estribo.
- Daños en la superestructura: golpeteo de tableros contiguos y desplazamiento relativo de tableros contiguos.
- Inclinaciones remanentes y deformaciones residuales. (Vargas, 2007)

Es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas de distintas características y pendientes. Si el movimiento es lento (m/año o cm/año) y afecta a una superficie amplia (km²) con frecuencia se habla de subsidencia. Si el movimiento es muy rápido (m/s) se suele hablar de colapso. (Coordinación Nacional de Protección Civil México, 2016)

2.1.2 Análisis del micro entorno

El análisis del micro entorno forma parte de las bases fundamentales de la investigación y en este se incluyen de forma específica los conceptos más importantes en el entorno. Se trata de dar a conocer o comprender las causas de la problemática presentada.

“La metodología para la reparación, donde lo más importante es comprender las causas subyacentes de los problemas que presenta el concreto para realizar evaluaciones significativas y reparaciones exitosas” (Instituto Americano del Concreto, 1996).

“Las estructuras deben de ser diseñadas de tal manera que su nivel mínimo de confiabilidad se asegure durante la vida útil propuesta, a pesar de degradaciones y envejecimiento de los materiales” (RILEM 130-CSL, 1996, p. 1).

La etapa inicial, que corresponde a los pioneros, deja paso a una etapa esplendorosa que en pocos años logra imponer su práctica. El primer paso sin duda es la aceptación del hormigón en construcciones más convencionales, como los edificios de viviendas, en manos de los arquitectos, que ven en él un material apto y muy versátil. (Pérez, 2014)

Dentro del medio de la construcción en nuestro país solamente se cuenta con la información encontrada en el capítulo 2.20 del CHOC 08, en donde podemos hacernos una idea de a lo que se refiere una evaluación estructural, pero solamente en el procedimiento para realizar pruebas de carga y de esta forma determinar si una estructura puede ser habitable o no, según los resultados obtenidos.

“Ninguna medida de seguridad deberá interferir con los procedimientos de prueba de carga o afectar los resultados” (Comisión Técnica CICH, 2015).

Específicamente, da línea técnica para la inspección de materiales, requisitos de durabilidad, calidad del concreto, mezclado y colación, encofrados, tuberías embebidas, juntas de construcción, detalles de refuerzo, resistencia y capacidad de servicio, cargas de flexión y axial, cortante y torsión, desarrollo y empalmes de refuerzo, sistemas de losa, muros, zapatas, concreto prefabricado; compuestos miembros flexionados, de hormigón pretensado, conchas y miembros cruzados placa; evaluación de la resistencia de las estructuras existentes, la disposición para el diseño sísmico. (Instituto Americano del Concreto, 2011)

Capacidad estructural. Es decir, si los miembros o la estructura son adecuados para el uso previsto; si son adecuados para las cargas actuales, pero no para el fin previsto; o si el análisis realizado no es concluyente. Si hay o no factibilidad de una posible rehabilitación, mediante una valoración técnica y económica, que se fundamenta en la efectividad esperada de la rehabilitación y su nuevo ciclo de vida útil esperado.

Si se detectan problemas estructurales, estos se deben describir en términos de su seriedad, extensión y riesgo para la estabilidad. Lo anterior, permitirá establecer si se requieren o no acciones correctivas para remediar las condiciones existentes o simplemente proteger la estructura. (Instituto Americano del Concreto, 1994)

Los daños estructurales provocados por un evento sísmico son en su mayoría de gravedad por lo que son de vital importancia y llevar estos datos cuantificados, dada su seriedad ya que estos daños pueden traducirse en daños que generen pérdidas de vidas humanas, que todo ingeniero civil es el que debe tratar de dar lo mejor de su supervisión y seguridad para que este hecho no suceda.

2.1.3 Análisis interno

A nivel municipal, La Alcaldía Municipal de Distrito Central se enfrenta a diario con la incertidumbre de no contar con un procedimiento de evaluación, ya que también ninguna dependencia gubernamental o no gubernamental cuenta con el mismo, solo con el Código hondureño de la construcción que hace mención breve acerca de este problema.

Honduras por estar situado sobre la placa del Caribe es una de las zonas sísmicas más activas del mundo, aquí se encuentran tres grandes placas, la de Norteamérica, El Caribe y la de Cocos, que están situadas a lo largo del pacífico, eso hace que todo el territorio nacional tenga riesgo de medio a alto por la actividad sísmica. (Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2014)

Debido a nuestra ubicación un poco privilegiada en comparación a otros países, no tenemos tanta actividad sísmica, pero en ciertas regiones de nuestro país si el riesgo pasa a ser moderado, y en los últimos 9 años nuestras actividades sísmicas se han visto en aumentos, por lo que esta propuesta de guía técnica es válida para llevar base de datos sobre estos eventos y ser procuradores de mejoras continuas en el ejercicio de la profesión de ingenieros civiles, protegiendo a toda costa nuestra estructuras con diseño sísmicos actuales y cuidando la vida humana.

Según el Atlas climático y de gestión de riesgo de Honduras publicado por el IHCIT, los departamentos que presentan más área en el nivel de amenaza muy alta a sismos son Valle (66.04%), Choluteca (39.76%) y La Paz (0.01%).

Mientras tanto los departamentos de Copán, Cortés, Intibucá, Lempira, Ocotepeque, Santa Bárbara, La Paz, Choluteca, Comayagua y Valle se encuentran en un nivel alto de amenaza. Los estudios muestran que el 33% del territorio nacional está entre una amenaza alta y muy alta a sismos. (Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2014)



Figura 4. Amenaza de sismos en la República de Honduras

Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2014)

A nivel regional, el Comité Permanente de Contingencias COPECO se enfrenta con la incertidumbre de no contar con un manual de apoyo para una evaluación post sismo, ya que también ninguna dependencia gubernamental o no gubernamental cuenta con el mismo, solo con el Código hondureño de la construcción que hace mención breve acerca de este problema.

“Si existe alguna duda de que parte de una estructura o toda la estructura cumple con los requerimientos de seguridad de estas normas, una evaluación de la resistencia deberá llevarse a cabo como lo requiera el ingeniero o el supervisor” (Código Hondureño de Construcción, 2008).

Si la duda acerca de la seguridad de parte de una estructura o toda la estructura involucra deterioro, y si la respuesta observada durante la prueba de carga satisface el criterio de aceptación, se permitirá que la estructura o parte de la estructura permanezca en funcionamiento por un periodo específico de tiempo. Si el ingeniero lo juzga necesario, deberán realizarse reevaluaciones periódicas. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

La zona sísmica a la que pertenece Honduras que en mayor del territorio nacional es baja, pero debido a los acontecimientos en los últimos años se planteó una modificación del mapa sísmico.

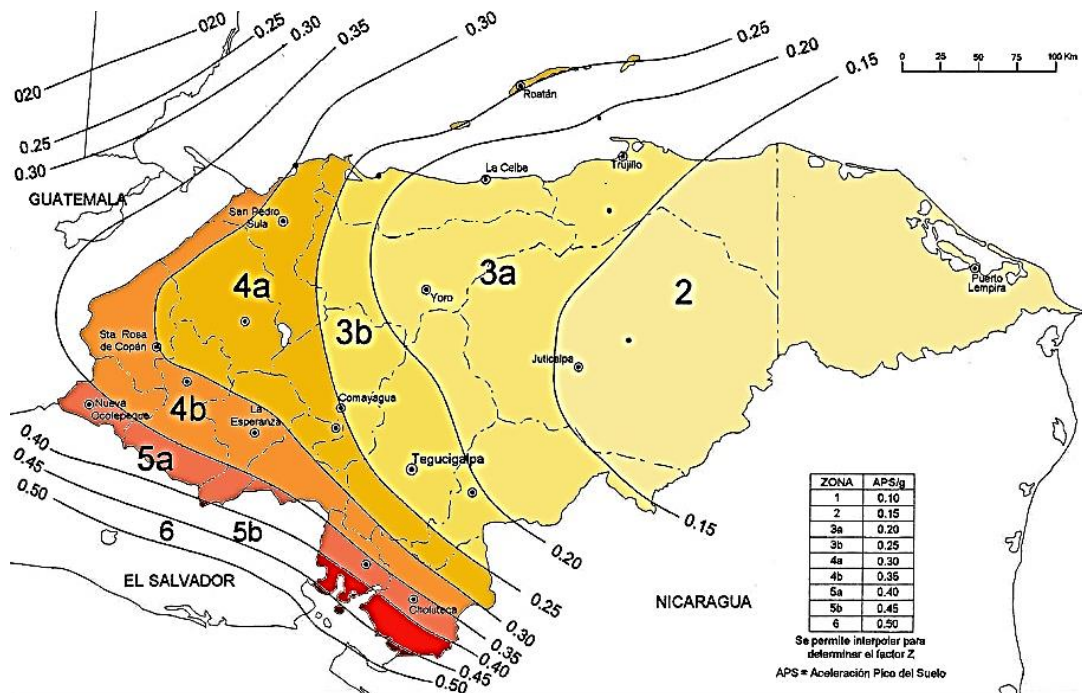


Figura 5. Mapa Zona Sísmica Honduras

Fuente: (Comisión Técnica CICH, 2015)

2.2 Teorías

2.2.1 Teorías de sustento

Diagrama de Ishikawa

Como parte de las teorías de sustento utilizadas en este documento se encuentra el diagrama de Ishikawa con un efecto positivo y en donde se representan las relaciones de causa y efecto de las variables que han sido planteadas en la investigación.

El diagrama de Ishikawa también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de efecto- causa, diagrama grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica y sencilla en la que se puede verse de manera racional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

Es unas de las diversas herramientas sugeridas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en los servicios, para facilitar el análisis. (Ishikawa, 1997)

Una vez elaborado el diagrama causa-efecto representa de forma ordenada y completa todas las cuasas que pueden determinar cierto problema y constituye una utilísima base de trabajo para poner en marcha la búsqueda de sus verdaderas cuasas, es decir, el autentico analisis causas-efecto. (Galgano, 1995)

Diagrama de Gantt

Con respecto al diagrama de Gantt en este se obtiene de manera gráfica el tiempo requerido para realizar una actividad y en este también se incluyen los recursos necesarios para la correcta ejecución considerando la ruta crítica generada.

El diagrama de Gantt es una herramienta muy utilizada para elaborar programación de actividades claves en cada proceso, se basa en 2 ejes principales horizontal y vertical en los cuales se desglosan actividades que constituyen el trabajo a ejecutar versus escalas de tiempo definido en término de la unidad necesaria al trabajo a ejecutar.

El diagrama de Gantt es una útil herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Fue Henry Laurence Gantt quien, entre 1910 y 1915, desarrolló y popularizó este tipo de diagrama en Occidente. (Laudon, 2011)

Se obtiene una imagen relativamente simple de un sistema complejo. Es decir que, de forma muy visual, se nos pone delante una gráfica que refleja la organización de las fases de un proyecto, lo que facilita la comprensión de todo el proceso. (Gaither, 2000)

2.2.2 Conceptualización

Estructura: “Armadura, generalmente de acero u hormigón armado, que, fija al suelo, sirve de sustentación a un edificio” (Real Academia Española, 2014).

Concreto: “Es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas” (Nilson, 2001, p. 1).

Condición de uso: “Se refiere a la condición de exposición al medio ambiente, a la forma de uso y al tipo de cargas que solicitaran al elemento o componente durante su etapa de servicio” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2012).

Sistema estructural: Es el conjunto o componentes estructurales, o de sub-sistemas estructurales, diseñados, detallados y ensamblados para resistir la totalidad o una porción de las cargas (verticales, horizontales o ambas), que actúan en una edificación, y para transferirlas al punto final de aplicación (cimentación) a través de una o más trayectorias continuas de carga. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2012)

Falla: “Defecto; anomalía; deficiencia; falta; no corresponder una cosa al efecto que se esperaba de ella; defecto material de una cosa que merma su resistencia” (Real Academia Española, 2014).

Sismo: Es un fenómeno que se produce por un rompimiento en la cubierta rígida del planeta llamada corteza terrestre, cómo consecuencias se producen vibraciones que se propagan en todas direcciones y que percibimos como una sacudida o un balanceo con duración e intensidad variables. (Centro Nacional de Prevención de Desastres de México, 2014)

Patología estructural: “Estudio sistemático y ordenado de los síntomas, mecanismos, causas y orígenes de los defectos, deterioro y daños que sufren las construcciones para que estos puedan diagnosticarse y tratarse con propiedad” (Treviño, 1998, p. 218).

2.3 Metodología de Ingeniería aplicadas

Como parte fundamental de las teorías de ingeniería aplicadas se encuentra las especificadas en el código hondureño de la construcción, esto debido a que es el instrumento base legalmente establecido en el ámbito de la construcción de obras de ingeniería en nuestro país. Si bien es cierto en este código no se incluyó un lineamiento como tal establecido para realizar una evaluación estructural en elementos de concreto reforzado, sin embargo se incluyen temas relevantes como ser la evaluación de resistencia de elementos de concreto reforzado, determinación de dimensiones de los elementos, propiedades de los materiales, realización de pruebas de carga entre otros, a continuación se describe el procedimiento descrito en el capítulo 2.20 del CHOC 08.

❖ Evaluación analítica y cuantitativa según Código de construcción hondureño

Evaluación De La Resistencia De Estructuras Existentes Según Código de Construcción CHOC-08

Este capítulo de la normativa de construcción de Honduras se basa en la evaluación de estructuras existentes que puedan presentar en ellas, debido a patologías estructurales para poder determinar ciertos criterios de buena vida para elementos estructurales y no estructurales dentro de las construcciones, estos parámetro incluyen desde determinación de cargas hasta pruebas específicas de carga que se pueden aplicar a cada elementos, determinación de deflexiones, grietas y dimensionamiento mínimos.

2.20.0 Notación

D = cargas muertas o momentos y fuerzas internas relacionadas

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto, Kg/cm²

h = peralte total de un miembro, cm

L = cargas vivas o momentos y fuerzas internas relacionadas

l_t = claro del miembro bajo prueba de carga, cm. (El claro corto para sistemas de losa en dos direcciones). El claro es el menor de (a) distancia entre los centros de los apoyos, y (b) distancia libre entre apoyos más el peralte *h* del miembro. En la ecuación (2.20-1), el claro para un voladizo deberá tomarse como dos veces la distancia del apoyo al extremo del voladizo.

$\Delta_{m\acute{a}x}$ = deflexión máxima medida, cm. Ver ecuación (2.20-1).

$\Delta_{r\acute{m}a}x$ = deflexión residual medida, cm. Ver ecuaciones (2.20:2) y (2.20-3)

$\Delta_{f\acute{m}a}x$ = deflexión máxima medida durante la segunda prueba relativa a la posición de la estructura al comienzo de la segunda prueba, cm. Ver ecuación (2.20-3). (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.1 Evaluación de resistencia. Generalidades

La evaluación de la resistencia es un primer paso para la realización de una evaluación estructural, esta puede ser determinada con procedimientos de ensayos de laboratorio tal como se describen más adelante en este documento.

2.20.1.1 Si existe alguna duda de que parte de una estructura o toda la estructura cumple con los requerimientos de seguridad de estas normas, una evaluación de la resistencia deberá llevarse a cabo como lo requiera el Ingeniero o el Supervisor.

2.20.1.2 Si el efecto de la deficiencia en la resistencia está bien razonado, y si es factible la medición de las dimensiones y propiedades de materiales requeridos en un análisis, será suficiente la evaluación analítica de la resistencia basándose en esas mediciones. Los datos requeridos deberán ser determinados de acuerdo con 2.20.2.

2.20.1.3 Si el efecto de la deficiencia en la resistencia no está bien razonado, o si no es factible establecer por medición las dimensiones y propiedades de materiales requeridas, una prueba de carga deberá ser requerida si la estructura va a permanecer en funcionamiento.

2.20.1.4 Si la duda acerca de la seguridad de parte de una estructura o toda la estructura involucra deterioro, y si la respuesta observada durante la prueba de carga satisface el criterio de aceptación, se permitirá que la estructura o parte de la estructura permanezca en funcionamiento por un período especificado de tiempo. Si el Ingeniero lo juzga necesario, deberán realizarse reevaluaciones periódicas. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.2 Determinación de dimensiones y propiedades de materiales requeridas

2.20.2.1 Las dimensiones de los miembros estructurales deberán establecerse en las secciones críticas.

2.20.2.2 La localización y tamaño de las barras de refuerzo, malla soldada de alambre, o tendones, deberá determinarse por medición. Se permitirá determinar la localización y tamaño del refuerzo basándose en planos disponibles, si se hacen revisiones locales que confirmen, la información de estos planos.

2.20.2.3 Si se requiere, la resistencia \sim 1 concreto deberá basarse en los resultados de pruebas de cilindros o en pruebas de núcleos removidos de las partes de la estructura donde se duda de la resistencia. Las resistencias del concreto deberán determinarse como se especifica en 2.5.6.4. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.2.4 Si se requiere, la resistencia del refuerzo o tendones deberá basarse en pruebas de tensión de muestras representativas del material en la estructura en cuestión.

2.20.2.5 Si las dimensiones y propiedades de materiales requeridas son determinados a través de mediciones y pruebas, y sí, se pueden hacer los cálculos de acuerdo con 2.20.1.2, 'se permitirá incrementar los factores de reducción de resistencia en 2.9.3, pero los factores de reducción de resistencia no deberán ser mayores que:

Flexión, sin carga axial.....	1.00
Tensión axial, y tensión axial con flexión.....	1.00
Compresión axial, y compresión axial con flexión:	
Miembros con refuerzo en espiral conforme a 2.10.9.3.....	0.90
Otro tipo de miembros.....	0.85
Cortante y/o torsión.....	0.90
Compresión en el concreto.....	0.85.

(Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.3 Procedimiento de prueba de carga

Las pruebas de carga que se realizan luego de un evento sísmico se orientan a determinar si las estructuras son consideradas habitables o si estas pueden seguir siendo utilizadas realizando un cambio de uso.

2.20.3.1 Arreglo de carga. El número y el arreglo de los claros o paneles a ser cargados, deberá seleccionarse para maximizar la deflexión y los esfuerzos en las regiones críticas de los elementos estructurales para los cuales la resistencia este en duda. Más de un arreglo de cargas de prueba deberá utilizarse, sí de un solo arreglo no se obtienen, simultáneamente, los resultados de los valores máximos de los efectos (tales como deflexión, rotación o esfuerzo) necesarios para demostrar que la estructura es adecuada.

2.20.3.2 Intensidad de carga. La carga total de prueba (incluyendo la carga muerta que existente) no deberá ser menor que $0.85 (1.40 + 1.7L)$. Se permitirá reducir la carga viva L de acuerdo con las disposiciones en el Título de Cargas y Fuerzas de este reglamento.

2.20.3.3 Una prueba de carga no deberá ejecutarse hasta que la parte de la estructura a ser sujeta a la carga, tenga por lo menos 56 días de edad. Si el dueño de la construcción, el contratista, y todas las partes involucradas están de acuerdo, se permitirá realizar la prueba de carga a una edad menor. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.4 Criterio de aplicación de carga

2.20.4.1 El valor inicial de todas las mediciones de las respuestas aplicables (tales como deflexión, rotación, deformación unitaria, corrimiento, ancho de grietas) deberá obtenerse no más de una hora después de la aplicación del primer incremento de carga. Las mediciones deberán hacerse en todos los lugares donde se esperen respuestas máximas. Mediciones adicionales deberán hacerse sí son requeridas.

2.20.4.2 La carga de prueba deberá aplicarse en no menos de cuatro incrementos aproximadamente iguales.

2.20.4.3 La carga uniforme de prueba deberá aplicarse de manera que se asegure una distribución uniforme de la carga transmitida a la estructura o parte de la estructura que está siendo probada. El arqueamiento de la carga aplicada deberá evitarse.

2.20.4.4 Un grupo de mediciones de respuestas deberá hacerse después de la aplicación de cada incremento de carga, y después de que la carga total ha sido aplicada a la estructura por lo menos durante 24 horas.

2.20.4.5 La carga total de prueba deberá removerse inmediatamente después de que todas las mediciones de respuesta definidas en 2.20.4.4 han sido hechas.

2.20.4.6 Un grupo de mediciones de respuestas deberá hacerse 24 horas después de la remoción de la carga de prueba. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.5 Criterio de aceptación

Como parte de los criterios de aceptación se han tomado los conceptos básicos de deflexiones máximas permitidas después de realizar pruebas de carga en los elementos que componen el sistema estructural de la edificación. A continuación se presentan las bases para los cálculos de deflexión máximas permitidas en el Código Hondureño de la Construcción.

2.20.5.1 La porción de la estructura probada no deberá mostrar ninguna evidencia de falla. Fractura o aplastamiento del concreto en compresión deberá considerarse como una indicación de falla.

2.20.5.2 Las deflexiones máximas medidas deberán satisfacer una de las condiciones siguientes:

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{l_t^2}{20,000h} \quad (2.20-1)$$

Ecuación 1. Deflexiones máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-133

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{\Delta \text{ máx.}}{4} \quad (2.20-2)$$

Ecuación 2. Deflexiones Máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-134

Si las deflexiones medidas máxima y residual no satisfacen las ecuaciones (2.20-1) o (2.20-2), se permitirá repetir la prueba de carga.

La repetición de la prueba deberá efectuarse no antes de 72 horas después de la remoción de la primera carga de prueba. La parte de la estructura probada en la repetición de la prueba, deberá considerarse aceptable si la recuperación de deflexión satisface la condición:

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{\Delta \text{ máx.}}{5} \quad (2.20-3)$$

Ecuación 3. Deflexiones Máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-134

Donde Δ_{max} es la deflexión máxima medida durante la segunda prueba, relativa a la posición de la estructura al comienzo de la segunda prueba.

2.20.5.3 Los miembros estructurales probados no deberán tener grietas que indican falla inminente por cortante.

2.20.5.4 En las regiones, de los miembros estructurales, sin refuerzo transversal, la aparición de grietas estructurales inclinadas al eje longitudinal y que tengan una proyección horizontal mayor que el peralte del miembro en el punto medio de la grieta, deberán ser evaluadas.

2.20.5.5 En las regiones de anclaje y uniones de traslape, la aparición, a lo largo de los ejes del refuerzo, de una serie de grietas pequeñas inclinadas o grietas horizontales, deberán ser evaluadas. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.6 Disposiciones para rangos menores de carga

Si la estructura bajo investigación no satisface las condiciones de criterio de 2.20. 1:2. 2.20.5.2, o 2.20.5.3, se permitirá que la estructura sea usada para rangos menores de carga basados en los resultados de la carga de prueba o del análisis, si es aprobado por el Supervisor.

2.20. 7 Seguridad

2.20. 7.1 Las pruebas de carga deberán conducirse manera tal que se proporcione seguridad para vidas humanas y para la estructura, durante la prueba.

2.20.7.2 Ninguna medida de seguridad deberá interferir con los procedimientos de prueba de carga afectar los resultados. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

❖ Inspecciones Cualitativas de evaluación para revisión preliminar

Deflexión

La deflexión de cualquier miembro estructural no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 1.1.8-1, basándose en los factores indicados en la Tabla 1.1.8-2. El criterio de deflexión que representa la condición más restringida deberá aplicarse. Los criterios de deflexión para materiales no especificados deberán desarrollarse en una manera consistente con las disposiciones de esta sección. (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8)

Tabla 1. Deflexión permisible máxima para miembros estructurales

TIPO DE MIEMBRO	Miembro cargado solamente con carga viva (LL)	Miembro cargado solamente con carga viva más carga muerta (LL+KxDL)
Miembro de techo que soporta repello o miembro de piso	L/360	L/240

Nota: a- se deberá proporcionar suficiente pendiente o contraflecha en los techos planos de acuerdo a la sección 1.1.5.5

K será un factor de la tabla 1.1.8-2

L Longitud del miembro en las misma unidades que am deflexión

Fuente: Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8

Tabla 2. Valor de “K”

MADERA		CONCRETO REFORZADO	ACERO
Húmeda	Seca		
1	0.5	$T/1+50r'$	0

a- La madera seca es la que tiene un contenido de humedad menor que 16% en el momento de la instalación y utilizada en las condiciones secas como en el uso de estructuras cubiertas

b- ver también la sección 9 en estructuras de concreto normas técnicas complementarias de este código.

El factor T de tiempo depende de cada carga sostenida puede tomarse igual a :

cinco años o más... 2.0

12 meses.....1.4

6 meses.....1.2

3 meses o menos.... 1.0

Fuente: Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8

Control de deflexiones

“Los miembros de concreto reforzados sujetos a flexión deberán diseñarse para que tengan una rigidez adecuada para limitar las deflexiones o cualquier deformación que afecte adversamente la resistencia o funcionamiento de la estructura”. (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 2-44)

Agrietamiento

Las grietas se presentan en las estructuras de concreto reforzado debido a la baja resistencia a la tensión del concreto. En los miembros con bajos esfuerzos en el acero bajo cargas de servicio, las grietas pueden ser muy pequeñas y de hecho no serán visibles excepto mediante una cuidadosa inspección.

Tales grietas, llamadas micro grietas, se inician generalmente por los esfuerzos de flexión. Cuando los esfuerzos en el acero son altos bajo carga de servicio, en particular cuando se usan aceros de alta resistencia, se formarán grietas visibles. Estas grietas deben limitarse a ciertos tamaños máximos, de modo que no se dañe la apariencia de la estructura y que no se haga presente la corrosión en las varillas de refuerzo.

Con el uso de varillas de alta resistencia y el método de diseño por resistencia, el control de las grietas se ha convertido en un aspecto muy importante del diseño. Como los esfuerzos de fluencia de las varillas de refuerzo en uso general se han incrementado de 40 klb/plg² a 60 klb/plg² y aun a valores mayores, es bastante natural que los proyectistas especifiquen aproximadamente el mismo tamaño de las varillas a las que están acostumbrados, sólo que en menor número. (McCormac, 2011)

El resultado ha sido un agrietamiento más severo de los miembros. Aunque las grietas no pueden eliminarse, se pueden limitar a tamaños aceptables mediante la distribución del refuerzo. En otras palabras, se tendrán grietas más pequeñas si se usan varias varillas pequeñas con espaciamientos moderados en vez de unas cuantas varillas grandes con grandes separaciones.

Tal manera de proceder conduce usualmente a resultados satisfactorios en el control de las grietas, aun para varillas de los grados 60 y 75. Una excelente regla empírica relativa al agrietamiento es “no use una separación entre varillas mayor que aproximadamente 9 pulgada”.

Los anchos máximos de grietas que se consideran aceptables varían de aproximadamente 0.004 a 0.016 pulgada, dependiendo de la ubicación del miembro en cuestión, del tipo de estructura, de la textura superficial del concreto, de la iluminación y de otros factores. Se pueden requerir valores algo más pequeños en los miembros expuestos a ambientes muy agresivos, tales como productos químicos anticongelantes y rociado de agua salada de mar.

En un reporte sobre agrietamiento⁸ del Comité 224 del ACI, se presentó un conjunto de anchos máximos aproximados permisibles de grietas para miembros de concreto reforzado sometidos a diferentes condiciones de exposición. Estos valores están resumidos en la tabla 6.3. (McCormac, 2011)

Tabla 3. Anchos permisibles de grietas

Miembros sometidos a	Anchos Permisible	
	(plg)	(mm)
Aire seco	0.016	0.41
Aire húmedo, suelo	0.012	0.3
Productos químicos descongelantes	0.007	0,18
Aguas de mar y aspersion de agua de mar	0.006	0.15
Uso en estructura que retiene agua	0.004	0.1

Fuente: (McCormac, 2011)

No se dispone de datos definitivos en lo que se refiere a los tamaños de grietas por encima de las cuales la corrosión en las varillas resulta particularmente grave. De hecho, las pruebas parecen indicar que la calidad del concreto, el espesor del recubrimiento, la cantidad de vibrado del concreto y otras variables pueden ser más importantes que el tamaño de las grietas en lo que se refiere a la corrosión. Los resultados de las pruebas de laboratorio en las vigas de concreto reforzado para determinar las dimensiones de las grietas son variables.

En las dimensiones influyen mucho la contracción y otros factores temporales. El propósito de los cálculos de control de grietas no es realmente limitar su tamaño a ciertos valores máximos rígidos, sino más bien utilizar los detalles razonables de las varillas, basándose en las experiencias de campo y de laboratorio, para poder controlar las grietas dentro de ciertos límites razonables.

En 1968 se desarrolló la siguiente ecuación con objeto de estimar los anchos máximos de las grietas que se presentan en las caras de tensión de miembros sometidos. (Mc Cormac, 2011, p.167)

$$w = 0.076\beta h f_s \sqrt[3]{d c A}$$

Ecuación 4. Variable para cálculo de tamaño de grieta

Fuente: (McCormac, 2011)

En donde w = ancho estimado de la grieta en milésimas de pulgada.

βh = relación de la distancia al eje neutro desde la fibra extrema a tensión del concreto a la distancia del eje neutro al centroide del acero de tensión (valores por determinar por el método de los esfuerzos de trabajo).

f_s = esfuerzo en el acero, en klb/plg² bajo carga de servicio (el proyectista puede usar $0.6f_y$ en estructuras normales).

$d c$ = recubrimiento de la varilla situada más al exterior, medido desde la fibra extrema de tensión al centro de la varilla o alambre más próximos. (Para un racimo de varillas, $d c$ se mide al centro de gravedad del racimo.)

A = área efectiva a tensión del concreto alrededor del refuerzo principal (su centroide es el mismo que el del refuerzo) dividida entre el número de varillas. (McCormac, 2011)

A esta expresión se le llama ecuación de Gergely-Lutz en honor de quienes la desarrollaron. Al aplicarla a vigas, generalmente se obtienen resultados razonables si βh se toma igual a 1.20. Sin embargo, para losas delgadas en una dirección, se obtienen valores más realistas si βh se toma igual a 1.35. El número de varillas de refuerzo presentes en un miembro particular decididamente afecta el valor de A por usarse en la ecuación, así como el ancho calculado de la grieta.

Si se usan varillas cada vez más pequeñas para proporcionar el área necesaria, el valor de A será menor, así como los anchos estimados de las grietas. Si todas las varillas en un grupo particular no son del mismo tamaño, su número (por usarse en la ecuación) debe considerarse igual al área total de acero de refuerzo en el grupo dividida por el área de la varilla de mayor tamaño usada. (McCormac, 2011)

Según el CHOC

Distribución del refuerzo por flexión en vigas y losas en una dirección

Cuando la resistencia a la fluencia f_y para el diseño del refuerzo en tensión excede 2,800 Kg/cm², las secciones transversales de máximo momento positivo y negativo deberán diseñarse de manera que el valor de z dado por:

$$Z = f_s \sqrt[3]{dcA}$$

Ecuación 5. Brazo de momento para cálculo de F_y

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-53

No exceda 31,300 Kg/cm para concreto expuesto a condiciones interiores y 25,900 Kg/cm para concreto expuesto a condiciones exteriores. El esfuerzo calculado en el acero de refuerzo bajo cargas de servicio f_s (Kg/cm²) deberá determinarse como el momento dividido entre el producto del área de acero y el brazo interno de momento. Opcionalmente, se permitirá tomar f_s como el 60% de la resistencia a la fluencia especificada f_y . (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 2-53)

En este capítulo se concluye que representa un pilar fundamental de esta investigación en donde se estableció el macro y micro entorno, así como el análisis interno del problema de investigación planteado.

La guía técnica como aporte de la investigación viene a ser una herramienta para uno de personal calificado, sin embargo existen temas dentro de la guía para realizar una evaluación preliminar de elementos de concreto reforzado que pueden ser realizadas por métodos de observación y por personal técnico.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla de la investigación, detallando sus variables, conceptos principales, mediciones, técnicas y métodos aplicados para obtener respuesta al problema investigado.

3.1 Congruencia metodológica

3.1.1 Matriz Metodológica

Tabla 4. Matriz metodológica

Titulo	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivo		Variable	
			General	Específico	Dependiente	Independiente
Guía Técnica para Evaluación estructural de daños post-sismo en elementos de concreto reforzado	Falta de un método de evaluación o inspección de elementos de concreto reforzado después de un fenómeno natural (sismo) en todas las dependencias gubernamental o privada (que rigen la construcción) en Honduras.	<p>¿Cuál es una solución viable para la evaluación estructural después de un sismo?</p> <p>¿Cuál es el beneficio de realizar una evaluación detallada y precisa de estructuras de concreto dañadas después de un evento sísmico?</p>	Dar a conocer un sistema de evaluación de daños estructurales en elementos de concreto reforzado, mediante una guía técnica como procedimiento estructurado, para garantizar la correcta ejecución de una evaluación estructural después de un evento sísmico en Honduras.	Identificar las principales causas del porque no existe un procedimiento de evaluación estructural en Honduras.	Guía técnica como sistema de evaluación estructural post-sismo.	Capacitación

Continuación Tabla 4. Matriz metodológica

Titulo	Problema	Preguntas de Investigación	Objetivo		Variable	
			General	Especifico	Dependiente	Independiente
		<p>¿Es factible la creación de una guía técnica de evaluación estructural y facilitarlo a las entidades encargadas de controlar los desastres naturales (sismos) en Honduras?</p>		<p>Identificar los factores que potencian la creación de un sistema de evaluación estructural en nuestro país.</p>		<p>Criterio de evaluación</p>
		<p>El comité permanente de contingencias y el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras ¿Estarían dispuestos a poner en práctica este sistema de evaluación post- sismo propuesto?</p>		<p>Analizar los factores de nuestro entorno por medio de los datos obtenidos en la investigación, para la creación de la guía técnica de evaluación, tomando como ejemplo experiencia afines de otros países en el mundo.</p>		
				<p>Proponer una guía técnica de evaluación estructural, como sistema para evaluar elementos de concreto reforzado después de un evento sísmico en Honduras.</p>		<p>Gestión del Proceso</p>

3.1.2 Operacionalización de las variables

Esquema de variables

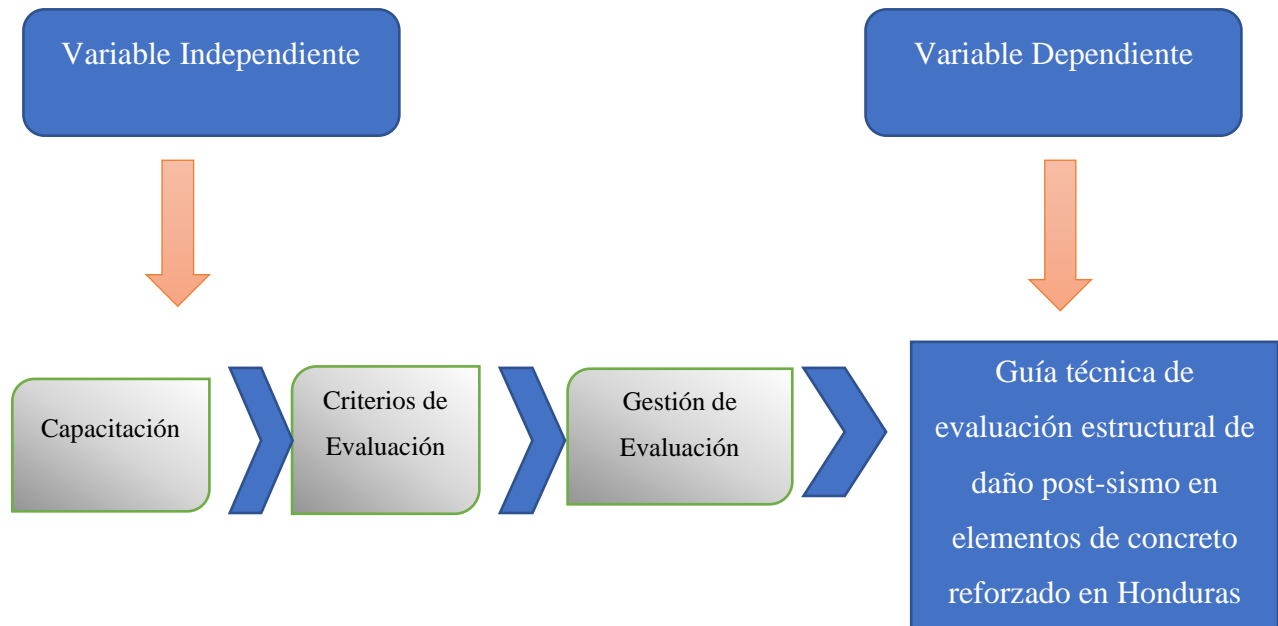


Figura 6. Esquema de variables

Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable dependiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidad	Escala
	Conceptual	Operacional					
Guía técnica como sistema de evaluación estructural post-sismo.	“La evaluación de la amenaza sísmica consiste en determinar el nivel de exposición que tiene un lugar determinado ante un sismo” (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda y Secretaría de gestión de riesgos, 2016).	“Los estudios de amenaza sísmica proporcionan datos básicos que permiten diseñar nuevas estructuras o hacer una revisión de las ya existentes” (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda y Secretaría de gestión de riesgos, 2016).	Sistema estructurado para una evaluación	Beneficios de una evaluación estructural	¿Conoce usted alguna norma de evaluación estructural elaborada para Honduras?	Si	1
						No	2
				Disposición de usar la guía técnica de evaluación estructural.	¿Cree necesaria la formulación de una metodología a ser para realizar evaluaciones estructurales después de un sismo en el rubro de la ingeniería civil tomando en cuenta los últimos sismos que se han sentido en todo el territorio de Honduras?	Si	1
						No	2

Continuación Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Capacitación	“Actividad planeada y basada en necesidades reales de una empresa u organización orientada hacia un cambio en los conocimientos, habilidades y actitudes del colaborador” (Aguilar, 2004)	“La función de capacitación que colabora aportando a la empresa un personal debidamente adiestrado, capacitado, y desarrollado para que desempeñe bien sus funciones habiendo previamente descubierto las necesidades reales de la empresa” (Aguilar, 2004)	Facilitación de recursos	Distribución de recursos	¿Por qué cree usted que las entidades gubernamentales y no gubernamentales que deben velar por la seguridad estructural de cada edificación de Honduras, no ha implementado un manual para evaluaciones estructurales?	Falta de interés Poca capacidad económica de estas entidades No es de mayor importancia Falta de personal con capacidades técnicas en el tema	1 2 3 4
		Capacitación de personal Ingenieros civiles	Procedimientos	¿Considera necesario que el colegio de ingenieros civiles de Honduras (CICH), y el comité permanente de contingencias (COPECO) se involucren en sociedad con la Alcaldía del municipio del distrito central para trabajar en una guía técnica para la evaluación estructural después de un evento sísmico?	si no	1 2	

Continuación Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Criterio de Evaluación	<p>Los criterios de evaluación son los principios, normas o ideas de valoración en relación a los cuales se emite un juicio valorativo sobre el objeto evaluado. Deben permitir entender qué conoce, comprende y sabe hacer, lo que exige una evaluación de sus conocimientos teóricos, su capacidad de resolución de problemas, sus habilidades, entre otros aspectos.</p>	<p>El proceso de diseño y, en el presente contexto, es el cuerpo del conocimiento científico que permite la predicción, con un buen grado de certeza, de la manera como una estructura de forma y dimensiones dadas se comportará cuando esté sometida a fuerzas conocidas y a otros efectos mecánicos. (Nilson, 2001)</p>	Verificaciones de habitabilidad de la estructura	Revisión capacidad soportante de cada diseño por elemento estructural	¿Crees que el diseño estructural se puede tomar como deficiente al presentarse una patología estructural o patrón de falla después de un sismo?	Si	1
						No	2

Continuación Tabla 5. Operacionalización de las variables

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems	Unidades	Escala
	Conceptual	Operacional					
Gestión del Proceso	"Gestión es asumir y llevar a cabo las responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades)".(Nilson, 2001)	El término gestión es utilizado para referirse al conjunto de acciones, o diligencias que permiten la realización de cualquier actividad o deseo. Dicho de otra manera, una gestión se refiere a todos aquellos trámites que se realizan con la finalidad de resolver una situación o materializar un proyecto (Nilson, 2001).	La preocupación por la disposición de los recursos y estructuras necesarias para que tenga lugar.	La coordinación de sus actividades (y correspondientes interacciones) .y sus semejantes	¿Cuál crees que es la principal causa para que haya una falla estructural?	Baja Calidad en procesos constructivos	1
						Baja calidad en los materiales de construcción	2
						Poca supervisión de personal calificado	3

3.1.3 Hipótesis

Como hipótesis nula (H0): Los Criterios de evaluación no establecidos claramente no interviene en la detección de patologías que describan una no habitabilidad de una estructura.

Y como hipótesis alternativa (H1): Los Criterios de evaluación establecidos claramente son la base de la detección de patologías que describan una no habitabilidad de una estructura.

3.2 Enfoque y métodos

3.2.1 Enfoque

El enfoque metodológico tiene la tendencia hacia un **enfoque mixto; cuantitativo** porque se analizaron niveles de daños en elementos de concreto reforzado después de un evento sísmico en la ciudad de Tegucigalpa, MDC; **cualitativo** porque se basó en el nivel de preparación y conocimiento del tema se presente en la población profesional de ingenieros civiles con maestría en ingeniería estructural según el censo del colegio de Ingenieros civiles de Honduras específicamente en la capital de Honduras que tomaremos como muestra.

3.2.2 Métodos

La investigación científica se definió como la búsqueda del porque no se tiene registro de un procedimiento de evaluación estructural, por lo cual aplicamos los diferentes métodos para el análisis profundo de esta realidad en nuestro entorno.

Exploratorio: porque se pretendió en cuanto a una visión general de nuestra ciudad capital, de los expertos en diseño estructural puedan darnos una visión general respecto a la realidad de la actividad sísmica en aumento y los daños que estos causan a nuestras estructuras.

Descriptivo: el punto principal es describir características fundamentales de una guía técnica de evaluación que pueda aplicarse para entender el fenómeno de sismo y sus daños en elementos de concreto reforzado de Tegucigalpa, MDC, utilizando criterios de análisis y diseño estructural.

Explicativo: como muestra de una preocupación latente, detectando diferentes fallas estructurales por propietarios de casa de habitación, edificios, puentes etc., después de las últimas actividades sísmicas en el país, al menos, para definir las condiciones principales de una evaluación estructural, la cual pueda ser usada en su momento.

Deductivo: se analizó y entendió las diferentes guías aplicadas en otros países, para poder adaptar, usar juicios, y dar una solución para nuestra realidad como país.

Histórico: debido a la investigación de las consecuencias dejadas por los sismos registrados en nuestro país a través de los últimos años, llevando un orden cronológico de los eventos.

Sintético: debido a la relación del problema central, tratar de que sus variables aparentemente dispersas del caso se relacionen con el efecto dejado por los sismos en los elementos de concreto reforzados, y así sustentar parte de nuestra hipótesis.

Analítico: debido a que nuestra población de investigación, sus experiencias y conocimiento, sirvieron de base para poder ampliar el tema, analizando las variables de forma particular, creando escenarios de los daños que causa un sismo en cada elemento de concreto reforzado, sin dejar de lado el enfoque principal de investigación que nos llevara a la creación de una guía de evaluación estructural post-sismo.

3.3 Diseño de la investigación

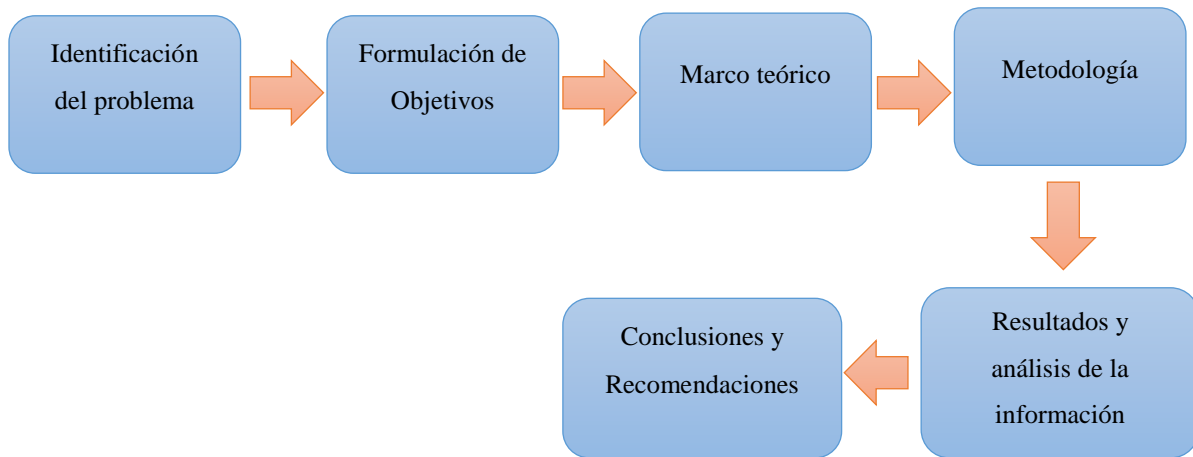


Figura 7. Etapas de la investigación

3.3.1 Población

La población seleccionada para realizar esta investigación; son 21 Ingenieros civiles censados por el colegio de Ingenieros civiles de Honduras (CICH) con maestría en Ingeniería estructural residentes en la ciudad de Tegucigalpa, MDC, ya que conocen de primera mano los efectos que deja esta problemática.

3.3.2 Unidad de Análisis

Definimos la unidad de análisis el grupo de **ingenieros civiles con maestría en estructuras** para poder analizar el tema, con conocimientos técnicos y dar respuestas acertadas sin tanto margen de error.

3.3.3 Unidad de respuesta

La respuesta esperada de la recolección de datos, se medirá en **porcentaje** según las respuestas obtenidas de los expertos encuestados.

3.4 Instrumentos y Técnicas aplicados

3.4.1 Instrumentos

Mediante la creación de preguntas rápidas relacionadas al tema investigado, poder obtener respuestas lógicas y coherentes, de las cuales se pueda formar una idea general del panorama de realidad del problema.

Cuestionario: “Lista de preguntas que se proponen con cualquier fin” (Real Academia Española, 2014).

3.4.2 Técnicas

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos en la investigación son herramientas que proveen datos valiosos, confiables y objetivos, por lo tanto de gran utilidad en el objeto de estudio y que trabajan en función a darle solución a la pregunta de investigación que se ha planteado.

Encuesta: “Conjunto de preguntas tipificadas dirigidas a una muestra representativa de grupos sociales, para averiguar estados de opinión o conocer otras cuestiones que les afectan” (Real Academia Española, 2014).

“La investigación mediante encuesta requiere de una programación y un planteamiento de la misma y luego un desarrollo o aplicación de dicha programación siguiendo una serie de pasos” (Centro de investigaciones sociológicas, 2011).

Entrevista: “Tener una conversación con una o varias personas para un fin determinado” (Real Academia Española, 2014).

Con el propósito de obtener información fiable, de primera mano, se definió realizar la **técnica de exploración de campo**, la cual nos permite la observación y el contacto directo con el fenómeno, y los expertos en el tema de los cuales obtendremos el acopio de los testimonios para confrontar la verdad de nuestro estudio basado en la realidad de nuestra ciudad capital, y así evaluar la necesidad de creación de esta guía técnica de evaluación estructural post- sismos.

3.5 Fuentes de información

3.5.1 Primarias

En la presente investigación se hizo uso únicamente de la encuesta, y entrevista como fuentes de información primaria, ya que recibimos de primera mano la información de la población definida para nuestra investigación.

“Son los documentos sobre los que se escribe directamente y proporcionan datos de primera mano, son los que sistematizan y profundizan más en el tema” (Alzina, 2009).

En la presente investigación se hizo uso únicamente de la encuesta, y entrevista como fuentes de información primaria, ya que recibimos de primera mano la información de la población definida para nuestra investigación.

3.5.2 Secundarias

Las fuentes secundarias utilizadas en esta investigación corresponden a los libros citados, revistas, tesis doctorales, mapas de zonificación y riesgo, entre otros que sirvieron de base para generar la información adecuada para este documento.

“Denominamos fuentes secundarias a las bibliografías, los resúmenes y, en general, las obras de consulta que cumplen con las funciones de describir otros documentos para guiarnos hacia ellos” (Garza Mercado, 2007).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se plasman los datos numéricos obtenidos de los instrumentos aplicados, se realizan los análisis necesarios y se plantean conclusiones mediante gráficos y otras herramientas estadísticas.

Al mismo tiempo se detalla la propuesta de solución y todos sus componentes a seguir para realizar el objetivo general planteado en esta investigación, la creación de una guía técnica de evaluación estructural post-sismos.

4.1 Resultado de la encuesta

Con el objetivo de conocer la opinión de expertos en temas de diseño estructural, su pensar acerca de la creación de una guía técnica de evaluación estructural, se procedió a la aplicación de la encuesta, a una población y muestra de 21 Ingenieros civiles con maestría en ingeniería estructural, esta aplicación se realizó a través de la plataforma online mediante formato de Google, obteniendo los siguientes resultados:

Gènero

21 respuestas

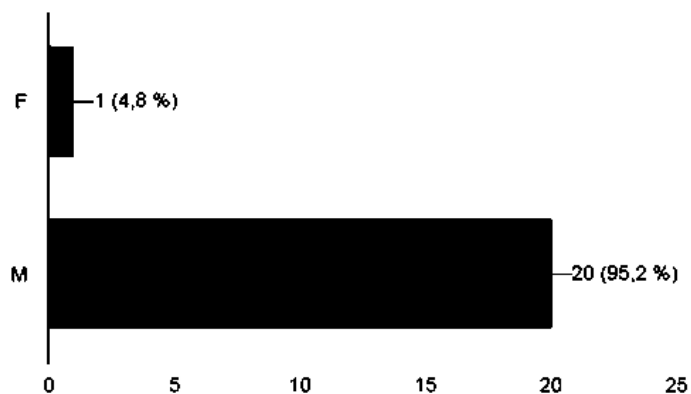


Figura 8. División de la población según su género

La mayoría de la población encuestada pertenece al género masculino esto debido a que la construcción en el país está principalmente orientada a este género.

1) ¿Conoce usted alguna norma de evaluación estructural elaborada para Honduras?

a) Si b) No

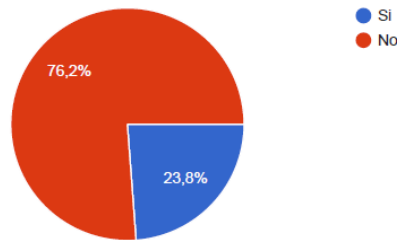


Figura 9. Conocimiento de Normas de evaluación estructural en Honduras

Hallazgo: En Honduras no existe una norma específica que sirva como guía para realizar evaluaciones estructurales después de un sismo, y que sea un procedimiento estructurado para determinar si una edificación es habitable o no según el análisis realizado.

Se encontró que de nuestra población elegida no conoce una norma exclusiva para realizar evaluaciones estructurales, con un 76.2% de respuesta en “no” porque aun siendo ya Master estructuralistas no conocen una Norma Hondureña de evaluación, y el 23.8% de respuesta en “si” porque cuenta con algún conocimiento de norma que se refiera a la evaluación estructural como tal.

Por lo que este dato nos muestra en conclusión que este tema es de desconocimiento en nuestra población de profesionales de la construcción, pero es de vital importancia dar a conocer este tema debido a las últimas presencias de sismos en nuestro país para poder afrontar este problema si algún día es necesario.

2) ¿Tiene conocimiento usted si se ha realizado al menos una evaluación estructural a algún edificio después de un evento sísmico en Tegucigalpa?

a) Si b) No

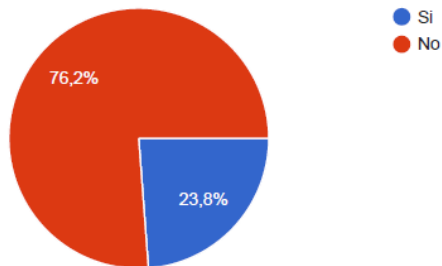


Figura 10. Conocimiento de evaluaciones estructurales realizadas después de un sismo en Honduras.

Hallazgo: En la ciudad de Tegucigalpa que es en donde se encuentran las edificaciones más grandes con mayor altura en el país, se desconoce totalmente el tema de evaluación estructural de daños por sismo

Como se ha hecho denotar en el presente informe, la noción del gremio de Ingenieros civiles especialistas estructurales no tiene prácticamente ningún antecedente de evaluación estructural, como se ve reflejado con un 76.2% de respuestas “no en nuestra encuesta, y el 23.8% de respuestas en “si” de saber de algún tipo de evaluación realizada en nuestro País y quizá no sea esta después de un evento sísmico.

Debido a estos datos concluimos que en algunos departamentos del país se han realizado evaluaciones a puentes para determinar la capacidad de carga que poseen debido a la aparición de grietas luego de un evento sísmico, pero no se ha presentado unas evaluaciones que generen bases de datos para próximos estudios acerca de sismos y sus daños.

3) ¿Cree necesaria la formulación de una guía técnica para realizar evaluaciones estructurales después de un sismo en el rubro de la ingeniería civil tomando en cuenta los últimos sismos que se han sentido en todo el territorio de Honduras?

a) Si b) No



Figura 11. Necesidad de la formulación de una guía técnica de evaluación estructural para Honduras.

Hallazgo: Dentro de la población de encuestados se determinó la necesidad de tener en el rubro de la construcción un instrumento para realizar evaluaciones estructurales exitosas.

La creación de nuestra propuesta de guía técnica de evaluación estructural, se sustentada al reflejarse en este resultado de nuestra población encuestada el 100% está de acuerdo con un “si” en que sería de gran ayuda para todos los Ingenieros civiles.

Por lo que se justifica la creación d esta guía técnica de evaluación como un procedimiento a seguir de todos los profesionales de la construcción para ejercer eficaz y eficientemente este trabajo.

- 4) ¿Por qué cree usted que las entidades gubernamentales y no gubernamentales que deben velar por la seguridad estructural de cada edificación de Honduras, no ha implementado un manual para evaluaciones estructurales?
- a) Falta de interés
 - b) Poca capacidad económica de estas entidades
 - c) No es de mayor importancia
 - d) Falta de personal con capacidades técnicas en el tema

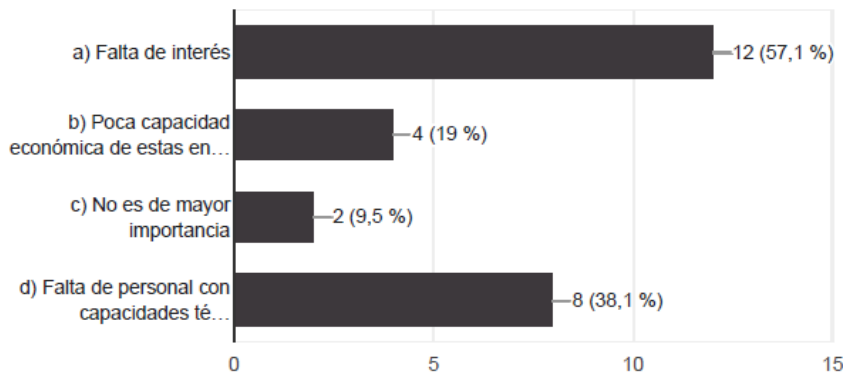


Figura 12. Falta de interés por la implementación de evaluaciones estructurales de las entidades encargadas de evaluaciones después de un sismo en Honduras

Hallazgo: Como se ha hecho denotar en el presente informe, la no existencia de un documento que ayude a las evaluaciones estructurales se debe a factores que quisimos mencionar y obtener respuestas bases de nuestros expertos.

Con un 57.1% “La falta de interés de los organismos encargados de ofrecer estas ayudas a la población de ingenieros civiles, un 38.1% “la falta de personal con capacidades técnicas para ejercer evaluaciones, 19% “Poca capacidad económica de estos organismos como ser COPECO y el CICH, y 9.5% “no es de mayor importancia para ellos”.

Lo que nos ayuda a querer satisfacer esta necesidad con la creación de nuestra guía técnica de evaluación estructural de daños post-sismo.

Se considera que la falta de interés de los organismos que rigen la construcción en el país es debido a que hasta el momento no ha ocurrido una tragedia a nivel estructural en alguna de las edificaciones existentes, por lo que el tema se ha dejado a un lado considerándolo poco importante.

5) ¿Considera necesario que el colegio de ingenieros civiles de Honduras (CICH), y el comité permanente de contingencias (COPECO) se involucren en sociedad con la Alcaldía del municipio del distrito central para trabajar en una guía técnica para la evaluación estructural de edificios de concreto reforzado después de un evento sísmico?

a) Si b) No

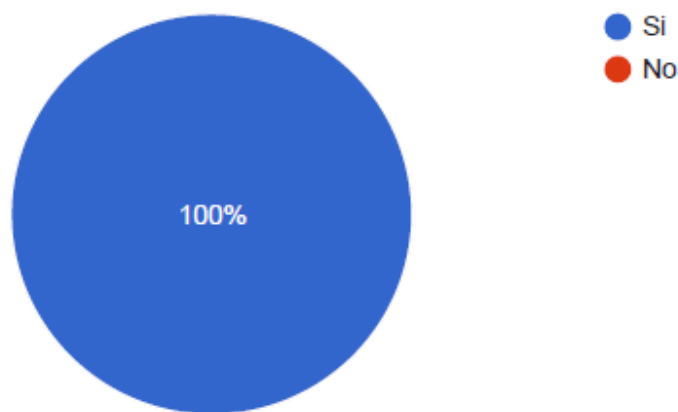


Figura 13. Necesidad de participación del CICH, Alcaldía Municipal y COPECO para la implementación de una guía técnica de evaluación estructural.

Hallazgo: La participación activa de las 2 entidades más grandes a nivel del sector que rige la construcción y que pueden ayudar con conocimientos para que nuestra población de ingenieros civiles ejerza su profesión de mejor manera y así ayudar a la población que este en necesidades más después de algo como un evento sísmico que puede dejar consecuencias graves.

Por lo que de nuestra población encuestada el 100% está de acuerdo con un “si” en que sería de gran ayuda la participación activa en la utilización, capacitación y uso de esta guía de ayuda que proporcionaremos.

Es de suma importancia que las alcaldías municipales se interesen en el tema de evaluación estructural de elementos de concreto reforzado ya que en la actualidad se han enfocado en la construcción de obras de infraestructura vial y edificaciones, sin embargo la seguridad habitacional de las personas debe ser una de las principales condicionantes al determinar si una edificación es habitable o no después de un evento sísmico, mediante la participación de las alcaldías municipales se puede complementar información relevante en referencia al tema de evaluación, por ejemplo en la Alcaldía Municipal del Distrito Central, se puede obtener información relacionada a las fechas de construcción de edificaciones antiguas y de esta manera realizar evaluación a las estructuras que se consideran en riesgo.

6) ¿Estaría usted en la disposición de capacitarse para ser evaluador estructural como proceso normado por el colegio de ingenieros civiles de honduras?

a) Si

b) No

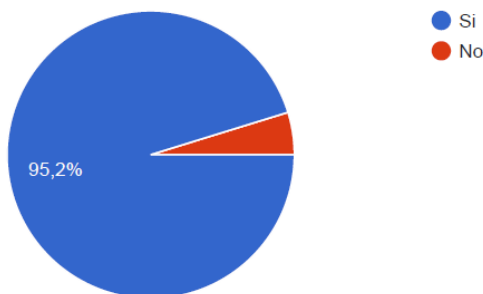


Figura 14. Disposición de Capacitación para ser evaluadores estructurales de los Ingenieros civiles.

Hallazgo: Con la a creación de nuestra propuesta de guía técnica de evaluación estructural, se necesitará una población de expertos que se capaciten en este tema y que puedan ejecutar de manera eficiente y eficaz estas evaluaciones estructurales,

Con estos resultados de nuestra población el 95.2% “si” estaría dispuesta a formar parte de este selecto grupo de profesionales capaces de ejecutar evaluaciones estructurales post-sismo, y el 4.8% “no”, desea capacitarse en este aspecto.

La capacitación de personal profesional en el área viene a ser una de condicionantes de una evaluación estructural exitosa, ya que mientras más se conozca sobre el tema mejor detallado se pueden realizar las evaluaciones en elementos estructurales.

7) ¿Cree que esta iniciativa podría favorecer a que la alcaldía rigidice sus procesos de calificación para entrega de permisos de construcción?

a) Si b) No

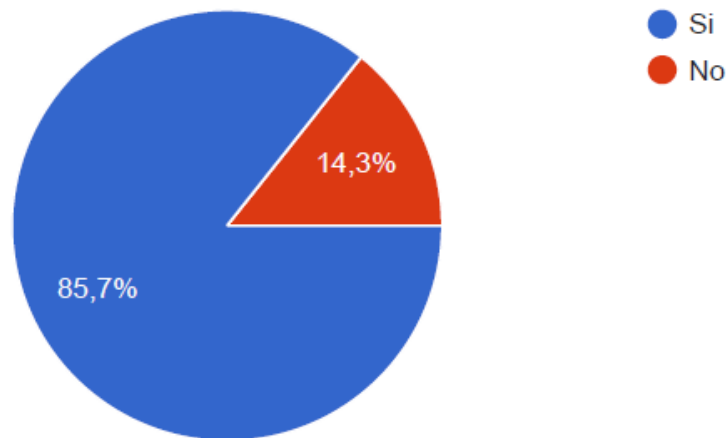


Figura 15. Aporte de la guía técnica a los procesos de aceptación de los permisos de construcción de la Alcaldía municipal.

Hallazgo: Con la a creación de nuestra propuesta de guía técnica de evaluación estructural, no se puede dejar de mencionar a la Alcaldía Municipal del distrito Central ya que esta como encargada principal de los permisos y resoluciones sobre construcciones nuevas, remodelaciones etc., se consultó si esta iniciativa de guía técnica también podría ayudar a rigidizar sus procesos de aceptación y resoluciones en los permisos de construcción.

Por lo que nuestra población experta piensa que esta guía técnica podría mejorar este proceso: el 85.7% “si” está de acuerdo que será de apoyo, y el 14.3% “no” cree que sería de apoyo.

Con la participación de la municipalidad en el tema de evaluación post-sismo se puede lograr un mayor control en el otorgamiento de permisos de construcción en el país, haciendo un trámite más riguroso pero confiable y brindando a la población en general una mayor seguridad.

- 8) ¿Cuál crees que es la principal causa para que haya una falla estructural?
- a) Baja Calidad en procesos constructivos
 - b) Baja calidad en los materiales de construcción
 - c) Poca supervisión de personal calificado

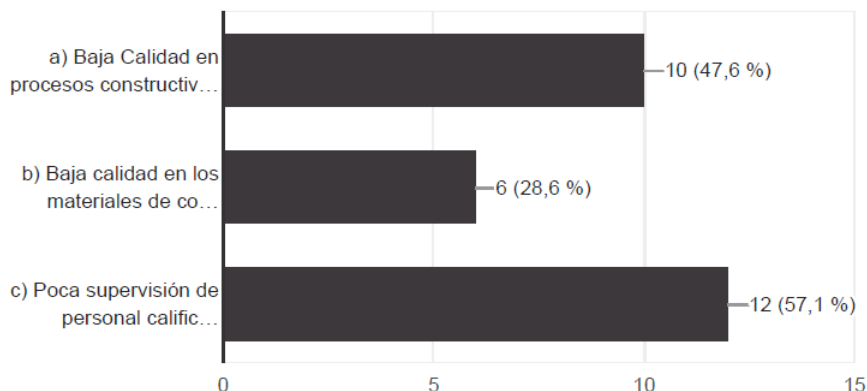


Figura 16. Factores de causa para la aparición de fallas estructurales en elementos de concreto reforzado.

Ya tomando factores de diseño y construcción en cuenta mencionamos los 3 factores que creímos más relevantes para que se dé un fallo estructural, y nuestra población de expertos respondió así: con un 57.1% “Poca supervisión de personal calificado”, un 47.6%”Baja calidad en los procesos constructivos” y 28.6% “Baja calidad en los materiales de construcción utilizados”.

La mayor parte de los encuestados respondió que la mayor causa de falla estructural se debe a la baja calidad en los procesos de construcción, sin embargo, esta está estrechamente ligada a las actividades de supervisión ya que los procesos constructivos deben ser revisados con criterio y fundamento técnico, revisando y aprobando previamente los materiales a ser empleados y asegurando la correcta ejecución de un proyecto de infraestructura.

- 9) ¿Crees que el diseño estructural se puede tomar como deficiente al presentarse una patología estructural o patrón de falla después de un sismo?
- a) Si b) No

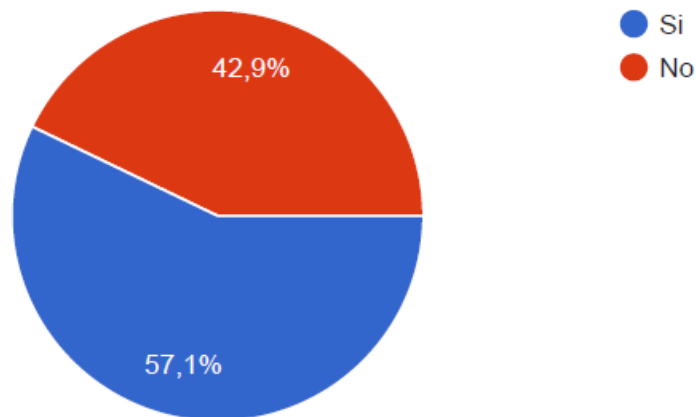


Figura 17. Creencias de diseños estructurales deficientes al aparecer una patología estructural.

Hallazgo: Ya tomando factores de diseño estructural, como consideran nuestros expertos califican de deficiente o no un diseño al presentar una patología.

Según sus respuestas con 57.1% “si” creen que es deficiente en este sentido o no se tomó algo en cuenta y por esta razón suceden esas patologías estructurales, y el 42.9% “no” creen que se deba considerar como deficiente por esta razón de no ser un fallo frágil severo.

Las patologías estructurales no siempre están relacionadas a una falla en el sistema estructural de una edificación y tampoco quiere decir que el diseño estructural es deficiente.

10) ¿Crees que los estudios de suelos deben ser exigencia principal en una evaluación estructural?

- a) Si
- b) No

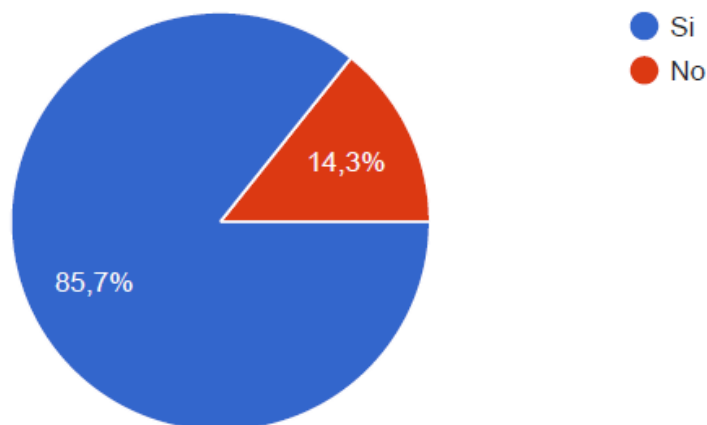


Figura 18. Necesidad de los estudios de suelos como requisitos indispensables en los diseños estructurales.

Hallazgo: Como parte del diseño estructural vital los estudios de suelos se deben de presentar, y quisimos tener la opinión de nuestros expertos en este punto.

Con un 85.7% “Si” consideran que este estudio debe ser exigencia principal en cualquier diseño estructural, y el 14.3% “No” creen sea necesario.

Para realizar un trámite de permiso de construcción debería ser exigencia de la Alcaldía Municipal que los propietarios de los proyectos cuenten con estudios de suelos que respalden las características del suelo encontradas y los diseños estructurales realizados de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.2 Resultados de la entrevista

Se entrevistó a 5 Ingenieros civiles que han estado en cercanías con Copeco para poder evaluar desde su forma más cerca en evaluación de daños después de una catástrofe natural en Honduras, y se obtuvo la siguiente información:

1. ¿Puedes contarme acerca de tu experiencia en el área de la ingeniería?

Ingenieros civiles master estructurales (5)

Años de experiencia entre 5- 10 años (5), recursos hídricos, proyectos de la Alcaldía de Tegucigalpa, MDC. Entre otros.

2. ¿Cuéntame que sabes acerca de la actividad sísmica registrada en los últimos años en nuestro país?

Conocen la ubicación de sismógrafos aquí en nuestro país, y conocimientos acerca de los daños que causan los sismos a las estructuras de concreto reforzado.

Se hizo mención acerca de un órgano dentro de Copeco llamado EDAN que se encarga de las reacciones en desastres naturales como inundaciones.

Nos cuentan que la fuente de información si no la tenemos a la mano, se puede conseguir con el país vecino Nicaragua que están más desarrollados en esta materia de sismos por su alta sismicidad.

3. ¿Qué conocimientos tienes sobre patologías estructurales, y como darles solución?

Los conocimientos de patologías estructurales básicos, no tan a profundidad conocen como ser grietas por cortante, flexión, fallos por asentamientos.

Uno de los entrevistados menciona que trabajo en una evaluación estructural pero fue a causa de una inundación, y solo mencionaron vagamente su solución, y no llegaron hasta una cuantificación monetaria de daños.

4. ¿Cuál es tu opinión acerca de la creación de un método de evaluación estructural de daños después de un evento sísmico?

Los entrevistados comparten que se debería unificar esta guía técnica de evaluación, en todo Honduras, crear un grupo de personas que se capaciten para este tipo de eventos en cada gobierno local y así cuantificar daños, y poder ayudar a las personas afectadas, e incluso solicitar ayudas gubernamentales porque se debería llegar a interpretar monetariamente como afecta un sismo en nuestro país.

5. ¿Estarías dispuesto a capacitarte para ser evaluador estructural, y porque lo harías?

Nuestros entrevistados se mostraron dispuestos a capacitarse para poder realizar este tipo de evaluaciones estructurales, mencionan que por tener el conocimiento técnico sería más fácil realizar con efectividad este tipo de evaluaciones, y así poder ayudar a la población, y salvar vida que es el fin último de todo profesional de la ingeniería trabajar con seguridad estructural para los clientes que reciben nuestros servicios.

4.3 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama basado en los efectos positivos que trae la propuesta de solución al problema de evaluación estructural post- sismo, las variables independientes inciden directamente a la mejora de estos puntos focales, como ser:

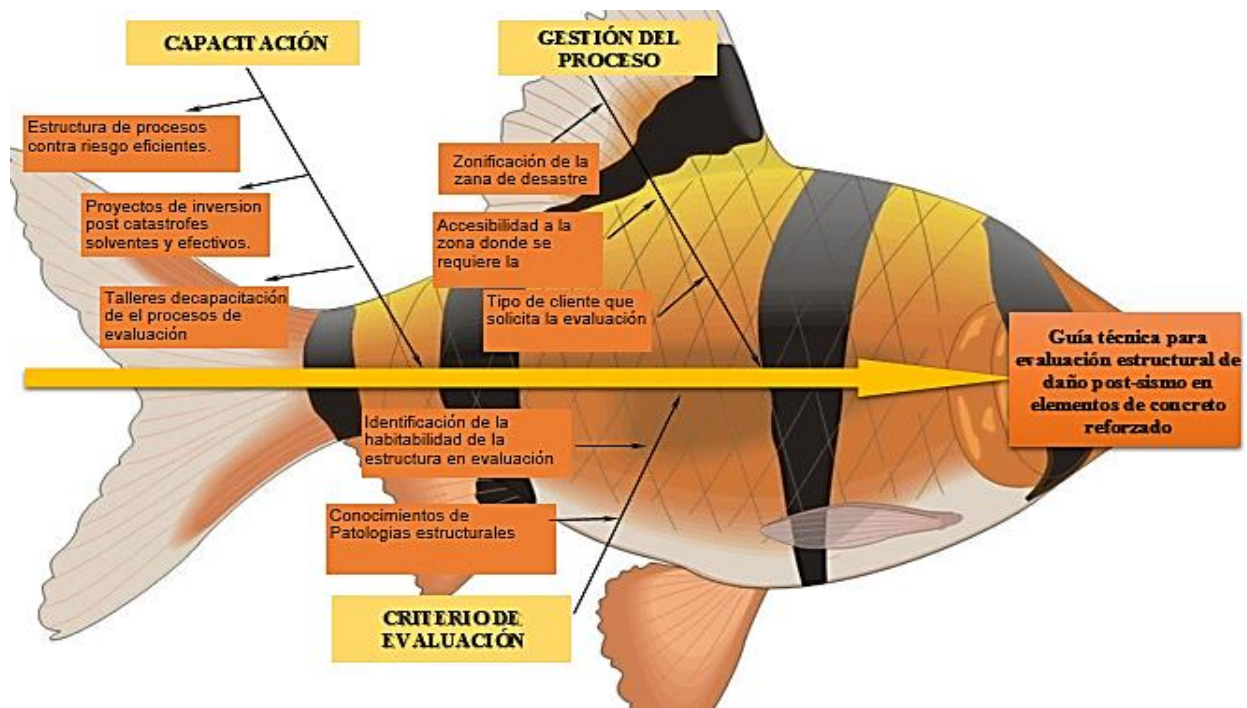


Figura 19. Diagrama de Ishikawa con el efecto positivo

Las capacitaciones: Son beneficiosas con el fin de obtener personal con capacidades técnicas reales y aplicables con la metodología de evaluación estructural.

Los criterios de evaluación: Son los principios, normas o ideas de valoración en relación a los cuales se emite un juicio valorativo sobre el objeto evaluado. Deben permitir entender qué conoce, comprende y sabe hacer, lo que exige una evaluación de sus conocimientos teóricos, su capacidad de resolución de problemas, sus habilidades, entre otros aspectos.

Gestión es asumir y llevar a cabo las responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades).

4.4 Análisis Estadístico

Todas estas estadísticas darán una descripción global de la población estudiada y permiten orientar este análisis, existen medidas que pueden ser asociadas a este concepto y ellas son: La Moda, la Mediana y la Media.

La Moda se utiliza para medir la localización de los datos en una escala nominal, y es valor que se repite con más frecuencia en un conjunto de datos. La Mediana es una medida de tendencia central que divide a cualquier distribución o colectivo en 2 partes iguales o por la mitad y sirve para medir el punto que está al centro de la distribución. La Media llamada también media aritmética es la medida de localización o tendencia más utilizada, con ella se calcula el promedio de los datos; en el lenguaje cotidiano, se le conoce como promedio aritmético. La desviación estándar es la medida de dispersión más usada y se interpreta con relación a la media. Tiene la desventaja que los valores extremos en el conjunto de datos distorsionan su valor.

Tabla 5. Descripción de respuestas de los encuestados de las preguntas con relación a la hipótesis central de investigación

Pregunta de la encuesta	DATOS/RESPUESTAS
1	21
3	3
	8
4	12
	4
	2
	3

Tabla 6. Estadísticos y sus valores para comprobar hipótesis de estudio

ESTADISTICOS	VALOR
MEDIA	8
MEDIANA	6
MODA	3
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	7

El Análisis de los datos a partir de la información obtenida de 21 encuestados, se puede concluir que el promedio de conocimiento de lo que es una evaluación estructural es baja totalmente; debido a que nuestra hipótesis comprende que “La tasa de daños en elementos de concreto reforzado, aumenta a medida los eventos sísmicos son más frecuentes; por lo que es necesaria la creación de una guía técnica de evaluación estructura”.

Concluimos mediante los estadísticos analizados, que el desconocimiento de evaluación estructural es generalizado en nuestra población de encuesta lo que nos genera la necesidad de creación de la guía técnica para poder aportar a este punto, y mediante nuestro país siga experimentando eventos sísmicos se hace más necesaria esta implementación de guía técnica de evaluaciones estructurales post-sismo y la capacitación de personal para este trabajo.

Comprobación de Hipótesis:

En respuesta a la hipótesis nula (H_0), se comprueba que unos criterios bien establecidos son base de una evaluación correcta, por lo que esta hipótesis queda completamente descartada ósea se anula.

Y la hipótesis alternativa (H_1), se comprueba que los Criterios de evaluación establecidos claramente son la base de la evaluación estructural eficaz, y sobre todo ejercer esta profesión de la ingeniería civil de la mejor manera.

Con los datos obtenidos de la encuesta del desconocimiento de los criterios de evaluación y la respuesta positiva a que las capacitaciones del tema son necesarias para dar correcta base a las evaluaciones estructurales después de un evento sísmico en Honduras, estableciendo estos pasos a seguir para que cualquier profesional de la construcción sean capaces de ejercer una evaluación inicial y poder determinar si una estructura es habitable o no para poder mantener vida a salvo y evitar catástrofes mayores después de un evento sísmico.

4.5 Propuesta

4.5.1 Guía Técnica de Evaluación Estructural de Daños Post- Sismo

4.5.2 Introducción

4.5.3 Descripción de la propuesta

4.5.3.1 Configuración estructural de la Construcción (proyecto)

4.5.3.2 Definición del riesgo sísmico por la zona de ubicación

4.5.3.3 Inspección y evaluación rápida simplificada de la estructura existente

4.5.3.4 Recopilación de datos sobre la estructura en estudio

4.5.3.5 Diagnóstico inicial de patologías existentes en la estructura

4.5.3.6 Evaluación estructural

4.5.3.6.1 Inspección preliminar

4.5.3.6.2 Inspección Detallada

4.5.3.7 Informe de evaluación

4.5.3.8 Formatos para la inspección y evaluación estructural

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

**GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN
ESTRUCTURAL POST-SISMO EN ELEMENTOS DE
CONCRETO REFORZADO EN HONDURAS**



**JULIO 2018
TEGUCIGALPA
F.M.**

**GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POST-SISMO EN
ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO EN HONDURAS**



Figura 20. Derrumbe del edificio Nuevo León, terremoto de 1985 en la ciudad de México

CONTENIDO

GUÍA TÉCNICA PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO EN HONDURAS

4.5.2	Introducción	62
4.5.3	Descripción de la Propuesta	63
Figura 20.	Derrumbe del edificio Nuevo León, terremoto de 1985 en la ciudad de México	60
Figura 21.	Amenaza de sismos en la República de Honduras	63
Figura 22.	Mapa Zona Sísmica Honduras	64
Figura 23.	Formulario N°1 para evaluación rápida después de un sismo.....	102
Figura 24.	Formato para Inspección preliminar de la estructura	103
Figura 25.	Continuación de formato para Inspección preliminar	104
Figura 26.	Formato de Evaluación Detallada.....	105
Figura 27.	Continuación del formato de evaluación detallada	106
Figura 28.	Continuación formato evaluación detallada	107
Figura 29.	Formato para Croquis de Sitio	108
Figura 30.	Cronograma de Ejecución de una Evaluación estructural post-sismo	¡Error!
Marcador no definido.		

4.5.2 Introducción

La gran mayoría de las construcciones que presentan daños graves o que colapsan frente a un sismo severo, se debe a la falla de uno o más elementos estructurales cuya resistencia y ductilidad no fueron los necesarios para soportar la acción sísmica.

No obstante, es importante recordar que la aplicación correcta de las Normas de Construcción sismo-resistentes que nos plantea el Código de construcción hondureño CHOC 08, no garantizan que una edificación no presente daños ante un sismo de gran magnitud. Por lo que se plantea en la siguiente guía técnica una filosofía de evaluación para estos elementos después de ser abatidas por un sismo, y poder emitir juicios que generen soluciones viables para la habitabilidad de dicho inmueble o para determinar la no habitabilidad y evitar riesgos que conlleven a pérdida de vidas humanas.

La presente guía técnica servirá para la utilización de herramientas de evaluación rápida de daños en elementos de concreto reforzado afectados por eventos sísmico con impacto directo o indirecto, para cumplir con el objetivo primordial de determinar la seguridad del uso normal o restringido y preservar las vidas humanas. En un país que se encuentra expuesto a múltiples amenazas, con índices de vulnerabilidad alta, es necesario contar con un documento que plantee un procedimiento adecuado para la evaluación de daños post desastres después de un sismo, tomando en cuenta las debilidades y limitaciones de recursos para el manejo de la información de las zonas de desastre al igual que el personal a cargo de dichas evaluaciones.

Definir el grado de daño mediante la categorización del impacto, tomando como punto vital conocimientos técnicos del personal, para aplicar el criterio óptimo que se apegue a la realidad nacional, y categorizarlo mediante los formatos de evaluación creados para definir la seguridad estructural de cada elemento de concreto reforzado evaluado.

4.5.3 Descripción de la Propuesta

4.5.3.1 Definición del riesgo sísmico por la zona de ubicación

A continuación, se presenta el mapa de amenaza de sismo en nuestro país en donde se observan los porcentajes de susceptibilidad por departamento.



Figura 21. Amenaza de sismos en la República de Honduras

Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de Honduras, 2014)

También se presenta el mapa de aceleración pico del suelo incluido en el CHOC 08.

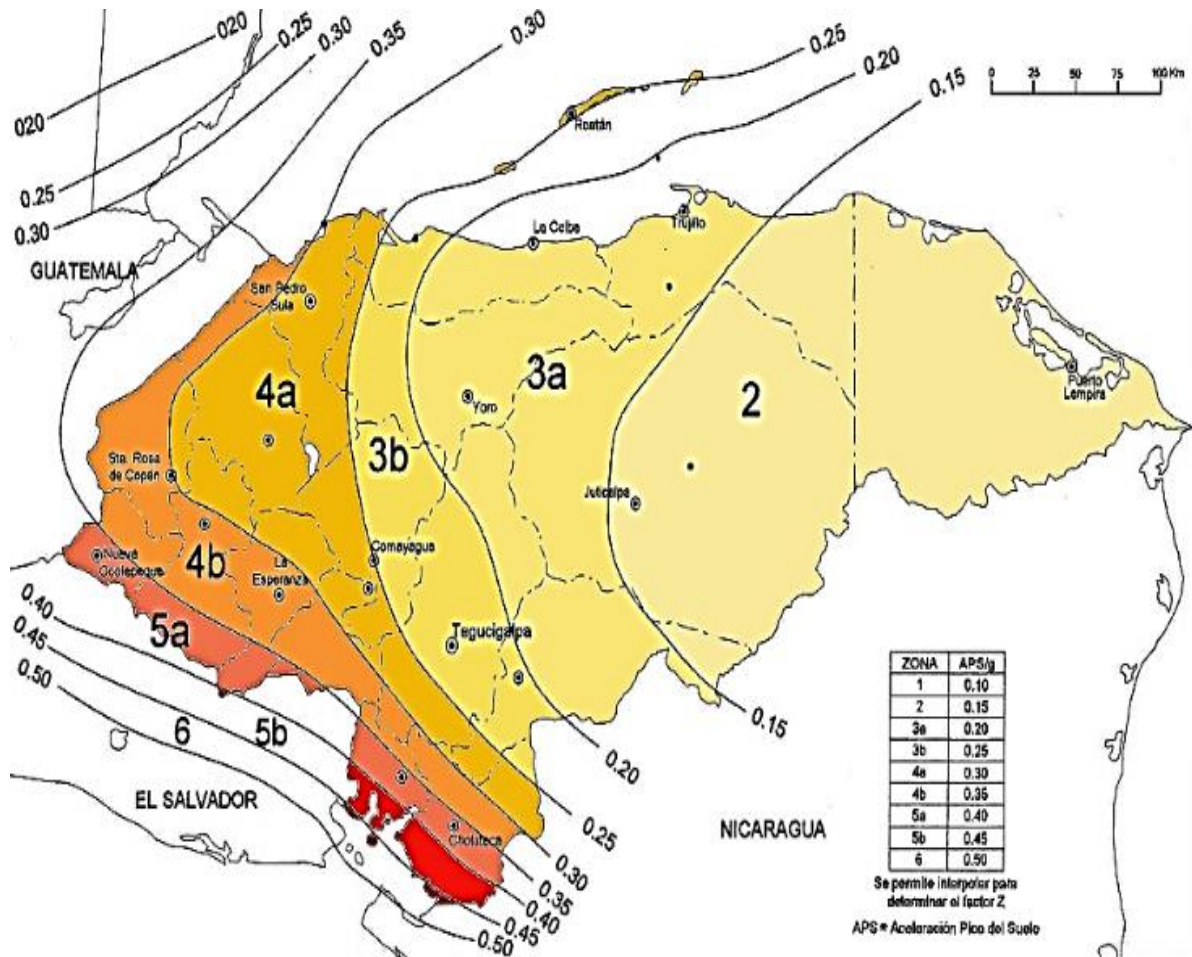


Figura 22. Mapa Zona Sísmica Honduras

Fuente: (Comisión Técnica CICH, 2015)

4.5.3.2 Configuración estructural de la Construcción (proyecto) existente

Distribución de los elementos verticales de soporte en una estructura, que permite elegir un sistema apropiado para el envigado, asimismo la distribución interna de espacios y funciones.

Los elementos estructurales son de concreto reforzado longitudinal y transversalmente, se ha clasificado dependiendo de su sistema estructural:

Tabla 7. Clasificación de sistema estructural según sus elementos.

Sistema básico estructural ^a	Descripción del sistema resistente a fuerzas laterales
1 Sistema con muros de carga	1 Paredes livianas con marco y paneles de cortante a) Paneles de paredes de madera para estructuras de 3 pisos o menos b) Todas las otras paredes livianas 2 Muros cortante a) Concreto b) Mampostería 3 Muros de carga livianos de acero con riostras solo en tensión 4 Marcos arriostrados donde las riostras soportan cargas gravitacionales a) Acero b) Concreto ^d c) Madera pesada
2 Sistema de marco de edificio	1 Marco arriostrado excéntrico de acero (MAE) 2 Paredes livianas con marco y paneles de cortante a) Paneles de paredes de madera para estructuras de 3 pisos o menos b) Todas las otras paredes livianas 3 Muros cortante a) Concreto b) Mampostería 4 Marcos arriostrados comunes a) Acero b) Concreto ^d c) Madera pesada 5 Marcos arriostrados concéntricos especiales de acero
3 Sistema de marco rígido	1 Marcos rígidos especiales (MRE) a) Acero b) Concreto 2 Marco-muro rígido de mampostería 3 Marcos semirígidos de concreto (MSR) ^e 4 Marcos rígidos comunes (MRC) a) Acero b) Concreto ^f
4 Sistemas dobles	1 Muros cortante a) Concreto con MRE b) Concreto con MRC de acero c) Concreto con MSR de concreto ^g d) Mampostería con MRE e) Mampostería con MRC de acero f) Mampostería con MSR de concreto ^d 2 Marco arriostrado excéntrico de acero (MAE) a) con MRE de acero b) con MRC de acero 3 Marcos arriostrados comunes a) Acero con MRE de acero b) Acero con MRC de acero c) Concreto con MRE de concreto ^d d) Concreto con MSR de concreto ^d 4 Marcos arriostrados concéntricos especiales a) Acero con MRE de acero b) Acero con MRC de acero
5 No definido	Ver Secciones 1.3.4.8.3 y 1.3.4.9.2

^a Los sistemas básicos estructurales están definidos en la Sección 1.3.4.6.

^b Ver la Sección 1.3.5.3 para la combinación de sistemas estructurales.

^c Altura límite en metros (S.L. = sin límite) aplicable a las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6. Ver la Sección 1.3.4.7.

^d Prohibido en las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6.

^e Prohibido en las Zonas Sísmicas 4, 5 y 6, excepto como se permite en la Sección 1.3.9.2.

Fuente: (Comisión Técnica CICH, 2015)

Sistema de marco de edificio es esencialmente un marco espacial completo que proporciona soporte a cargas gravitacionales. Ver 1.3.4.6.3.

Sistema de muros de carga es un sistema estructural sin un marco espacial resistente a cargas verticales completo. Ver 1.3.4.6.2.

Sistema doble es una combinación de marcos rígidos y muros de cortante o marcos arriostrados, diseñados de acuerdo con los criterios de 1.3.4.6.5.

Sistema horizontal arriostrado es un sistema de armadura horizontal que sirve la misma función de un diafragma.

Sistema resistente a cargas laterales es la parte del sistema estructural asignado para resistir fuerzas laterales. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

Marco arriostrado es esencialmente un sistema de armadura vertical del tipo concéntrico o excéntrico que se proporciona para resistir fuerzas laterales.

Marco arriostrado común (MAC) es un marco arriostrado de concreto diseñado de acuerdo con la sección 21 de las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto de este código.

Marco arriostrado concéntrico es un marco arriostrado en el que los miembros están sometidos principalmente a fuerzas axiales.

Marco arriostrado excéntrico (MAE) es un marco arriostrado en el que los miembros están sometidos a fuerzas axiales, flexión y cortante.

Marco espacial es un sistema estructural tridimensional, sin muros de carga, compuesto de miembros interconectados de manera que todo el sistema funciona como una unidad completa resistente a cargas laterales, con o sin la ayuda de diafragmas horizontales o sistemas de piso arriostrados. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

Marco rígido es un marco en el que los miembros y juntas son capaces de resistir fuerzas principalmente por flexión.

Marco rígido común (MRC) es un marco resistente a momento que no cumple con los requisitos especiales de diseño para un comportamiento dúctil.

Marco rígido especial (MRE) es un marco resistente a momento detallado especialmente para proporcionar un comportamiento dúctil y que cumple con los requisitos de la Sección 21 de las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto de este código.

Marco semirrígido (MSR) es un marco de concreto diseñado de acuerdo con los requisitos de la sección 21.8 de las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto de este código.

Marco soportante de cargas verticales es un marco espacial diseñado para soportar todas las cargas verticales gravitacionales.

Marco-muro rígido (MMR) es un muro de mampostería enmarcado y detallado especialmente para que tenga un comportamiento dúctil.

Muro cortante es un muro diseñado para resistir fuerzas laterales paralelas al plano del muro, también se conocen como diafragmas verticales. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

4.5.3.3 Inspección y evaluación rápida simplificada de la estructura existente

Inmediatamente después que se presenta un desastre o emergencia, la recolección de datos sobre los daños y la evaluación de las necesidades deben formar parte de la atención integral que desarrollará el Grupo de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres con el apoyo de la Plataforma de COPECO hacia la población damnificada y afectada.

4.5.3.4 Recopilación de datos sobre la estructura de estudio

La recolección de datos se realizará tomando en cuenta aspectos como accesibilidad, topografía del terreno, clima, entre otros, para lo cual se podrá efectuar las siguientes acciones:

- ✓ Vuelos de reconocimiento de baja altura

Es el método más ágil para un cubrimiento rápido de las zonas afectadas, permite determinar la extensión geográfica, el grado relativo y las modalidades de daño y dar algunas pautas para las acciones de respuesta. Sirve, además, para identificar vías probables de acceso por tierra para suministro de ayuda humanitaria.

✓ Evaluación de campo

Se realiza cuando existe accesibilidad a la zona y no pone en riesgo la vida de los evaluadores, puede realizarse mediante el desplazamiento de un evaluador o grupos de evaluadores que cubran las zonas afectadas por la emergencia o desastre.

Cuando la situación lo amerite, puede complementarse con entrevistas locales, que contribuyen a identificar las zonas en donde deben concentrarse las acciones de búsqueda y rescate de heridos y los esfuerzos de evaluación y asistencia humanitaria.

4.5.3.5 Diagnóstico inicial de patologías existentes en la estructura

Este ítem consta de una parte inicial para la identificación del tipo de daño en los elementos estructurales, los cuales pueden ser:

- ✚ Desplome: esta afectación se refiere a cualquier muro de la vivienda que se encuentre fuera de su eje vertical original.
- ✚ Grietas: se refiere al apareamiento de fisuras o agrietamientos en cualquier muro o elementos estructurales que conforman la vivienda.
- ✚ Hundimiento o grietas en piso: debe tenerse claro que esta sección se refiere al área que ocupa el vivienda, puesto que las condiciones del sitio se analizan en otro apartado de la boleta.

El porcentaje de daño global se refiere, al rango de clasificación de los daños, donde el leve representa de 0% a 30% de la afectación en la estructura de la vivienda; el moderado representa del 31% al 60% de la afectación, y el severo representa del 61% al 100% de la afectación.

El evaluador deberá asignar, a su criterio, un porcentaje dentro del rango establecido para cada tipo, que refleje la gravedad de los daños; es decir, esta sección deberá estar conformada por aspectos numéricos en términos de porcentaje.

En este apartado se establecerá la habitabilidad de la vivienda, según el daño estructural que presente, los cuales pueden ser:

- ✚ Habitable: si la estructura no tiene daño o el daño es leve. Se presentan daños menores en muros o techos que pueden ser reparados y no afectan la estructura de la vivienda.
- ✚ Uso restringido: si existe una parte de la vivienda en condición habitable. Se presenta cuando hay colapso parcial de elementos estructurales (columnas, vigas, muros, techos, entre otros), que con una intervención mayor pueden ser reparados.
- ✚ Inhabitable: Si el daño en la estructura es severo. Se presenta cuando hay colapso total de elementos estructurales que afectan la estructura general de la vivienda. Un ejemplo es la destrucción total del techo o varios muros colapsados.

Para la buena clasificación del tipo de daño, deberá marcarse, solamente una condición, la cual será el tipo de daño predominante. Debe observarse que la destrucción de módulos independientes, que son complementarios a la vivienda, como cocinas, bodegas o sanitarios, no son motivo para dictaminar un inmueble como inhabitable.

✓ Condiciones de seguridad

La importancia de este ítem, radica en la información para determinar si es necesario reubicar la vivienda, o por otro lado, si se necesitan medidas de seguridad a corto plazo con el fin de minimizar riesgos para los habitantes del inmueble.

Evaluación estructural

Lo primero que se hace es identificar el sistema estructural de la edificación y según se muestra en la tabla 2, es primordial hacer la inspección correctamente, para lo cual es necesario revisar escaleras, cuartos de máquinas, sótanos, cubiertas, etc., así como remover los acabados arquitectónicos que sean necesarios para localizar los elementos estructurales.

Tabla 8. Elementos estructurales a evaluar

SISTEMA ESTRUCTURAL	ELEMENTOS ESTRUCTURALES
Pórtico en concreto reforzado	Vigas, Columnas, Nudos y entrepisos
Pórtico con muros estructurales en concreto reforzado	Vigas, Columnas, Nudos, muros y entrepisos
Estructuras metálicas	Vigas, Columnas, conexiones y entrepisos
Estructuras de madera	Vigas, Columnas, conexiones y entrepisos
Mampostería	Muros portantes (con columnetas y vigas de confinamiento en el caso de ser confinada) y entrepiso.
Tapia, adobe y bahareque	muros portantes y entrepiso

Fuente: (AIS, 2009)

La tabla muestra los elementos estructurales a inspeccionar dependiendo del sistema. Es importante resaltar que para edificaciones de dos o más pisos se deben hacer la evaluación de daño solamente en el piso de mayor daño. Para hacer la clasificación del daño se hace uso de porcentajes, los cuales se determinan mediante la relación de área o longitud de elementos afectados respecto al área o longitud total de elementos de este tipo en el piso evaluado

Tabla 9. Índices de Daño

Caracterización del daño	Rango del daño [%]	Índice de daño	Descripción
1. Ninguno/Muy leve	0	0	Sin daño
2. Leve	0-10	5	Daño menor localizado en algunos elementos que no requiere siempre reparación
3. Moderado	10-30	20	Daño menor localizado en muchos elementos que debe ser reparados
4. Fuerte	30-60	45	Daño extensivo que requiere reparaciones mayores
5. Severo	60-100	80	Daño grave generalizado que puede significar demolición de la estructura
6. Colapso Total	100	100	Destrucción total o colapso

Fuente: (AIS, 2009)

A continuación, se presenta la clasificación de daño que hace la guía dependiendo del sistema estructural, después de un evento sísmico es posible encontrar en los elementos estructurales lo siguiente:

En columnas:

- Grietas diagonales en columnas por corte o torsión.
- Desprendimiento del recubrimiento de las columnas por corte y torsión.
- Aplastamiento del concreto por exceso de esfuerzos de flexo compresión.
- Pandeo de las barras longitudinales por flexo compresión. Severidad de daño

En vigas:

- Grietas diagonales y verticales, rotura de estribos por corte o torsión.
- Rotura del refuerzo longitudinal.
- Aplastamiento del concreto por flexión por cargas alteradas.

En los nudos:

- Grietas diagonales producidas por el corte.
- Fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas.

En losas:

- Grietas por punzonamiento alrededor de las columnas.
- Grietas longitudinales por flexiones excesivas.

Tabla 10. Niveles de Daño en losas y nudos

NIVEL DE DAÑO	OBSERVACIONES
Ninguno/Muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto
Leve	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.00 mm sobre la superficie de concreto
Moderado	Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento
Fuerte	Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo
Severo	Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas

Fuente: (AIS, 2009)

Habitabilidad

Luego de clasificar los daños estructurales según los anteriores criterios, se procede a definir los criterios de habitabilidad según el daño estructural, para lo cual la guía presenta la siguiente tabla:

Tabla 11. Habitabilidad

	HABITABLE [VERDE]	USO RESTRINGIDO [AMARILLO]	NO HABITABLE [NARANJA]	PELIGRO DE COLAPSO [ROJO]
1. Ninguno				
2. Leve	<30%	>30%		
3. Moderado	No hay daños	<30%	30 a 60%	>60%
4. Fuerte	No hay daños	>10%	10 a 30%	>30%
5. Severo	No hay daños	>5%	5 a 15%	>15%
Comentarios	Daños muy leves y muy puntuales o que no evidencia ningún tipo de daño estructural	Los daños estructurales son tan puntuales que no reducen su capacidad global de resistencia ni ponen en peligro la estabilidad	Disminución de la capacidad de resistir cargas verticales u horizontales pero no existe inestabilidad	Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales en tal proporción que existe inestabilidad potencial

Condiciones Preexistentes

Los aspectos a revisar son los siguientes:

- Calidad de los materiales de construcción
- Irregularidades presentes en la edificación
- Configuración estructural

Inicialmente se habla de la calidad de los materiales de construcción la cual se clasificará como:

- Buena
- Regular
- Mala

Metodología de Ingeniería aplicadas

Como parte fundamental de las teorías de ingeniería aplicadas se encuentra las especificadas en el código hondureño de la construcción, esto debido a que es el instrumento base legalmente establecido en el ámbito de la construcción de obras de ingeniería en nuestro país. Si bien es cierto en este código no se incluyó un lineamiento como tal establecido para realizar una evaluación estructural en elementos de concreto reforzado, sin embargo, se incluyen temas relevantes como ser la evaluación de resistencia de elementos de concreto reforzado, determinación de dimensiones de los elementos, propiedades de los materiales, realización de pruebas de carga entre otros, a continuación, se describe el procedimiento descrito en el capítulo 2.20 del CHOC 08.

❖ Evaluación analítica y cuantitativa según Código de construcción hondureño

Evaluación De La Resistencia De Estructuras Existentes Según Código de Construcción CHOC-08

2.20.0 Notación

D = cargas muertas o momentos y fuerzas internas relacionadas

$f'c$ = resistencia especificada a la compresión del concreto, Kg/cm²

h = peralte total de un miembro, cm

L = cargas vivas o momentos y fuerzas internas relacionadas

l_t = claro del miembro bajo prueba de carga, cm. (El claro corto para sistemas de losa en dos direcciones). El claro es el menor de (a) distancia entre los centros de los apoyos, y (b) distancia libre entre apoyos más el peralte h del miembro. En la ecuación (2.20-1), el claro para un voladizo deberá tomarse como dos veces la distancia del apoyo al extremo del voladizo.

Δ_{max} = deflexión máxima medida, cm. Ver ecuación (2.20-1).

Δ_{rmax} = deflexión residual medida, cm. Ver ecuaciones (2.20:2) y (2.20-3)

Δ_{fmax} = deflexión máxima medida durante la segunda prueba relativa a la posición de la estructura al comienzo de la segunda prueba, cm. Ver ecuación (2.20-3). (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.1 Evaluación de resistencia. Generalidades

2.20.1.1 Si existe alguna duda de que parte de una estructura o toda la estructura cumple con los requerimientos de seguridad de estas normas, una evaluación de la resistencia deberá llevarse a cabo como lo requiera el Ingeniero o el Supervisor.

2.20.1.2 Si el efecto de la deficiencia en la resistencia está bien razonado, y si es factible la medición de las dimensiones y propiedades de materiales requeridos en un análisis, será suficiente la evaluación analítica de la resistencia basándose en esas mediciones. Los datos requeridos deberán ser determinados de acuerdo con 2.20.2.

2.20.1.3 Si el efecto de la deficiencia en la resistencia no está bien razonado, o si no es factible establecer por medición las dimensiones y propiedades de materiales requeridas, una prueba de carga deberá ser requerida si la estructura va a permanecer en funcionamiento.

2.20.1.4 Si la duda acerca de la seguridad de parte de una estructura o toda la estructura involucra deterioro, y si la respuesta observada durante la prueba de carga satisface el criterio de aceptación, se permitirá que la estructura o parte de la estructura permanezca en funcionamiento por un período especificado de tiempo. Si el Ingeniero lo juzga necesario, deberán realizarse reevaluaciones periódicas. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.2 Determinación de dimensiones y propiedades de materiales requeridas

2.20.2.1 Las dimensiones de los miembros estructurales deberán establecerse en las secciones críticas.

2.20.2.2 La localización y tamaño de las barras de refuerzo, malla soldada de alambre, o tendones, deberá determinarse por medición. Se permitirá determinar la localización y tamaño del refuerzo basándose en planos disponibles, si se hacen revisiones locales que confirmen, la información de estos planos.

2.20.2.3 Si se requiere, la resistencia \sim 1 concreto deberá basarse en los resultados de pruebas de cilindros o en pruebas de núcleos removidos de las partes de la estructura donde se duda de la resistencia. Las resistencias del concreto deberán determinarse como se especifica en 2.5.6.4.

2.20.2.4 Si se requiere, la resistencia del refuerzo o tendones deberá basarse en pruebas de tensión de muestras representativas del material en la estructura en cuestión.

2.20.2.5 Si las dimensiones y propiedades de materiales requeridas son determinados a través de mediciones y pruebas, y sí, se pueden hacer los cálculos de acuerdo con 2.20.1.2, se permitirá incrementar los factores de reducción de resistencia en 2.9.3, pero los factores de reducción de resistencia no deberán ser mayores que:

Flexión, sin carga axial.....	1.00
Tensión axial, y tensión axial con flexión.....	1.00
Compresión axial, y compresión axial con flexión:	
Miembros con refuerzo en espiral conforme a 2.10.9.3.....	0.90
Otro tipo de miembros.....	0.85
Cortante y/o torsión.....	0.90
Compresión en el concreto.....	0.85.

(Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.3 Procedimiento de prueba de carga

2.20.3.1 Arreglo de carga. El número y el arreglo de los claros o paneles a ser cargados, deberá seleccionarse para maximizar la deflexión y los esfuerzos en las regiones críticas de los elementos estructurales para los cuales la resistencia este en duda. Más de un arreglo de cargas de prueba deberá utilizarse, sí de un solo arreglo no se obtienen, simultáneamente, los resultados de los valores máximos de los efectos (tales como deflexión, rotación o esfuerzo) necesarios para demostrar que la estructura es adecuada.

2.20.3.2 Intensidad de carga. La carga total de prueba (incluyendo la carga muerta que existente) no deberá ser menor que $0.85 (1.40 + 1.7L)$. Se permitirá reducir la carga viva L de acuerdo con las disposiciones en el Título de Cargas y Fuerzas de este reglamento.

2.20.3.3 Una prueba de carga no deberá ejecutarse hasta que la parte de la estructura a ser sujeta a la carga, tenga por lo menos 56 días de edad. Si el dueño de la construcción, el contratista, y todas las partes involucradas están de acuerdo, se permitirá realizar la prueba de carga a una edad menor. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.4 Criterio de aplicación de carga

2.20.4.1 El valor inicial de todas las mediciones de las respuestas aplicables (tales como deflexión, rotación, deformación unitaria, corrimiento, ancho de grietas) deberá obtenerse no más de una hora después de la aplicación del primer incremento de carga. Las mediciones deberán hacerse en todos los lugares donde se esperen respuestas máximas. Mediciones adicionales deberán hacerse sí son requeridas.

2.20.4.2 La carga de prueba deberá aplicarse en no menos de cuatro incrementos aproximadamente iguales.

2.20.4.3 La carga uniforme de prueba deberá aplicarse de manera que se asegure una distribución uniforme de la carga transmitida a la estructura o parte de la estructura que está siendo probada. El arqueamiento de la carga aplicada deberá evitarse.

2.20.4.4 Un grupo de mediciones de respuestas deberá hacerse después de la aplicación de cada incremento de carga, y después de que la carga total ha sido aplicada a la estructura por lo menos durante 24 horas.

2.20.4.5 La carga total de prueba deberá removerse inmediatamente después de que todas las mediciones de respuesta definidas en 2.20.4.4 han sido hechas.

2.20.4.6 Un grupo de mediciones de respuestas deberá hacerse 24 horas después de la remoción de la carga de prueba. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.5 Criterio de aceptación

2.20.5.1 La porción de la estructura probada no deberá mostrar ninguna evidencia de falla. Fractura o aplastamiento del concreto en compresión deberá considerarse como una indicación de falla.

2.20.5.2 Las deflexiones máximas medidas deberán satisfacer una de las condiciones siguientes:

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{l_t^2}{20,000h} \quad (2.20-1)$$

Ecuación 6. Deflexiones máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-133

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{\Delta \text{ máx.}}{4} \quad (2.20-2)$$

Ecuación 7. Deflexiones Máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-134

Si las deflexiones medidas máxima y residual no satisfacen las ecuaciones (2.20-1) o (2.20-2), se permitirá repetir la prueba de carga.

La repetición de la prueba deberá efectuarse no antes de 72 horas después de la remoción de la primera carga de prueba. La parte de la estructura probada en la repetición de la prueba, deberá considerarse aceptable si la recuperación de deflexión satisface la condición:

$$\Delta \text{ máx.} \leq \frac{\Delta \text{ máx.}}{5} \quad (2.20-3)$$

Ecuación 8. Deflexiones Máximas

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-134

Donde Δ_{max} es la deflexión máxima medida durante la segunda prueba, relativa a la posición de la estructura al comienzo de la segunda prueba.

2.20.5.3 Los miembros estructurales probados no deberán tener grietas que indican falla inminente por cortante.

2.20.5.4 En las regiones, de los miembros estructurales, sin refuerzo transversal, la aparición de grietas estructurales inclinadas al eje longitudinal y que tengan una proyección horizontal mayor que el peralte del miembro en el punto medio de la grieta, deberán ser evaluadas.

2.20.5.5 En las regiones de anclaje y uniones de traslape, la aparición, a lo largo de los ejes del refuerzo, de una serie de grietas pequeñas inclinadas o grietas horizontales, deberán ser evaluadas. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

2.20.6 Disposiciones para rangos menores de carga

Si la estructura bajo investigación no satisface las condiciones de criterio de 2.20. 1:2. 2.20.5.2, o 2.20.5.3, se permitirá que la estructura sea usada para rangos menores de carga basados en los resultados de la carga de prueba o del análisis, si es aprobado por el Supervisor.

2.20. 7 Seguridad

2.20. 7.1 Las pruebas de carga deberán conducirse manera tal que se proporcione seguridad para vidas humanas y para la estructura, durante la prueba.

2.20.7.2 Ninguna medida de seguridad deberá interferir con los procedimientos de prueba de carga afectar los resultados. (Código Hondureño de Construcción, 2008)

❖ Inspecciones Cualitativas de evaluación para revisión preliminar

Deflexión

La deflexión de cualquier miembro estructural no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 1.1.8-1, basándose en los factores indicados en la Tabla 1.1.8-2. El criterio de deflexión que representa la condición más restringida deberá aplicarse. Los criterios de deflexión para materiales no especificados deberán desarrollarse en una manera consistente con las disposiciones de esta sección. (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8)

Tabla 12. Deflexión permisible máxima para miembros estructurales

TIPO DE MIEMBRO	Miembro cargado solamente con carga viva (LL)	Miembro cargado solamente con carga viva más carga muerta (LL+KxDL)
Miembro de techo que soporta repello o miembro de piso	L/360	L/240

Nota: a- se deberá proporcionar suficiente pendiente o contraflecha en los techos planos de acuerdo a la sección 1.1.5.5

K será un factor de la tabla 1.1.8-2

L Longitud del miembro en las misma unidades que am deflexión

Fuente: Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8

Tabla 13. Valor de “K”

MADERA		CONCRETO REFORZADO	ACERO
Húmeda	Seca		
1	0.5	$T/1+50r'$	0

a- La madera seca es la que tiene un contenido de humedad menor que 16% en el momento de la instalación y utilizada en las condiciones secas como en el uso de estructuras cubiertas

b- ver también la sección 9 en estructuras de concreto normas técnicas complementarias de este código.

El factor T de tiempo depende de cada carga sostenida puede tomarse igual a :

cinco años o más... 2.0

12 meses.....1.4

6 meses.....1.2

3 meses o menos.... 1.0

Fuente: Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 1-8

Control de deflexiones

“Los miembros de concreto reforzados sujetos a flexión deberán diseñarse para que tengan una rigidez adecuada para limitar las deflexiones o cualquier deformación que afecte adversamente la resistencia o funcionamiento de la estructura” (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 2-44).

Agrietamiento

Las grietas se presentan en las estructuras de concreto reforzado debido a la baja resistencia a la tensión del concreto. En los miembros con bajos esfuerzos en el acero bajo cargas de servicio, las grietas pueden ser muy pequeñas y de hecho no serán visibles excepto mediante una cuidadosa inspección.

Tales grietas, llamadas micro grietas, se inician generalmente por los esfuerzos de flexión. Cuando los esfuerzos en el acero son altos bajo carga de servicio, en particular cuando se usan aceros de alta resistencia, se formarán grietas visibles. Estas grietas deben limitarse a ciertos tamaños máximos, de modo que no se dañe la apariencia de la estructura y que no se haga presente la corrosión en las varillas de refuerzo.

Con el uso de varillas de alta resistencia y el método de diseño por resistencia, el control de las grietas se ha convertido en un aspecto muy importante del diseño. Como los esfuerzos de fluencia de las varillas de refuerzo en uso general se han incrementado de 40 klb/plg² a 60 klb/plg² y aun a valores mayores, es bastante natural que los proyectistas especifiquen aproximadamente el mismo tamaño de las varillas a las que están acostumbrados, sólo que en menor número. (McCormac, 2011)

El resultado ha sido un agrietamiento más severo de los miembros. Aunque las grietas no pueden eliminarse, se pueden limitar a tamaños aceptables mediante la distribución del refuerzo. En otras palabras, se tendrán grietas más pequeñas si se usan varias varillas pequeñas con espaciamientos moderados en vez de unas cuantas varillas grandes con grandes separaciones.

Tal manera de proceder conduce usualmente a resultados satisfactorios en el control de las grietas, aun para varillas de los grados 60 y 75. Una excelente regla empírica relativa al agrietamiento es “no use una separación entre varillas mayor que aproximadamente 9 pulgadas”.

Los anchos máximos de grietas que se consideran aceptables varían de aproximadamente 0.004 a 0.016 plg, dependiendo de la ubicación del miembro en cuestión, del tipo de estructura, de la textura superficial del concreto, de la iluminación y de otros factores. Se pueden requerir valores algo más pequeños en los miembros expuestos a ambientes muy agresivos, tales como productos químicos anticongelantes y rociado de agua salada de mar.

En un reporte sobre agrietamiento⁸ del Comité 224 del ACI, se presentó un conjunto de anchos máximos aproximados permisibles de grietas para miembros de concreto reforzado sometidos a diferentes condiciones de exposición. Estos valores están resumidos en la tabla 6.3. (McCormac, 2011)

Tabla 14. Anchos permisibles de grietas

Miembros sometidos a	Anchos Permisible	
	(plg)	(mm)
Aire seco	0.016	0.41
Aire húmedo, suelo	0.012	0.3
Productos químicos descongelantes	0.007	0,18
Aguas de mar y aspersión de agua de mar	0.006	0.15
Uso en estructura que retiene agua	0.004	0.1

Fuente: (McCormac, 2011)

No se dispone de datos definitivos en lo que se refiere a los tamaños de grietas por encima de las cuales la corrosión en las varillas resulta particularmente grave. De hecho, las pruebas parecen indicar que la calidad del concreto, el espesor del recubrimiento, la cantidad de vibrado del concreto y otras variables pueden ser más importantes que el tamaño de las grietas en lo que se refiere a la corrosión.

Los resultados de las pruebas de laboratorio en las vigas de concreto reforzado para determinar las dimensiones de las grietas son variables.

En las dimensiones influyen mucho la contracción y otros factores temporales. El propósito de los cálculos de control de grietas no es realmente limitar su tamaño a ciertos valores máximos rígidos, sino más bien utilizar los detalles razonables de las varillas, basándose en las experiencias de campo y de laboratorio, para poder controlar las grietas dentro de ciertos límites razonables.

En 1968 se desarrolló la siguiente ecuación con objeto de estimar los anchos máximos de las grietas que se presentan en las caras de tensión de miembros sometidos. (Mc Cormac, 2011, p.167)

$$w = 0.076\beta h f_s \sqrt[3]{dcA}$$

Ecuación 9. Variable para cálculo de tamaño de grieta

Fuente: (McCormac, 2011)

En donde w = ancho estimado de la grieta en milésimas de pulgada.

βh = relación de la distancia al eje neutro desde la fibra extrema a tensión del concreto a la distancia del eje neutro al centroide del acero de tensión (valores por determinar por el método de los esfuerzos de trabajo).

f_s = esfuerzo en el acero, en klb/plg^2 bajo carga de servicio (el proyectista puede usar $0.6f_y$ en estructuras normales).

dc = recubrimiento de la varilla situada más al exterior, medido desde la fibra extrema de tensión al centro de la varilla o alambre más próximos. (Para un racimo de varillas, dc se mide al centro de gravedad del racimo.)

A = área efectiva a tensión del concreto alrededor del refuerzo principal (su centroide es el mismo que el del refuerzo) dividida entre el número de varillas. (McCormac, 2011)

A esta expresión se le llama ecuación de Gergely-Lutz en honor de quienes la desarrollaron. Al aplicarla a vigas, generalmente se obtienen resultados razonables si βh se toma igual a 1.20. Sin embargo, para losas delgadas en una dirección, se obtienen valores más realistas si βh se toma igual a 1.35. El número de varillas de refuerzo presentes en un miembro particular decididamente afecta el valor de A por usarse en la ecuación, así como el ancho calculado de la grieta.

Si se usan varillas cada vez más pequeñas para proporcionar el área necesaria, el valor de A será menor, así como los anchos estimados de las grietas. Si todas las varillas en un grupo particular no son del mismo tamaño, su número (por usarse en la ecuación) debe considerarse igual al área total de acero de refuerzo en el grupo dividida por el área de la varilla de mayor tamaño usada. (McCormac, 2011)

Según el CHOC

Distribución del refuerzo por flexión en vigas y losas en una dirección

Cuando la resistencia a la fluencia f_y para el diseño del refuerzo en tensión excede 2,800 Kg/cm², las secciones transversales de máximo momento positivo y negativo deberán diseñarse de manera que el valor de z dado por:

$$Z = f_s \sqrt[3]{dcA}$$

Ecuación 10. Brazo de momento para cálculo de F_y

Fuente: Código Hondureño de la construcción, 2008, p. 2-53

No exceda 31,300 Kg/cm para concreto expuesto a condiciones interiores y 25,900 Kg/cm para concreto expuesto a condiciones exteriores. El esfuerzo calculado en el acero de refuerzo bajo cargas de servicio f_s (Kg/cm²) deberá determinarse como el momento dividido entre el producto del área de acero y el brazo interno de momento. Opcionalmente, se permitirá tomar f_s como el 60% de la resistencia a la fluencia especificada f_y . (Código Hondureño de la Construcción, 2008, p. 2-53)

4.5.3.5.1 Inspección Preliminar O Diagnósis

El propósito de esta inspección es el de evaluar de manera inicial las condiciones en que se encuentra una edificación, se trata de recorrer el inmueble y mediante una fundamentada observación formarse una idea clara y precisa del estado general, evaluar el tipo de problemas que la afectan con lo cual, se determina si es necesario pasar a una inspección más rigurosa como ser un estudio patológico.

✓ Que Es La Diagnósis Estructural De Un Edificio

La diagnósis estructural es una evaluación del estado y nivel de seguridad de la estructura de un edificio o de una parte del mismo, a partir del estudio de las lesiones existentes y el resultado del re cálculos estructurales realizados.

✓ Que Es Una Patología Estructural

Es el estudio del comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas, buscando detectar sus causas, y proponer acciones correctivas para recobrar el nivel de servicio original o mejorar su comportamiento o su demolición en el caso que sea necesario.

✓ Posibles Causas

Las causas que pueden provocar lesiones en una estructura pueden ser muchas y muy variadas y pueden estar relacionadas con el propio proyecto, con los materiales, con la ejecución y con el uso de la estructura. Sin embargo, el termino patología no necesariamente corresponde a una estructura dañada.

La evaluación rápida o preliminar, tiene como objetivo recopilar datos de manera rápida en tiempo real de los daños ocurridos por fenómenos de origen natural, para adoptar las acciones prioritarias en salvaguarda de la vida y seguridad de la población afectada.

a. Aplicado preferentemente dentro de las primeras dos horas post impacto dependiendo de la ubicación geográfica y la accesibilidad a la zona afectada, por personal calificado con experiencia.

b. La información recogida en campo será remitida a la autoridad local.

c. La aplicación de la Evaluación Rápida dará origen al registro de eventos sísmicos.

d. Los gobiernos regionales y locales deberán tomar en cuenta los formatos e instructivos de la parte anexa al presente documento para su aplicación.

➤ **Formas de Organizar la Evaluación de Daños**

La evaluación de daños debe ser organizada desarrollando un método sistemático que permita proceder rápidamente, con el fin de establecer una información adecuada a las autoridades gubernamentales (nacional, regional, o distrital). Así se podrán tomar decisiones, se ejecutarán medidas de asistencia y se diseñarán técnicas efectivas para una reducción de los efectos, presentes y futuros del evento.

➤ **Recursos para realizar la evaluación**

- Mapa del área o ubicación de la estructura afectada.
- Formularios de Evaluación.
- Papelería, útiles de oficina y elementos de medición.

Pasos a tener en cuenta para la recolección de datos:

➤ Información Previa.

El o los especialistas evaluadores deben conocer toda la información posible antes de llegar al lugar, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Población (estructura, distribución geográfica).
- Condiciones climáticas (temperatura, lluvias).
- Infraestructura de servicios (agua, energía, combustible, vías de comunicación, telecomunicaciones).
- Historia sobre desastres ocurridos en la región.
- Nombres, direcciones y teléfonos de posibles contactos que puedan facilitar información adicional, como ser el año de construcción de la estructura y el uso de la misma, entre otra información relevante.

➤ Instructivos para la Evaluación

Formulario 1: Evaluación Rápida

Instrucción para su llenado.

a) Instrucciones generales:

- Debe ser llenado por un Evaluador de Daños con experiencia y de preferencia un ingeniero civil.
- Escribir con letra clara, preferible en letra imprenta, evitando borrones o enmendaduras.
- Debe ser llenado preferentemente en las primeras horas post impacto, dependiendo de la ubicación geográfica y la accesibilidad a la zona afectada; la información recogida debe ser veraz y objetiva.

- La información se remitirá a la autoridad local y al COPECO.
- La máxima autoridad local conjuntamente con COPECO evalúan la información para la toma de decisiones.

4.5.3.5.2 Inspección Detallada

Cuando la Inspección preliminar lo recomienda en cuanto las condiciones y circunstancias presentes en la edificación exijan una exhaustiva investigación. La Inspección Detallada cubre un conjunto de acciones que deben seguirse de forma secuencial y programada y cubre entre otras, las siguientes labores:

Tabla 15. Pasos de Inspección Detallada

✓ Investigación Documental	✓ Investigación Visual Detallada	✓ Levantamiento Gráfico De Daños	✓ Recuento Fotográfico
Es evidente que el primer paso de la evaluación de una edificación será la recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto o ejecución de la construcción. Se incluye dentro de los documentos, el diseño arquitectónico, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, libro de obra, registros de interventoría, etc. sin descartar los antecedentes que puedan existir inclusive sobre comportamiento de las edificaciones aledañas.	El propósito de realizar un detallado inventario de los daños mediante un levantamiento, es el determinar el grado de compromiso de la estructura por tales efectos además de permitir la cuantificación de la rehabilitación.	Para realizar el levantamiento de daños y de acuerdo con la magnitud e importancia de ellos, se pueden elaborar, ojalá previamente, algunos esquemas axiométricos y otros desarrollados del elemento que se desea reproducir con el fin de soportar el diagnóstico del patrón de daño. Los dibujos deben realizarse a la escala apropiada.	Se debe realizar un recuento fotográfico detallado y concordante con el levantamiento de daños mediante fotografías que sustenten cada patología con una breve descripción de ella señalando como referencia el lugar que le corresponde dentro del área en consideración.

✓ Diagnóstico De Patologías informe De La Inspección

A partir de las diferentes observaciones que se ejecuten, del levantamiento de daños que se realice, de los resultados de los ensayos y mediciones, se formulará el diagnóstico de las patologías y daños detectados con la explicación que soporta la mejor comprensión del fenómeno de daño con lo cual se realizará un Informe de las Patologías encontradas.

En cada caso, se clasificarán y se calificaran los daños con el fin de tipificarlos tanto del daño en sí como de los posteriores procedimientos de obra para lo cual, basados en los esquemas del levantamiento de daños se procederá a formular las técnicas de reparación.

Se debe realizar una inspección detallada de los elementos estructurales a analizar mediante metodologías de diseño según el código hondureño de la construcción CHOC 08 o el vigente al momento de la evaluación.

CRITERIOS PARA EVALUAR EL DAÑO FÍSICO

Existen dos formas de estimar, de manera aproximada, el tipo de daño que puede generar el sismo:

✚ Evidencia física. Ésta puede ser obtenida de puentes que fueron dañados ante sismos reales, o bien de resultados experimentales donde se reproduce en el laboratorio el prototipo de una columna de puente sometido a fuerzas laterales que simulan la acción del sismo.

✚ Modelos analíticos. Con éstos se busca estimar la respuesta dinámica de sistemas estructurales y relacionarla con ciertos niveles de daño.

ACTIVIDADES DE LA EVALUACIÓN POSTSISMICA DEL DAÑO

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE DAÑOS POR ZONAS

La evaluación preliminar de daños en una zona sirve para determinar la extensión geográfica de la zona afectada, definir el grado relativo de daño y el tipo de infraestructura involucrada.

División de la ciudad en zonas y centros de recogida de información

Para tener una mejor y rápida gestión de las evaluaciones, la ciudad debe dividirse en zonas, estas pueden coincidir con los distritos o las zonas censales. Es necesario crear un centro de recogida de información principal donde se pueda llevar toda la información de la evaluación general.

Pasos a seguir en la evaluación de la zona:

Se propone la siguiente secuencia a la hora de realizar la inspección:

- Examinar el área para determinar la posible presencia de daños o cualquier anomalía en la zona.
- Determinar qué tipo de infraestructura está afectada, especificando si es posible que siga funcionando o no. No se debe entrar en edificios evidentemente inseguros.
- Evaluar las estructuras e infraestructura que en el momento de la evaluación no han sufrido daño pero que se encuentran en peligro de ser afectadas.
- Completar un formulario de evaluación preliminar de daños en la zona

Hacer las recomendaciones que se consideren pertinentes como medidas de prevención para los ocupantes del sector, informando que posteriormente vendrán comisiones especializadas.

Como método alternativo se podrá indicar mediante direcciones en qué calle, plaza o avenidas se encuentra el sector evaluado. Si se encuentra en el sector rural, se debe detallar mucho más su ubicación geográfica, con referencias fáciles de localizar tales como la distancia en metros o en kilómetros desde un determinado lugar hasta el sitio afectado, así mismo el tiempo (en coche o a pie) desde el mismo lugar hasta el sitio afectado.

En caso de tener cartografía o los instrumentos necesarios, se debe complementar la información con datos tales como los mapas topográficos, geológicos o fotografías aéreas u otro tipo de referencia, con el fin de facilitar la localización del sitio para futuras acciones en el lugar.

- Daños en edificios

Se deben verificar las condiciones (sin daño, daño parcial o destruido) de las viviendas y edificios públicos como hospitales o centros de salud, escuelas y colegios, otros como el ayuntamiento y sitios de afluencia masiva, especificando el número de construcciones afectadas. Así mismo se debe comprobar su grado de funcionalidad (si pueden funcionar o no).

- Infraestructura afectada

En esta sección se verifican las condiciones (sin daño, con daño parcial y destruido) y el estado de funcionamiento (funciona, no funciona y deficiente) de las líneas vitales en el área de influencia del sismo, tales como líneas de abastecimiento de agua, alcantarillados, energía eléctrica, telecomunicaciones, redes de gas, vías y puentes.

En el caso del sistema de abastecimiento de agua se deben evaluar los siguientes componentes: presa o pozo, toma de aguas, tuberías de conducción, sistema de almacenamiento, calidad. Para el sistema de alcantarillado se deben revisar las acometidas domiciliarias de aguas negras, conducción de aguas pluviales y descarga final.

En el caso de las redes de gas se debe examinar la estación de entrada en la ciudad, la red de distribución secundaria (línea principal y anillos de distribución) y las instalaciones domiciliarias internas. En vías, se deben inspeccionar las de acceso al sitio y las vías férreas. Lo mismo en el caso de puentes. Además, se debe especificar la longitud de las líneas vitales de infraestructura afectadas, aclarando a qué tipo de sistema corresponde.

- Comisión y fecha de inspección

Es necesario que los inspectores pongan claramente sus nombres, profesión, entidad a la que pertenecen, su teléfono (fijo y móvil). Todos estos datos permiten saber quien realizó la evaluación y poder hacer contacto con los miembros de la comisión para cualquier aclaración o duda que se presente. Es recomendable llevar un registro de todas las personas que participan en las evaluaciones con sus direcciones, teléfonos, matrículas profesionales o cédulas en caso de que sea necesario contactarlos por la responsabilidad que requiere este proceso. La fecha de la evaluación se debe especificar, ya que las condiciones en los sitios pueden variar en caso de que ocurra un nuevo sismo.

Los siguientes pasos deben considerarse en el procedimiento de recogida de datos después de un terremoto:

- Movilización de los recolectores, supervisores y coordinadores.
- Establecimiento de los centros de operaciones y recogida de información que, a su vez, servirán de sitios de contacto con el público.
- Análisis detallado y organización del plan de inspección, definiendo el número de comisiones de acuerdo con la organización establecida y la distribución de los daños.

Cada comisión debe identificarse con un código y con los nombres de los coordinadores o supervisores locales.

- Equipos de comunicación.
- Distribución del formato único de evaluación de daños en edificios, de los formatos de habitabilidad y material de apoyo preparados para la recogida de datos en cada zona.
- Desarrollo de la inspección de daños, edificio por edificio, paralelamente en cada sector de la ciudad, clasificación de la habitabilidad y colocación de los avisos respectivos.
- Sistematización de la información recogida en el campo en bases de datos digitales.
- Preparación de informes diarios, informes semanales y del informe final por cada comisión de inspección.
- Envío de los informes a las autoridades locales responsables de la ejecución de las medidas de seguridad recomendadas o de la realización de visitas.
- Archivo de una copia completa del procesamiento de la información de cada comisión y envío de copias a las autoridades para el desarrollo de la evaluación económica de las pérdidas y reducción del riesgo.
- Atención a la comunidad y a los medios de comunicación.
- Alimentación del personal y alojamiento de los voluntarios provenientes de otras ciudades, en caso que sea necesario, para lo cual se deben establecer convenios con restaurantes y hoteles.

Resulta muy difícil preparar mapas, formularios y una correcta organización de la movilización de las comisiones bajo condiciones extremas posteriores al sismo. El éxito del

procedimiento de recogida de datos depende significativamente del nivel de preparación y entrenamiento desarrollado antes del sismo. Para salir a campo se necesita contar con los siguientes elementos:

- Mapas a escala 1:10.000 o 1:5.000 de la zona con la definición de cada sector de inspección y su respectivo número de identificación.
- Mapas a escala 1:2.000 o 1:1.000 para cada sector apropiadamente codificados y con los nombres de las calles.
- Copias suficientes del formulario de inspección de edificios después de un sismo.
- Avisos de habitabilidad, los cuales se deberán colocar a la entrada de los edificios de acuerdo con la clasificación. Se deberá contar con pinturas, grapas, cinta o brocha para pintar o fijar los avisos de acuerdo al material en que estén diseñados.
- Copias de esta guía técnica para la evaluación después de un sismo.
- Cinta con la inscripción PELIGRO para restringir el acceso a áreas inseguras.
- Libreta de notas, lápiz o bolígrafo.
- Nombres y números telefónicos de los coordinadores de evaluación y de las entidades del sistema de prevención y atención de desastres.

Artículos personales:

- Identificación personal o Identificación oficial o Casco de seguridad
- Botas
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica

- Nivel, destornillador o cincel ligero
- Radio o teléfono móvil o Calculadora (opcional) o Binoculares (opcional) o Linterna y baterías extra

Todo el material mencionado debe prepararse para cada comisión, en archivos en lo posible separados y localizados, de tal manera que sea fácil su manipulación en las condiciones de campo después de un sismo desastroso. Este material debe mantenerse en manos de quienes llevan a cabo los entrenamientos y el desarrollo de la evaluación.

Funciones del personal

Las responsabilidades del personal que participará en la inspección de edificios deberán ser claramente establecidas. A continuación, se describen las funciones del coordinador general para la evaluación de daños, de los coordinadores de evaluación de daños en edificios en las zonas, y el personal de campo. Estas funciones deberán ser analizadas y complementadas en el futuro, teniendo en cuenta las fases de la atención de la emergencia: preparación y respuesta después del sismo (investigación de campo y procedimientos posteriores a la evaluación de campo).

Coordinador general para la evaluación de daños en edificios

Se deberá nombrar un coordinador general para la evaluación de daños en edificios en la ciudad, quien deberá adelantar programas y proyectos de cooperación con entidades de cualquier orden para este fin. Sus funciones, teniendo en cuenta la fase de preparación antes del sismo y la respuesta después del sismo, pueden ser las siguientes:

- Planificar y realizar las reuniones de concertación necesarias para coordinar todos los aspectos relacionados con la inspección de edificios.

- Hacer un seguimiento continuo del proceso, con el fin de asegurarse que todas las actividades se están llevando a cabo de acuerdo con las condiciones establecidas para aplicar a los recursos y asegurarse que las propuestas para renovar la financiación son enviadas a tiempo y de la manera adecuada.

- Preparar formularios y otros documentos necesarios para el soporte continuo del “Programa de inspección de daños en edificios”.

- Realizar informes sobre el avance de las actividades a un comité local.

- Revisar los procedimientos y guías para que estos permanezcan actualizados, así como el listado del personal y los recursos necesarios para esta actividad.

- Asegurarse que las copias de los formularios sean entregadas a los coordinadores de las zonas y otros miembros de los equipos de inspección.

- Revisar los requerimientos y los procedimientos con el personal de la administración de la ciudad por lo menos una vez al año.

Respuesta

- Revisar los procedimientos de movilización con el personal de la administración de la ciudad y los coordinadores de la evaluación de edificios de las zonas.

- Si es necesario, coordinar con otras entidades y personal voluntario, registrado previamente.

- Contactar periódicamente a los coordinadores de evaluación de edificios de las zonas para determinar sus requerimientos y mantenerlos informados de todas las actividades estratégicas.

- Proveer a los coordinadores de las zonas los informes oficiales, las instrucciones necesarias, los mapas, materiales y elementos necesarios.

- Llevar a cabo un control y seguimiento de los avances diarios de los coordinadores de las zonas con el fin de mantener una lectura general del proceso que le permita determinar alertas, apoyar debilidades, facilitar procesos, potenciar participaciones y tomar decisiones con el fin de cumplir con los objetivos de las inspecciones de daños.

- Realizar un informe integrado sobre la situación.

- Informar a las autoridades pertinentes las acciones necesarias a ejecutar.

- Preparar informes diarios que serán utilizados para informar a las agencias de noticias y al comité local.

- Asistir a las reuniones del comité local para informar sobre las conclusiones de las evaluaciones y las necesidades existentes para la aplicación de las recomendaciones y medidas de seguridad.

Coordinadores de evaluación de daños en edificios en las zonas Preparación

- Preparar formatos y otros documentos necesarios para la inspección de daños en edificios.

- Revisar anualmente los procedimientos de notificación y los datos para contacto de los inspectores asignados a su jurisdicción.

- Coordinar el entrenamiento de los evaluadores con universidades, asociaciones gremiales y otras entidades.

- Mantener actualizado el registro de personas voluntarias y de la administración que participarán en el proceso dentro de su zona.
- Asegurarse que las copias de los formularios y otros elementos necesarios estén disponibles en la zona o sean entregadas a los supervisores y otros miembros de los equipos de inspección previamente.

Respuesta

Actividades para la evaluación de campo:

- Empezar y mantener un registro diario de las actividades principales realizadas con su fecha y hora.
- Recolectar información inicial sobre el sismo y su impacto para saber si es necesario proceder a realizar una movilización y que nivel de inspección se debe llevar a cabo. Se deben contactar fuentes oficiales, revisar los medios de comunicación, personal localizado en la zona, etc.
- Contactar las organizaciones y personal que debe participar potencialmente en la inspección para evaluar la situación y saber sus intenciones de responder a la situación.
- De acuerdo con el coordinador general de evaluación de daños en edificios, recomendar el nivel y procedimientos apropiados para la investigación inicial.
- Solicitar al Gobierno Local o Autonómico el personal, equipo y otros elementos necesarios para iniciar la inspección a través del coordinador general de evaluación de daños en edificios.

- Proporcionar a los supervisores y líderes de comisión la información especial necesaria, los requerimientos, las restricciones y los teléfonos locales para contacto.
- Proporcionar a los supervisores las listas de los edificios y tópicos iniciales a ser evaluados
- Monitorear constantemente los resultados de las inspecciones de campo y planear los esfuerzos necesarios
- Coordinar con la administración de la ciudad los requerimientos logísticos.
- Informar a las autoridades locales y al coordinador de la ciudad de evaluación de daños en edificios sobre aspectos de relevancia.
- Mantener contacto con representantes de otras entidades con información sobre las actividades de los grupos de evaluación.
- Entregar los paquetes de formularios a los supervisores de cada zona y recibirlos una vez hayan sido diligenciados, revisados y clasificados por los diferentes supervisores en su área.
- Programar las inspecciones especializadas.
- Obtener el material de apoyo y equipo para las comisiones, arreglar todo lo pertinente al transporte, alimentación y acomodamiento del personal.

Actividades después de las evaluaciones de campo:

- Asegurar que la información recogida diariamente sea digitalizada dentro de las 24 horas siguientes y verificar que se realice la homologación al nivel de inmuebles con la cartografía

- Asegurar que se produzcan los informes consolidados con el fin de realizar un informe integrado de la zona y poder informar a las autoridades pertinentes las acciones necesarias a ejecutar en su zona como la protección de calles, la remoción de escombros o peligros locales, el rescate de víctimas, la evacuación de edificios, etc.

- Asignar el personal técnico necesario para verificar la consistencia y calidad de la información tanto de campo como de la digitación y llevar a cabo los correctivos del caso.

- Responder a los ciudadanos a cerca de los requerimientos de inspección y preparar informes que serán utilizados por las autoridades pertinentes para informar a las agencias de noticias.

- Contactar con las autoridades competentes para informales sobre las conclusiones de las evaluaciones y las necesidades existentes para la aplicación de las recomendaciones y medidas de seguridad

- Personal de campo

Supervisores

- Distribuir el personal asignado a la zona y repartir el material correspondiente.
- Preparar las rutas de trabajo.
- Verificar y asesorar para que los formularios sean rellenos correcta y completamente.

- Es el responsable de la labor y seguridad de las comisiones.

- Preparar los informes diarios y semanales, así como el informe final de los edificios inspeccionados y entregar estos informes al coordinador de la zona.

Evaluadores

- Son los responsables de la recogida e inspección de los edificios y sus daños, de completar los formularios y señalar el edificio con su respectivo color o aviso de clasificación de uso.
- Los evaluadores se pueden organizar en comisiones de dos o tres personas, en lo posible lideradas por un ingeniero estructural o por el profesional de más amplia experiencia en la construcción, quien deberá garantizar que los formularios son rellenados por completo y tomar la decisión final sobre la clasificación del edificio y con la presencia de un evaluador que conozca la zona que se evalúa.

Decisiones sobre los edificios con peligro de colapso

En el caso de edificios con daños severos que implican un riesgo inminente, determinar que se va a hacer con ellos puede ser bastante complicado. La demolición puede ser una opción, pero no es usualmente la opción preferida. Si el edificio tiene una importancia histórica o cultural la demolición no debe ser la alternativa.

La administración debe definir los tiempos en los cuales los pasos para mitigar el riesgo generado por un edificio seriamente afectado deben llevarse a cabo. En primera instancia se debe notificar a los propietarios la necesidad de realizar un procedimiento para la mitigación del riesgo, como el apuntalamiento o reforzamiento de emergencia del edificio, el estudio detallado de la vulnerabilidad del edificio y el estudio de factibilidad técnico- económica para su rehabilitación.

Se debe definir el número máximo de días para declarar un edificio como de riesgo inminente, ya que representa un peligro para la vida y la seguridad de las personas, y por lo tanto demolerlo o proveerle el anclaje o apuntalamiento necesario.

Lo más común es que sean de tres a cinco días, máximo diez. Después de diez días, se hace muy complicado justificar que la estructura posee un riesgo inminente. El edificio puede representar un riesgo para la salud y la vida, pero obviamente este riesgo no es inminente. Si el riesgo no es inminente, la administración local debe llevar a cabo los procedimientos normales y la posibilidad de que los propietarios lleven a cabo un proceso normal de toma de decisiones.

4.5.3.6 Informe de evaluación

En el informe de evaluación de daños post sismo se deben incluir los resultados obtenidos mediante la evaluación preliminar, el detalle de cálculo de las metodologías propuestas en este manual y los formatos de información debidamente llenados y firmados por las autoridades municipales.

4.5.3.7 Formatos para la inspección y evaluación estructural

	FORMULARIO N.1 EVALUACIÓN RÁPIDA	N°	
---	---	----	--

I. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de fenómeno	
Fecha de emergencia	
País	
Departamento	
Ciudad	
Aldea/Caserío	
Referencia de la localidad	

Fecha de Evaluación	
Hora de Evaluación	

VIDA Y SALUD	TOTAL
Lesionados(heridos)	
Personas atrapadas(soterradas)	
personas aisladas	
Personas desaparecidas	
Fallecidos	
Damnificados	

II. DAÑOS

SERVICIOS BASICOS AFECTADOS	TOTAL
Agua Potable	
Sistema de alcantarillado sanitario (Aguas negras)	
Energía eléctrica	
Personas desaparecidas	
Telefonía/ Fibra óptica	

INFRAESTRUCTURA DAÑADA	TOTAL
Viviendas	
Establecimientos de salud	
Carreteras de acceso vecinales	
Carreteras de acceso regionales	
Carreteras de acceso Nacionales	
Puentes	
Establecimientos de educación	
Centros comerciales	
Edificios gubernamentales (incluyendo centros de reclusiones penales, cárceles, juzgados etc.)	

Nombre completo y firma del evaluador:

Teléfono y correo electrónico de contacto:

Recibido por: nombre completo, firma y sello

Nota: Adjuntar croquis de la zona de desastre, y entregar esta documentación adjunta en el informe final de evaluación estructural, en la entidad correspondiente.

Figura 23. Formulario N°1 para evaluación rápida después de un sismo

I. INFORMACIÓN GENERAL

Tipo de fenómeno	
Fecha de emergencia	
País	
Departamento	
Ciudad	
Aldea/Caserío	
Referencia de la localidad	

Fecha de Evaluación	
Hora de Evaluación	

Nombre completo del dueño del proyecto a evaluar			
N° identificación		N° Teléfono	

II. INFORMACIÓN DEL EVENTO

Nombre del evento sísmico			
Fecha, día y hora del evento			
Magnitud del sismo			
cantidad de Réplicas			



III. INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Cantidad de Niveles		Altura total de la estructura(m)	
Coordenadas de ubicación		Año de construcción de la estructura	
		Área rural	Área Urbana

USO DE LA ESTRUCTURA	
Viviendas	
Establecimientos de salud	
Carreteras de acceso vecinales	
Carreteras de acceso regionales	
Carreteras de acceso Nacionales	
Puentes	
Establecimientos de educación	
Centros comerciales	
(incluyendo centros de reclusiones penales)	

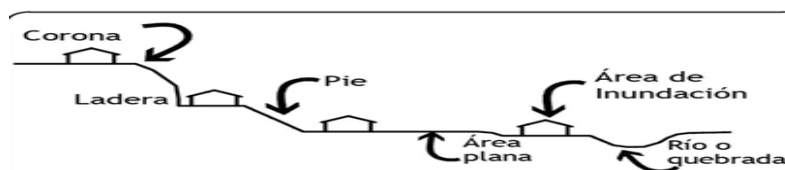
SERVICIOS BASICOS AFECTADOS		TOTAL
Agua Potable		
Sistema de alcantarillado sanitario (Aguas negras)		
Energía eléctrica		
Personas desaparecidas		
Telefonía/ Fibra óptica		

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN USADOS	
Límina en techo	
Losa de concreto reforzado(techo o terrazas)	
Paredes de Bloque	
Paredes de Ladrillo	
Concreto reforzado de 280 Kg/cm2	
Concreto reforzado de 350 Kg/cm3	

IV. CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA EN TERRENO

Asentamiento diferencial o hundimiento	Corrimiento de suelo	Agrietamiento de suelo	Deslizamiento o Movimiento de ladera	Falla o colapso de talud
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

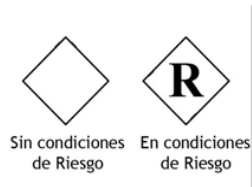
IV. CONDICIONES DEL SITIO



Nota: Encerrar en un círculo la que aplique.

Figura 24. Formato para Inspección preliminar de la estructura

VI. DEFINICIÓN DE RIESGO SEGÚN UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON RESPECTO AL TERRENO



Nota: Encerrar en un círculo la que aplique. Se puede hacer una decisión de riesgo especial de ser necesaria, esta será decisión del especialista estructural.

VII. DESCRICIÓN GENERAL DE DAÑO ESTRUCTURAL SEGÚN INSPECCIÓN VISUAL



Nota: Encerrar en un círculo la que aplique.

VII. DEFINICIÓN DEL TIPO DAÑO ESTRUCTURAL SEGÚN INSPECCION VISUAL

ESTRUCTURA
HABITABLE/UTILIZABLE



ESTRUCTURA DE USO RESTRINGIDO



ESTRUCTURA
INHABITABLE/INUTILIZABLE



Nota: Marcar con una X la que aplique, y colocar las medidas y viñetas de seguridad con esta decisión brindada por el especialista estructural.

Figura 25. Continuación de formato para Inspección preliminar

FORMATO N° 2 EVALUACIÓN DETALLADA PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL						
TERRENO Y CIMENTACIÓN						
Topografía	Tipo suelo	SUELO	Cim. Superficial	Cimentación Profunda		
Planicie <input type="checkbox"/>	Arcilla muy blanda <input type="checkbox"/>	Blando <input type="checkbox"/>	Zapatas aisladas	Pilotes / Pilas <input type="checkbox"/>		
Ladera de cerro <input type="checkbox"/>	Limos o arcillas <input type="checkbox"/>	Transición <input type="checkbox"/>	Zapatas corridas			
Rivera río/lago <input type="checkbox"/>	Granular suelto <input type="checkbox"/>	Firme <input type="checkbox"/>	Cimiento de piedra	Otro	<input type="checkbox"/>	
Fondo de valle <input type="checkbox"/>	Granular compacto <input type="checkbox"/>		Losa			
Depósitos lacustres <input type="checkbox"/>	Roca <input type="checkbox"/>		Cajón			
Costa <input type="checkbox"/>						
Nivel freático: _____ m Pendiente del terreno: _____ % Distancia a río / lago / mar: _____ m						
CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA						
No. de niveles, n = _____						
No. de sótanos: _____						
Dimensiones Generales:						
Año de construcción: _____ Año rehabilitación: _____ X = Frente: _____ m						
Área del terreno: _____ m ² Recarga acuíferos: _____ % Y = Fondo: _____ m						
Área de la planta tipo: _____ m ²						
Altura Planta baja: _____ m						
Altura entrepisos: _____ m						
No. cajones estacionamiento: _____						
No. elevadores: _____						
No. escaleras independientes: _____						
<input type="checkbox"/> Apéndices en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea) <input type="checkbox"/> Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta) <input type="checkbox"/> Piso a media altura (de los entrepisos tipo) <input type="checkbox"/> Escalera externa <input type="checkbox"/> Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)						
Instalaciones						
<input type="checkbox"/> Elevador <input type="checkbox"/> Eléctrica <input type="checkbox"/> Agua potable <input type="checkbox"/> Alcantarillado <input type="checkbox"/> Gas <input type="checkbox"/> Otra: _____						
VULNERABILIDAD						
Posición en manzana: <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado						
Irregularidad en planta		Irregularidad en elevación		Apoyos a diferente nivel (laderas)		
<input type="checkbox"/> Asimétrico (efectos de torsión) <input type="checkbox"/> Aberturas en planta > 20 % (área o longitud) <input type="checkbox"/> Longitud entrantes/salientes > 20 % <input type="checkbox"/> En "L" u otra geometría irregular		<input type="checkbox"/> Planta baja flexible <input type="checkbox"/> Marcos o muros no llegan a la cimentación <input type="checkbox"/> Columnas cortas <input type="checkbox"/> Reducción de la planta en pisos superiores		<input type="checkbox"/> Sistemas de entrepiso inclinados <input type="checkbox"/> Grandes masas en pisos superiores <input type="checkbox"/> Arreglo irregular de ventanas en fachada		
Otras fuentes de vulnerabilidad				Edificio vecino crítico		
<input type="checkbox"/> Conexión excéntrica trabe-columna <input type="checkbox"/> Péndulo invertido/una sola hilera de columnas <input type="checkbox"/> Un elemento resiste más del 35% del sismo <input type="checkbox"/> Columna débil-viga fuerte				No. de pisos: _____ Separación : _____ cm Uso no.: _____ : _____		
				<input type="checkbox"/> Marcos <input type="checkbox"/> Sin daño <input type="checkbox"/> Muros <input type="checkbox"/> Daño medio <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Daño severo <input type="checkbox"/> Pisos a diferente altura		

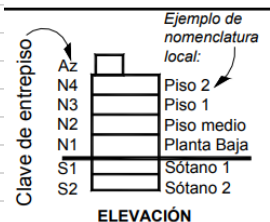
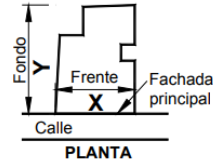


Figura 26. Formato de Evaluación Detallada

SISTEMA ESTRUCTURAL			
Material en muros			
<input type="checkbox"/> Concreto reforzado	<input type="checkbox"/>	Madera	
<input type="checkbox"/> Concreto prefabricado	<input type="checkbox"/>	Piedra	
<input type="checkbox"/> Tabicón de concreto (macizo)	<input type="checkbox"/>	Adobe	
<input type="checkbox"/> Bloque de concreto (20x40 cm)	<input type="checkbox"/>	Bahareque (<i>ramas/todo</i>)	
<input type="checkbox"/> Ladrillo de barro macizo	<input type="checkbox"/>	Material precario (débil: lámina/cartón/desecho)	
<input type="checkbox"/> Tabique de arcilla hueco	<input type="checkbox"/>	Otro:	
<input type="checkbox"/> Paneles con capa de mortero			
Refuerzo en la mampostería			
<input type="checkbox"/> Sin refuerzo	<input type="checkbox"/>	Con refuerzo interior	
<input type="checkbox"/> Mampostería confinada	<input type="checkbox"/>	Otro:	
<input type="checkbox"/> Mampostería mal confinada			
<i>(sin refuerzo en puertas/ventanas)</i>			
SECCIÓN DE ELEMENTOS PREDOMINANTES			
Forma <input type="checkbox"/> Rectangular <input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Tubo circular <input type="checkbox"/> Secc H / I <input type="checkbox"/> Calón <input type="checkbox"/> Secc L <input type="checkbox"/> Armadura		Material <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Acero <input type="checkbox"/> Prefabricado <input type="checkbox"/> Madera	
Sección <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Sección <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Columnas Trabes Principales Trabes Secundarias Diagonales			
Ejemplo: $b \times h$			
SISTEMA DE PISO / TECHO			
Sistema de piso		Losa de concreto	
<input type="checkbox"/> Losa apoyada en trabes	<input type="checkbox"/> Losa plana (<i>sin trabes</i>)	<input type="checkbox"/> Maciza	<input type="checkbox"/> Aligerada (<i>reticular</i>)
<input type="checkbox"/> Vigas y piso de madera	<input type="checkbox"/> Vigas y enladrillado	<input type="checkbox"/> Prefabricada de concreto	<input type="checkbox"/> Vigüeta y bovedilla
<input type="checkbox"/> Vigas, largueros y cubierta (<i>bóveda catalana</i>)	<input type="checkbox"/> Vigas, largueros y cubierta	<input type="checkbox"/> Lámina acanalada con capa de concreto (<i>Losa-acero</i>)	
<input type="checkbox"/> Armaduras y cubierta	<input type="checkbox"/> Armaduras 3D	Espesor total: _____ cm	Capa compresión: _____ cm
<input type="checkbox"/> Arcos de mampostería			
Distancia a ejes de: Trabes secundarias: _____ cm Vigas, vigüetas o nervaduras: _____ cm Largueros: _____ cm		Armaduras <input type="checkbox"/> De acero <input type="checkbox"/> De madera <input type="checkbox"/> Peralte variable Claro: _____ m, Peralte: _____ m Separación armaduras: _____ m Sección cuerdas: _____ Secc. diagonales: _____	
Cubierta de techo		Forma de la cubierta	
<input type="checkbox"/> Igual a sistema de piso	<input type="checkbox"/> Lámina metálica	<input type="checkbox"/> Techo plano horizontal	<input type="checkbox"/> Inclinado pendiente: _____ %
<input type="checkbox"/> Lámina de asbesto/plástico	<input type="checkbox"/> Cartón o desecho	<input type="checkbox"/> Bóveda cilíndrica $\varnothing =$ _____ m	<input type="checkbox"/> Cúpula $\varnothing =$ _____ m
<input type="checkbox"/> Paneles	<input type="checkbox"/> Madera		
<input type="checkbox"/> Paja	<input type="checkbox"/> Teja		
Tipo de anclaje y separación: _____			
ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL			
	Planta	Niveles	Sótano
	Baja	Tipo	Apéndice
	X	X	(escaleras / elevador)
	Y	Y	
Marcos			
<input type="checkbox"/> Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cols. y losa plana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Madera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contrav.			
<input type="checkbox"/> Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muros			
<input type="checkbox"/> De carga mampostería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Diafragma mampost.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> De concreto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> con vigas de acoplamiento:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marcos en el entrepiso representativo			
Número de marcos paralelos: a X: _____ a Y: _____			
Claro promedio: X = _____ m Y = _____ m			
Número total de columnas: _____ (en todo el entrepiso)			
No. crujeas con contraviento: en X: _____ en Y: _____			
No. crujeas con muro diafragma: en X: _____ en Y: _____			
Muros en el entrepiso representativo			
Suma de longitudes de muros y espesor (t):			
De concreto: $\Sigma Lx =$ _____ m, $\Sigma Ly =$ _____ m, t = _____ cm			
De mampostería: $\Sigma Lx =$ _____ m, $\Sigma Ly =$ _____ m, t = _____ cm			
Planos:			
<input type="checkbox"/> Arquitectónico	<input type="checkbox"/> Estructural	<input type="checkbox"/> Memoria de cálculo	<input type="checkbox"/> Autoconstrucción (<i>sin cálculo</i>)
Especificar: _____			

Figura 27. Continuación del formato de evaluación detallada

EVALUACIÓN DE DAÑOS																											
Problemas geotécnicos																											
<input type="checkbox"/> Grietas en el terreno circundante	<input type="checkbox"/> Licuación de arenas	Estructura		Colapso parcial																							
<input type="checkbox"/> Hundimientos diferenciales	<input type="checkbox"/> Hundimiento (-) o	<input type="checkbox"/> Colapso total	<input type="checkbox"/> Techo Planta baja																								
<input type="checkbox"/> Deslizamiento de ladera	<input type="checkbox"/> emersión (+) general = _____ cm		<input type="checkbox"/> Piso intermedio																								
<input type="checkbox"/> Socavación o Erosión	<input type="checkbox"/> Inclinación del edificio: _____ %		<input type="checkbox"/> Sección del edificio _____ %																								
			<input type="checkbox"/> Choque con edificio vecino																								
Daños máximos observables																											
<i>Anotar la clave de entrepiso (N1, N2, ..., S1...)</i>																											
Tipo de daño y características	Columnas	Trabes	Muros																								
			mampostería	de concreto	Contraviento	Conexiones																					
1- Colapso / daño generalizado																											
2- Grietas inclinadas (<i>por cortante</i>)																											
3- Grietas normales al eje (<i>por flexión</i>)																											
4- Aplastamiento concr. y barras expuestas																											
5- Fractura refuerzo longitudinal																											
6- Fractura refuerzo transversal o estribos																											
7- Pandeo de barras a compresión																											
8- Pandeo de placas																											
9- Pandeo global o inestabilidad																											
10- Falla de soldadura																											
11- Falla de conectores (tornillos/remaches)																											
12- Corrosión del acero																											
Armado del elemento (de concreto)	_____																										
Distancia entre estribos / atiesadores	_____																										
Sección del elemento	_____																										
<i>Ejemplos de datos que se pueden recabar:</i>																											
		$b_x h / \emptyset$	$b_x h / d_x b_f t_f$	$t, h_c x b_c$	t	$b_x h / d_x b_f t_f$ $b_x h$																					
(2)	(3)	(4)	(7)	(8)	(9)	(2)																					
Sistema de piso / techo																											
Porcentaje de elementos dañados en el entrepiso crítico																											
Colapso Grietas:		Grave	Medio	Clave de entrepiso																							
alrededor de columnas	Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
al centro del claro	Trabes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
sobre las trabes	Muros concreto X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
en las esquinas del tablero	Muros concreto Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
anchura máxima: mm	Muros mampostería X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
	Muros mampostería Y	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
	Contravientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
	Conexiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																							
				<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Daño grave</th> <th>Medio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Columnas, trabes, muros de concreto</td> <td>Colapso</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 2 mm</td> <td>> 1 mm</td> </tr> <tr> <td>Grietas por flexión > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> </tr> <tr> <td>Pandeo general</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Mampostería</td> <td>Pandeo de placas</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pandeo o fractura del refuerzo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grietas por cortante > 5 mm</td> <td>> 2 mm</td> </tr> <tr> <td>G. inclinada en castillo > 1 mm</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>				Daño grave	Medio	Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso		Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm	Pandeo general		Mampostería	Pandeo de placas		Pandeo o fractura del refuerzo		Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm	G. inclinada en castillo > 1 mm	---
	Daño grave	Medio																									
Columnas, trabes, muros de concreto	Colapso																										
	Grietas por cortante > 2 mm	> 1 mm																									
	Grietas por flexión > 5 mm	> 2 mm																									
	Pandeo general																										
Mampostería	Pandeo de placas																										
	Pandeo o fractura del refuerzo																										
	Grietas por cortante > 5 mm	> 2 mm																									
G. inclinada en castillo > 1 mm	---																										
DAÑOS EN OTROS ELEMENTOS																											
Exteriores		Interiores																									
<input type="checkbox"/> Vidrios	<input type="checkbox"/> Pretiles	<input type="checkbox"/> Muros divisorios o	<input type="checkbox"/> Elevadores																								
<input type="checkbox"/> Torres de anuncios	<input type="checkbox"/> Tanques	<input type="checkbox"/> Cielos rasos/plafones	<input type="checkbox"/> Instalaciones																								
<input type="checkbox"/> Acabados	<input type="checkbox"/> Bardas	<input type="checkbox"/> Lámparas	<input type="checkbox"/> Derrámes tóxicos																								
<input type="checkbox"/> Fachadas	<input type="checkbox"/> Otros: _____	<input type="checkbox"/> Escaleras																									
<input type="checkbox"/> Balcones																											

Figura 28. Continuación formato evaluación detallada



Figura 29. Formato para Croquis de Sitio

DAÑOS MATERIALES

A las viviendas

Tipo de Material de construcción	Viviendas		
	Afectadas	Destruidas	Inhabitables
Material noble			
Adobe			
Quincha			
Madera			
Rústico			
Otros (Especificar)			
Total			

A la infraestructura de salud

Nombre del Establecimiento de Salud	Nº Ambientes	Daño			Tipo de establecimiento/ Nivel
		Afectado	Destruido	Inhabitable	
Total					

4.3. A la infraestructura educativa

Nombre de la IIEE	Nº Total de aulas	Daño			Tipo de Nivel educativo/ privado nacional
		Afectado	Destruido	Inhabitable	
Total					

A la infraestructura de transporte: Daños en carreteras, vías férreas y otros

Tipo de Vías de Comunicación	Daño		Nº TRAMOS	Ubicación
	Afectado (Km)	Destruídos (Km)		
Vías nacionales				
Vías departamentales				
Vías vecinales				
Vías urbanas				
Vías férreas				
Otros				
Total				

Daños en puentes, puertos y otros

Tipo de Infraestructura	Nivel de Daño		Ubicación
	Afectado (Unidad)	Destruído (Unidad)	
Puentes peatonales			
Puentes vehiculares			
Puertos			
Aeropuertos			
Terminal terrestre			
Otros			
Total			

A los locales públicos

Local público	Cantidad			Tipo dematerial de construcción
	Afectado	Destruído	Inhabitable	
Local municipal				
Local comunal				
Iglesia				
Local PNP				
Local FFAA				
Albergue				
Estadios/coliseos				
Otros				
Total				

A la Infraestructura de servicios básicos

Infraestructura	Cuenta con el servicio		Sin servicio (%)	Afectado (ml)	Destruído (ml)	Observaciones
	Sí	No				
Agua Potable						
Red de Desagüe						
Red de Energía eléctrica						
Otros						
Total						

A Otros Servicios básicos

Servicio	Cuenta con el servicio		Sin servicio (%)	Observaciones
	Sí	No		
Tefonía fija				
Tefonía móvil				
Internet				
Otros				
Total				

❖ OBSERVACIONES GENERALES

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se identificaron las causas principales para realizar una evaluación estructural en nuestro entorno en la ciudad capital de Honduras, debido a la actividad sísmica reciente.
- El análisis de diferentes propuestas de evaluación estructural usadas en nuestros países hermanos como ser Colombia, Ecuador entre otros, se pudieron identificar los pasos principales a seguir en el diseño de la guía técnica elaborada.
- Con los datos recopilados en nuestra investigación se identificaron los criterios estructurales necesarios que debe tener un evaluador capacitado para este trabajo, y adecuarlo a la realidad que vivimos hoy en día.
- Se logró comprobar la hipótesis alternativa que detalla que los criterios de evaluación deben de ser claro para poder establecer procedimientos a seguir después de un evento sísmico en cuanto a declaraciones de habitabilidad de una estructura.
- Se logró el diseño eficaz y eficiente de la guía técnica de evaluación estructural de daños en elementos de concreto reforzada después de un evento sísmico con análisis elástico lineal y plástico en su primera fase, como procedimiento estructurado para poder ser empleado por las entidades correspondientes.

5.2 Recomendaciones

- Entablar pláticas iniciales con los jefes de departamentos involucrados de la Alcaldía municipal de Tegucigalpa, MDC, Copeco y Colegio de ingenieros civiles de Honduras para la pronta aplicación de este manual.
- Esta guía técnica es un primer paso para la realización efectiva de una evaluación estructural, por lo que incentivamos a otros a seguir con esta investigación con el siguiente paso que sería, el análisis por grietas y fisuras de cada elemento estructural que esté presente en el proyecto a evaluar.

Tabla 16. Concordancia de los segmentos de la Tesis con la Propuesta

Titulo	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Propuesta
		General	Especifico			
Guía Técnica para Evaluación estructural de daños post-sismo en elementos de concreto reforzado	Falta de un método de evaluación o inspección de elementos de concreto reforzado después de un fenómeno natural (sismo) en todas las dependencias gubernamental o privada (que rigen la construcción) en Honduras.	Dar a conocer un sistema de evaluación de daños estructurales en elementos de concreto reforzado, mediante una guía técnica como procedimiento estructurado, para garantizar la correcta ejecución de una evaluación estructural después de un evento sísmico en Honduras.	Identificar las principales causas del porque no existe un procedimiento de evaluación estructural en Honduras.	Se identificaron las causas principales para realizar una evaluación estructural en nuestro entorno en la ciudad capital de Honduras, debido a la actividad sísmica reciente.	*Entablar pláticas iniciales con los jefes de departamentos involucrados de la Alcaldía municipal de Tegucigalpa, MDC, Copeco y Colegio de ingenieros civiles de Honduras para la pronta aplicación de este manual.	Guía Técnica para Evaluación Estructural Post-Sismo en Elementos de Concreto Reforzado
			Identificar los factores que potencian la creación de un sistema de evaluación estructural en nuestro país.	El análisis de diferentes propuestas de evaluación estructural usadas en nuestros países hermanos como ser Colombia, Ecuador entre otros, se pudieron identificar los pasos principales a seguir en el diseño de la guía técnica elaborada.	Esta guía técnica es un primer paso para la realización efectiva de una evaluación estructural, por lo que incentivamos a otros a seguir con esta investigación con el siguiente paso que seria, el análisis por grietas y fisuras de cada elemento estructural que esté presente en el proyecto a evaluar.	
			Analizar los factores de nuestro entorno por medio de los datos obtenidos de la investigación, para la creación de la guía técnica de evaluación, tomando como ejemplo experiencia afines de otros países en el mundo.	Con los datos recopilados en nuestra investigación se identificaron los criterios estructurales necesarios que debe tener un evaluador capacitado para este trabajo, y adecuarlo a la realidad que vivimos hoy en día.		

Continuación de Tabla 16. Concordancia de los segmentos de la Tesis con la Propuesta

Titulo	Problema	Objetivo		Conclusiones	Recomendaciones	Propuesta
		General	Específico			
			Proponer una guía técnica de evaluación estructural, como sistema para evaluar elementos de concreto reforzado después de un evento sísmico en Honduras.	Se logró el diseño eficaz y eficiente de la guía técnica de evaluación estructural de daños en elementos de concreto reforzada después de un evento sísmico, como procedimiento estructurado para poder ser empleado por las entidades correspondientes.		

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. S. (2004). Capacitación y desarrollo del personal, cuarta edición. En A. S. Aguilar, Capacitación y desarrollo del personal, cuarta edición. México, D.F.
- AIS, F. . (2009). Guía Técnica para Inspección de Edificaciones después de un Sismo. Guía Técnica para Inspección de Edificaciones después de un Sismo.
- Alzina, R. B. (2009). Metodología de la investigación educativa. En R. B. Alzina, Metodología de la investigación educativa. Madrid, España.
- ARQHYS. (2012). SEGURIDAD ESTRUCTURAL. REVISTA ARQHYS.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2012). Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente NRS-10. COLOMBIA.
- Centro de investigaciones sociológicas. (2011). Cuadernos metodológicos 35 2da edición revisada. En C. d. sociológicas, Cuadernos metodológicos 35 2da edición revisada. Madrid, España.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres de México. (2014). SISMOS-CENAPRED. Sismos.
- Código Hondureño de Construcción. (2008). Normas Técnicas. HONDURAS.
- Comisión Técnica Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras. (2015). Código Hondureño de Construcción CHOC-08. XMEDIA Impresos.
- Coordinación Nacional de Protección Civil México, S. d. (2016). Evaluación de la Seguridad Estructural. Ciudad de México.
- Gaither, N. (2000). Administración de la producción de Operaciones. Mexico: International Thomson Editores.
- Galgano, A. (1995). Los Siete Instrumentos de la Calidad Total. Madrid, España: Diaz de Santos S.A.
- García, J. R. (2007). Rehabilitación Sísmica de Edificaciones de Mampostería de Viviendas. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, Mexico.
- Garza Mercado, A. (2007). Manual de Técnicas de Investigación para Estudiantes de Ciencias Sociales y Humanidades 7a Ed. En A. Garza Mercado, Manual de Técnicas de

- Investigación para Estudiantes de Ciencias Sociales y Humanidades 7a Ed. (pág. 380). México D.F.
- GEOTEC S. DE R.L. (2011). Informe Final Estudio Geotecnico Edificio Altia Torre N0.2. San Pedro Sula.
- Honduras, C. d. (Febrero de 2018). Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras. Obtenido de Recuperado de www.cichorg.org
- Honduras, C. P. (Febrero de 2018). Comité Permanente de Contingencias de Honduras. Obtenido de Recuperado de <http://www.copeco.gob.hn>
- Instituto Americano del Concreto. (1996). Código de Construcción ACI 546-96.
- Instituto Americano del Concreto. (1994). Código de Construcción ACI 364.1R.
- Ishikawa, K. (1997). Kouro Shikawa, traducción del japonés al inglés por David J. Lu; traducción Margaritas Cardenas (1997). Recuperado el 23 de octubre de 2017. Recuperado el 23 de 10 de 2017, de https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa
- Laudon, K. C. (2011). Sistemas de Información Gerencial. México: Romero Elizondo.
- M.A. Salgado-Gálvez, M.L. Carreño, A.H. Barbat a y O.D. Cardona, 2014. (2011). Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 279.
- McCormac, J. C. (2011). Diseño de Concreto Reforzado.
- Ministerio de desarrollo urbano y vivienda y Secretaría de gestión de riesgos. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. En Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras.
- Ministerio de Desarrollo Urbano Vivienda. (2016). Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la norma Ecuatoriana de la construcción NC 2015. Quito, Ecuador: Imprenta Activa.
- Nilson, A. H. (2001). Diseño de estructuras de concreto Duodécima edición. En A. H. Nilson, Diseño de estructuras de concreto Duodécima edición. Santafé de Bogotá, Colombia: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.

- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2014). Riesgo sísmico, Evaluación, rehabilitación de estructuras.
- Pérez, M. A. (2014). Aplicaciones avanzadas de los materiales compuestos en la obra civil y la edificación. OmniaScience.
- PNUD. (2012). Recuperacion y Reconstruccion Post Desastre. Ecuador: Grafica Troya.
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española. En R. A. Española, Diccionario de la lengua española.
- RILEM 130-CSL. (1996). Diseño de Durabilidad para Estructuras de Concreto .
- Treviño, E. L. (1998). Tesis "Patología de las estructuras de concreto reforzado". Monterrey, Nuevo León.
- Universidad Nacional Autónoma de Honduras. (10 de Octubre de 2014). Amenaza de Sismos en la República de Honduras. Presencia Universitaria.
- Vargas, D. R. (2007). EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LA VULNERABILIDAD. En D. R. Vargas.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de encuesta

Encuesta

Somos estudiantes de postgrado de la Maestría en Ingeniería Estructural de la universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC.

El objetivo de esta encuesta es conocer las opiniones de los expertos técnicos en la temática de Evaluación Estructural de daños post-sismo en edificios de concreto reforzados.

Agradeciendo de antemano el tiempo brindado.

Instrucciones: Seleccione una respuesta para cada pregunta.

Género: F M Edad: _____

- 1) ¿Conoce usted alguna norma de evaluación estructural elaborada para Honduras?
 - b) Si
 - c) No

- 2) ¿Tiene conocimiento usted si se ha realizado al menos una evaluación estructural a algún edificio después de un evento sísmico en Tegucigalpa?
 - b) Si
 - c) No

- 3) ¿Cree necesaria la formulación de una guía técnica para realizar evaluaciones estructurales después de un sismo en el rubro de la ingeniería civil tomando en cuenta los últimos sismos que se han sentido en todo el territorio de Honduras?
- b) Si
 - c) No
- 4) ¿Por qué cree usted que las entidades gubernamentales y no gubernamentales que deben velar por la seguridad estructural de cada edificación de Honduras, no ha implementado un manual para evaluaciones estructurales?
- e) Falta de interés
 - f) Poca capacidad económica de estas entidades
 - g) No es de mayor importancia
 - h) Falta de personal con capacidades técnicas en el tema
- 5) ¿Considera necesario que el colegio de ingenieros civiles de Honduras (CICH), y el comité permanente de contingencias (COPECO) se involucren en sociedad con la Alcaldía del municipio del distrito central para trabajar en una guía técnica para la evaluación estructural de edificios de concreto reforzado después de un evento sísmico?
- b) Si
 - c) No
- 6) ¿Estaría usted en la disposición de capacitarse para ser evaluador estructural como proceso normado por el colegio de ingenieros civiles de honduras?
- c) Si
 - d) No

- 7) ¿Cree que esta iniciativa podría favorecer a que la alcaldía rigidice sus procesos de calificación para entrega de permisos de construcción?
- b) Si
 - c) No
- 8) ¿Cuál crees que es la principal causa para que haya una falla estructural?
- d) Baja Calidad en procesos constructivos
 - e) Baja calidad en los materiales de construcción
 - f) Poca supervisión de personal calificado
- 9) ¿Crees que el diseño estructural se puede tomar como deficiente al presentarse una patología estructural o patrón de falla después de un sismo?
- b) Si
 - c) No
- 10) ¿Crees que los estudios de suelos deben ser exigencia principal en una evaluación estructural?
- c) Si
 - d) No

Anexo 2. Modelo de Entrevista

Somos estudiantes de postgrado de la Maestría en Ingeniería Estructural de la universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC.

El objetivo de esta entrevista es conocer las opiniones de los expertos técnicos en la temática de Evaluación Estructural de daños post-sismo en edificios de concreto reforzados.

Agradeciendo de antemano el tiempo brindado.

1. ¿Puedes contarme acerca de tu experiencia en el área de la ingeniería?
2. ¿Cuéntame que sabes acerca de la actividad sísmica registrada en los últimos años en nuestro país?
3. ¿Qué conocimientos tienes sobre patologías estructurales, y como darles solución?
4. ¿Cuál es tu opinión acerca de la creación de un método de evaluación estructural de daños después de un evento sísmico?
5. ¿Estarías dispuesto a capacitarte para ser evaluador estructural, y porque lo harías?

Anexo 3. Correo de visto bueno de tesis de asesor temático

3/7/2018

Gmail - tesis Revisión



sury rodriguez <suryrh12@gmail.com>

tesis Revisión

Luis Soto <soto_luisfer@yahoo.com>
Responder a: Luis Soto <soto_luisfer@yahoo.com>
Para: sury rodriguez <suryrh12@gmail.com>

3 de julio de 2018, 21:02

Facultad de Postgrado UNITEC:

Yo, LUIS FERNANDO SOTO, Ingeniero Civil, M. Sc. en Estructuras por medio del presente doy el visto bueno como asesor temático de la Tesis de Postgrado de MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ y SURY LETICIA RODRIGUEZ HERNANDEZ con el tema "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE DAÑOS POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO" previa investidura al título de Máster en Estructuras, a los 03 días del mes de julio de 2018.

 **Ing. Luis Fernando Soto**
Ing. Civil / M. Sc. Estructuras
 +504 3327-3415
 soto_luisfer@yahoo.com

Anexo 4. Constancia de visto bueno de lectura y redacción de tesis

Constancia de lectura de Tesis

Señores Facultad de Postgrado UNITEC.

Por este medio yo DIGNA IRIS RODRIGUEZ HERNANDEZ

Identidad No. 1807-1989-02229, Licenciada en Matemáticas, hago constar que he leído el trabajo de Tesis de Maestría denominado EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE DAÑOS POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO

Desarrollado por el (los) estudiante(s):

SURY LETICIA RORIGUEZ HERNANDEZ

MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ

Para lo cual realicé de manera oportuna las revisiones y observaciones que considere pertinentes a fin de que se lograra finalizar el trabajo de tesis en el plazo establecido por la Facultad de Postgrado.

Firma:



Nombre: Digna Iris Rodríguez Hernández

Cel. 32994429

Correo electrónico: i.rodriquez2511@gmail.com

Anexo 5. Constancia de visto bueno de Asesor Metodológico

ZELAYA OVIEDO CARLOS AUGUSTO

vie 7/6/2018 9:05 AM

Para: MIRIAM YANETH MALDONADO ORTIZ <miyaneth@unitec.edu>; SURY LETICIA RODRIGUEZ HERNANDEZ <suryrh@unitec.edu>;

Cc: PG Postgrado <pgpostgrado@unitec.edu>;

📎 2 archivos adjuntos (16 MB)

MIRIAM Y SURY -TESIS FINAL.docx; MIRIAM Y SURY-SÍNTESIS.docx;

Estimados Maestranteros Maldonado Ortiz y Rodriguez Hernandez.

Después de haber finalizado su tesis de postgrado "**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE DAÑOS POST-SISMO EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO**", cumplir con los requerimientos y haber realizado la pre defensa, les doy el **Vo Bo** correspondiente que los autoriza para continuar con los trámites en la facultad de postgrado. Deben proceder a imprimir el documento revisado y que de nuevo les adjunto, a doble cara incluyendo (después de los anexos) el VoBo del asesor temático, constancia de lectura y este VoBo del asesor metodológico. Deben entregar en postgrado los tres ejemplares entre el 2 y el 11 de julio. Recomiendo que la síntesis la entreguen al momento de la defensa a cada miembro de la terna.

Saludos y les deseo muchos éxitos en su defensa.

Carlos A. Zelaya Oviedo
Asesor metodológico PG