

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PLANTEAMIENTO DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN  
ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado académico de BACHILLER  
EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORAS:**

Barriga Cáceres, Diana Asunción

Bustamante Bances, Gianella Lisset

Náquira Insapillo, Vania Margarita

**AUTORES:**

Espichan Rivas, Walter Daniel

Verano Díaz, Diego Iván

**ASESOR:**

Robinson Ucañán Díaz

Lima, diciembre, 2020

## RESUMEN

En el Perú existe una gran variedad de factores climáticos y externos que hace que exista un peligro constante en las edificaciones, esto sumado a la vulnerabilidad que generan en las estructuras la alta tasa de informalidad, falta de conocimiento y uso de los reglamentos nacionales de edificaciones y deficiente fiscalización de las construcciones por parte de los municipios hacen que el riesgo sea aún mayor poniendo en juego la vida del grupo de personas que está en contacto con dichas estructuras. Ante la problemática descrita se propuso una metodología de evaluación post sismo para edificaciones de concreto armado la cual además es aplicable frente a otro tipo de eventos externos que hagan variaciones significativas en los esfuerzos de la estructura. La metodología está compuesta por dos etapas que se aplican una seguida de la otra; la primera corresponde a una evaluación preliminar rápida que consiste en obtener información inmediata que determinará si la estructura es segura ubicándola en una escala de 4 niveles, por otro lado, la segunda etapa corresponde a una evaluación detallada que determinará con datos más exactos si la edificación es “Habitable”, “Uso Restringido” o “No habitable” y la magnitud del daño. Asimismo, dependiendo de la importancia de la edificación, se podrá utilizar solo la evaluación preliminar o se exigirá una evaluación detallada desde un principio. Para cada una de las etapas se elaborará una ficha de inspección con su respectiva instrucción de uso. El uso de esta metodología contribuye y da una alternativa ante una normativa inexistente en el Perú y promueve la creación de un sistema de evaluación de la seguridad de edificaciones formal y normanda en nuestro país.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3. ALCANCE .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1. Objetivos generales .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1. Antecedentes .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2. Casuística de una evaluación estructural .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.3. Peligro, vulnerabilidad y riesgo .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Guía técnica para la inspección de edificaciones después de un sismo de Colombia .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Evaluación de estructuras de hormigón armado en España según el ACHE....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3. Manual de Evaluación Estructural de Edificaciones Post Evento Sísmico según el ATC 20 .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4. Comparación de normas.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Alcance .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Proceso de evaluación .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.1 Evaluación preliminar .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.1.1. Procedimiento.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.1.2. Contenido de la ficha de inspección preliminar .....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.2. Evaluación detallada .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2.1. Procedimiento.....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2.2. Contenido de la ficha de inspección detallada .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>44</b>

4.2. Recomendaciones .....	45
<b>CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

*Figura 1: Zonificación en el Perú* .....9

*Fuente: Norma E.030*

*Figura 2: Diagrama de flujo para la evaluación y marcación de edificaciones* .....23

*Fuente: ATC-20*

## ÍNDICE DE TABLAS

*Tabla 1: Nivel de daño en elementos no estructurales* .....16

*Fuente: Guía técnica Col.*

*Tabla 2: Nivel de daño en elementos estructurales* .....17

*Fuente: Propia adaptada de Guía técnica Col*

*Tabla 3: Clasificación de habitabilidad final* .....19

*Fuente: Guía técnica Col.*

*Tabla 4: Caracterización del daño final* .....20

*Fuente: Guía técnica Col.*

*Tabla 5: Ficha de inspección preliminar* .....34

*Fuente: Propia.*

*Tabla 6: Daños estructurales por elemento* .....37

*Fuente: Propia.*

*Tabla 7: Ficha de inspección detallada* .....42

*Fuente: Propia.*

# CAPÍTULO I: GENERALIDADES

## 1.1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el Perú es uno de los países de mayor potencial sísmico debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la Tierra libera más del 85% de la energía acumulada en su interior debido a los procesos de convección del manto (Sociedad Geológica del Perú, 2018). Por tal motivo, es necesario contar con un procedimiento de evaluación estructural estandarizado para evaluar los efectos que causan los movimientos telúricos en las edificaciones.

En el Perú, no existe una metodología que permita evaluar el daño estructural ocasionado por los eventos sísmicos, por lo que, se recurre a reglamentos internacionales para realizar dichas evaluaciones. Por otro lado, solo se cuenta con metodologías para el diseño estructural, las cuales se encuentran en el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Esta normativa establece diseños empleando el análisis lineal estático y el análisis lineal dinámico, más no un procedimiento de evaluación estructural, a pesar de que existe una gran cantidad de edificaciones dañadas por los sismos en los últimos 30 años.

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo generar un aporte a la normativa peruana mediante el planteamiento de una metodología de evaluación estructural basada en el estudio de distintas metodologías o normativas internacionales. Asimismo, se identificarán las situaciones más comunes en las cuales una edificación en el Perú necesitaría una evaluación estructural y se plantea la creación de una ficha de inspección, con la finalidad de estructurar el procedimiento a seguir para dichas evaluaciones y obtener una información más precisa.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La ubicación del Perú, dentro de la región del Cinturón de Fuego del Pacífico, lo convierte en un país vulnerable y propenso a la actividad sísmica. De suceder un siniestro, se generarían grandes pérdidas económicas. Según el Índice de Riesgo de las Ciudades 2015-2025 del mercado inglés de seguros Lloyd's (Londres), Lima tendría pérdidas económicas por más de 35 mil millones de dólares debido a un terremoto de 8.5 de magnitud. Gran parte de esas pérdidas se generarían a causa de los daños en edificaciones existentes. Algunas edificaciones, situadas en los conos de Lima, cimentadas sobre suelos poco competentes (arenales, pantanos, etc.), y en su mayoría autoconstruidas, son las más vulnerables; además, se encuentran expuestas a fenómenos como la licuación y deslizamientos de taludes inestables (Morales-Soto, Zavala, 2008). Estas, en su mayoría, están habitadas sin alguna regulación o evaluación de habitabilidad.

Por otro lado, la vulnerabilidad de la población también es otro tema importante a analizar como consecuencia de un gran sismo, la cual se demuestra mediante daños, sufrimiento humano, muertes, etc. (Ocola, 2005). Según Hernando Tavera, doctor en sismología del IGP, indica que “durante un terremoto, casi el 80% de las muertes se debe al desplome de viviendas o edificios” (p. 32). En ello radica la importancia de tomar acciones preventivas respecto a la calidad de estructuras en el país.

Una forma de determinar el estado de una edificación es realizando una evaluación estructural, la cual determina el estado de la estructura considerando el uso previsto de esta mediante el análisis de información recopilada a partir de revisiones de documentación existente, inspección de campo, estudio de estado y pruebas de materiales (ACI 364.1 R-94). Con toda esa información recopilada, se evalúa si la estructura se encuentra en condiciones óptimas de soportar las cargas aplicadas o si necesita ser reforzada.

### **1.3. ALCANCE**

Se propone una metodología para la evaluación de edificaciones de concreto armado post sismo existentes en el Perú. La metodología propuesta no considerará edificaciones de madera, acero, adobe, etc. Se podrá utilizar la metodología planteada en cualquiera de las 4 zonas sísmicas del Perú.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivos generales**

- Contribuir a la reducción de riesgos de desastres mediante el planteamiento de una metodología de evaluación estructural en edificaciones de concreto armado post sismo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Revisar los procedimientos mínimos de evaluación estructural post sismo propuestos por normas internacionales
- Establecer un procedimiento adecuado para la evaluación de estructuras existentes
- Definir las condiciones necesarias para aplicar la metodología propuesta en una estructura de concreto armado

### **1.5. METODOLOGÍA**

La metodología a seguir para alcanzar todos los objetivos tanto general como específicos será la siguiente:

- a. Se realizará una recopilación de bibliografía referida a evaluaciones estructurales post sismo con el fin de establecer un marco teórico
- b. Se revisarán normas internacionales y se discutirán sus aspectos relevantes acerca de la evaluación estructural en edificaciones

- c. Se redactará un procedimiento para evaluar estructuras, planteando nuevas fichas de inspección y un resumen de los criterios de evaluación adecuados
- d. Se concluirá la aplicabilidad de la metodología propuesta según las condiciones de diferentes estructuras



# CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1.MARCO TEÓRICO

### 2.1.1. Antecedentes

“La sismología es una rama joven de la geofísica que estudia los sismos y las propiedades elásticas de la tierra” (Instituto Geofísico del Perú). Según Vera (2003), la investigación en sismología puede dividirse en dos categorías:

- Estudio y propagación de las ondas y estructura de la Tierra asociada: identificación de capas, heterogeneidad, zonas de subducción, etc.
- Estudio de la fuente y sus fenómenos asociados: energía liberada, desplazamiento de fallas, estudios de predicción, etc.

A partir de dichos estudios, en la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” se ha podido establecer una zonificación, en el territorio nacional, que tiene como base la distribución espacial de la sismicidad observada.

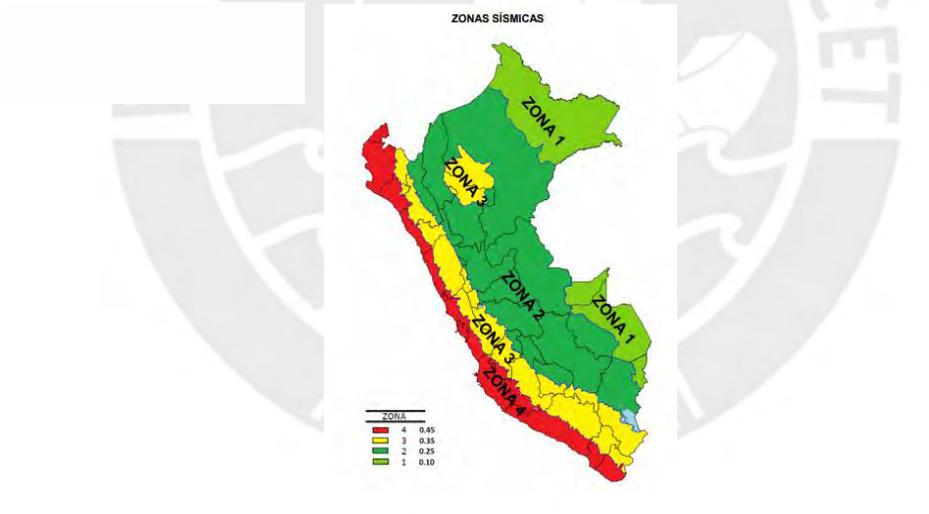


Figura 1: Zonificación en el Perú. Fuente: Norma E.030

La información mostrada indica que la zona costera del Perú es la de mayor riesgo ante la ocurrencia de sismos de elevada magnitud con relativa frecuencia; lo cual se evidencia en los últimos 500 años de historia sísmica en la región (Tavera, 2014). A

causa de ello, se establece como una de las prioridades la realización de una evaluación estructural en la etapa posterior al sismo.

Es importante establecer que la evaluación estructural es un “proceso para determinar a qué grado de confiabilidad la estructura es capaz de soportar cargas actuales y futuras y cumplir con su tarea durante un tiempo determinado período” (SAMCO, 2006), lo cual es aplicable para verificar la habitabilidad luego de ocurrido un siniestro.

### **2.1.2. Casuística de una evaluación estructural**

Existe una gran variedad de factores que pueden contribuir a disminuir la seguridad de una estructura de concreto armado, todos estos factores deben ser tomados en cuenta de forma periódica mediante un proceso de evaluación estructural para mantener una seguridad aceptable de la edificación. Según el manual de reparaciones y reforzamiento del ministerio de vivienda de Chile “ Es necesario una evaluación estructural principalmente en cuatro casos particulares, los cuales son , degradación natural de los materiales, incertidumbre en el proceso constructivo o cálculos, cambios de uso de la edificación que puedan generar aumentos de cargas considerables y presencia de desastres naturales o eventos externos que generen esfuerzos no previstos en la estructura” (2018, p33 )estos casos serán evaluados y descritos de manera independiente mostrando la importancia de cada uno de ellos y la recurrencia en nuestra región.

➤ **Degradación natural de los materiales.**

La degradación natural de los materiales es uno de los factores a los cuales se le da menos importancia, generalmente esta causa va de la mano con el paso de los años o mala calidad de los materiales utilizados, sin embargo, según el ingeniero David Umiri “La colocación del concreto bajo temperaturas extremas ya sean bajas o altas temperaturas, se ve influida en cuanto a que puede perjudicar la calidad del concreto y aceleran el deterioro” además de lo mencionado la presencia de elementos químicos en el ambiente o suelo causan

el mismo efecto. Por lo mencionado resulta importante resaltar la variedad de climas presentes en nuestra región lo cual hace a nuestras estructuras muy propensas a una degradación prematura en cierto tipo de climas y condiciones, por lo que la realización de evaluaciones estructurales en determinados lapsos de tiempo es sumamente importante.

➤ Incertidumbre del proceso constructivo o cálculos estructurales.

La incertidumbre del proceso constructivo y cálculos es un problema recurrente en el Perú según lo expresado por la Cámara peruana de la construcción “En Perú más del 70% de viviendas son construcciones informales y de ese porcentaje, al menos el 50% son totalmente vulnerables ante un evento sísmico de alta intensidad. En las zonas menos céntricas de las ciudades incluso esta cifra puede llegar hasta el 90%” (CAPECO, 2018). Esta realidad se replica en los países de la región generando así un peligro inminente para todos es cuál puede ser mitigado realizando evaluaciones a las estructuras, sin embargo, es necesario tomar no solo medidas correctivas si no también medidas preventivas ante esta situación.

➤ Incrementos de carga de uso.

En las ciudades de Latinoamérica es común ver como estructuras orientadas inicialmente a un propósito específico cambiar radicalmente su uso, esto sucede en Lima con muchas edificaciones de vivienda multifamiliar que se han transformado en negocios u oficinas, casas antiguas adecuadas para ser convertidas en múltiples departamentos y otros tipos de edificaciones acondicionadas para cambiar su tipo de uso. Esto genera un aumento de la carga viva que genera esfuerzos no esperados en los sistemas estructurales haciendo que los elementos trabajen con sobrecarga y tiendan a fallar. Debido a esto, es de vital importancia pasar por un proceso de evaluación estructural antes de realizar la variación de cargas y de ser necesario realizar un reforzamiento de la estructura.

➤ Desastres naturales u otros eventos externos

Es la causa más importante por las cuales se debe realizar una evaluación y además la más evidente, sin embargo, no es usual en nuestra región realizarla. Las consecuencias de no realizar una correcta evaluación post sismo puede tener consecuencias mucho más graves que en los casos anteriores debido a que el deterioro no es progresivo, sino que se da de un momento a otro, aumentando súbitamente la vulnerabilidad de la estructura y poniendo en riesgo la vida de los usuarios. Lo mencionado anteriormente sumado al alto riesgo sísmico de nuestra región hace que el peligro sea muy alto.

### **2.1.3. Peligro, vulnerabilidad y riesgo**

➤ Peligro sísmico:

Se define como la severidad de los sismos en una determinada zona y depende de los antecedentes sismo tectónicos de la zona, el tipo de suelo y de la topografía local. El peligro representa a la amenaza natural que va a afrontar la edificación y que no es posible controlar o intervenir. Este parámetro se representa generalmente como el valor máximo que podría alcanzar en la zona un indicador de severidad, como, por ejemplo, la aceleración máxima del suelo.

➤ Vulnerabilidad:

A diferencia del peligro sísmico, este parámetro depende netamente de las características de la propia edificación, por lo que se puede controlar. De esta manera, dependiendo de la resistencia, rigidez o regularidad establecida en la estructura, la edificación va a sufrir mayor o menor daño.

➤ Riesgo sísmico:

El riesgo sísmico es producto de la combinación de los dos parámetros presentados previamente, y representa el daño que podría sufrir una estructura debido a la amenaza sísmica a la que se enfrenta y a su propia vulnerabilidad. Ambos parámetros, vulnerabilidad y peligro sísmico, son independientes y constituyen el riesgo al que se enfrentan las obras civiles, el cual debe ser controlado.

## **2.2. ESTADO DEL ARTE**

En el presente capítulo se establecen resúmenes sobre diversas normas extranjeras y guías técnicas referidas a la evaluación estructural post sismo. Este capítulo hace énfasis en describir a detalle el proceso de evaluación y definir los distintos criterios aplicados en cada una de las fuentes revisadas. Para la revisión de bibliografía se consideraron las siguientes normas y guías:

- Guía técnica para la inspección de edificaciones después de un sismo de Colombia
- Evaluación de estructuras de hormigón armado en España según el ACHE
- Manual de Evaluación Estructural de Edificaciones Post Evento Sísmico según el ATC 20
- Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios CENAPRED (México 2014)

### **2.2.1. Guía técnica para la inspección de edificaciones después de un sismo de Colombia**

En la guía técnica de inspección colombiana se busca determinar la seguridad de las construcciones e identificar aquellas peligrosas, determinar las que están en capacidad de tener un uso normal y las que deben tener un uso restringido. Para ello, se plantea un procedimiento de inspección, evaluación y calificación visual del nivel

de daño a cargo de profesionales calificados (Ingenieros civiles, arquitectos, constructores o técnicos en obras civiles) con más de 5 años de experiencia en diseño estructural o construcción. El procedimiento, presentado a continuación, sirve como referencia para establecer una nueva metodología de inspección visual en el presente trabajo de investigación:

#### Localización e identificación catastral

Se realiza la identificación catastral dependiente de los códigos y nombres de la localidad y barrio. Se debe especificar si la inspección es completa (exterior o interior), parcial o exterior solamente. Así como los datos de identificación: dirección, nombre de la edificación, uso de la edificación y de la planta baja, número de pisos, dimensiones aproximadas de la edificación.

Se define el tipo de estructura. Para lo cual se toma en cuenta el tipo de entrepiso, el periodo de construcción de la estructura y los siguientes sistemas estructurales y las categorías correspondientes a cada uno:

- Concreto Reforzado: Pórticos de concreto, muros estructurales, sistemas duales o combinados, prefabricados.
- Mampostería: Mampostería confinada, mampostería reforzada, mampostería no reforzada (simple).
- Acero: pórticos arriostrados, pórticos no arriostrados, pórticos en celosía.
- Madera: Pórticos y paneles en madera, pórticos en madera y paneles en otros materiales.
- Tapia (adobe) y bahareque
- Estructuras mixtas
- Construida en material precario (sin material estructural)

Cabe recalcar que en el resumen de esta guía de inspección solo se tomará en cuenta las consideraciones de inspección y evaluación para estructuras de concreto armado.

### Evaluación del estado general de la edificación

De manera preliminar, se realiza la clasificación global del daño y de la habitabilidad por el estado general de la edificación. Se emplean los criterios de habitabilidad según el Estado General de la Edificación; estos son: "Habitable", "Uso restringido", "No habitable" y "Peligro de colapso". Es así como la habitabilidad se define mediante las siguientes preguntas:

- Colapso (No - Parcial - Total)
- Desviación o inclinación de la edificación o de algún entrepiso (No - Sí - No se pudo determinar)
- Falla o asentamiento de la cimentación (No - Sí - No se pudo determinar)

### Evaluación de problemas geotécnicos

Se identifican dos variables: fallas en taludes y desprendimientos de rocas y asentamientos o licuación de suelos. Con todo ello, se establece la clasificación global del daño y de la habitabilidad por problemas geotécnicos. Se emplean los mismos criterios de habitabilidad según el Estado General de la Edificación, y se plantean las siguientes preguntas:

- Falla en talud o movimientos en masa que afecte la edificación (No - Puntual - General)
- Asentamiento, subsidencia o licuación que afecta la edificación (No - Puntual - General)
- Grietas en el terreno circundante (No - Incipientes – Generalizadas)

### Evaluación de los daños en elementos arquitectónicos (no estructurales)

Se consideró aquellos elementos que, aunque no ponen en peligro la estabilidad de la edificación, sí representan un riesgo para la vida y seguridad de los ocupantes. En ese sentido, se definen los siguientes niveles de daño: "Ninguno / muy leve", "Leve", "Moderado", "Fuerte" y "Severo". Estos son empleados, bajo diversos criterios según sea el caso, en los elementos presentados a continuación:

- Muros de fachada o antepechos
- Vidrios exteriores
- Acabados exteriores (incluyendo antenas, letreros o similares)
- Muros divisorios o particiones
- Balcones
- Cielos rasos y luminarias
- Cubierta
- Escaleras
- Instalaciones (acueducto, alcantarillado, energía y gas)
- Ductos de ventilación
- Tanques elevados

Finalmente, se resumen la clasificación global del daño y de la habitabilidad por daños en elementos no estructurales mediante las denominaciones de “Habitable”, “Uso restringido” y “No habitable”, que se muestran en la siguiente tabla:

Nivel de daño	HABITABLE	USO RESTRINGIDO	NO HABITABLE
1. Ninguno	≤ 100%	-	-
2. Leve	≤ 100%	-	-
3. Moderado	≤ 30%	30 – 100%	-
4. Fuerte	-	≤ 60%	≥ 60%
5. Severo	-	≤ 60%	≥ 60%
Comentarios	Los daños son leves y muy puntuales y no ofrecen peligro para la integridad de las personas.	Peligro puntual de falla o caída de objetos, en zonas diferentes a los accesos y escaleras. Se pueden remover fácilmente.	Daños generalizados.

Tabla 1: Nivel de daño en elementos no estructurales. Fuente: Guía técnica Col

### Evaluación de los daños en elementos estructurales

En este acápite, se determinan los diversos elementos estructurales a evaluar en función al tipo de sistema estructural existente. Cabe recalcar que en edificios de dos o más pisos se debe evaluar en un solo formulario toda la edificación. Los niveles de daño a aplicar son “Ninguno / muy leve”, “Leve”, “Moderado”, “Fuerte” y “Severo”. Por lo tanto, se considera:

- Vigas, columnas y muros estructurales en concreto armado
- Mampostería
- Muros de tapia, adobe o bahareque
- Vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero
- Vigas, columnas y uniones en estructuras de madera
- Construcciones en material precario (sin sistema estructural)
- Entrepisos

A continuación, desarrollamos lo especificado para vigas, columnas y muros estructurales de concreto armado. Allí se identifican los tipos de daños según el elemento estructural; estos se pueden resumir en la siguiente tabla:

Elemento	Daños estructurales
Vigas	-Grietas diagonales y rotura de estribos por cortante o torsión y grietas verticales -Rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión por cargas alternadas -Falla por pandeo del refuerzo longitudinal o falla por adherencia
Columnas	-Grietas diagonales causadas por cortante o torsión o grietas verticales -Desprendimiento del recubrimiento -Aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión
Uniones o nudos	-Grietas diagonales -Fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas
Losas	-Grietas por punzonamiento alrededor de columnas -Grietas longitudinales a lo largo de losa de piso

Tabla 2: Nivel de daño en elementos estructurales. Fuente: Propia adaptada de Guía técnica Col

A partir de allí, la guía de inspección colombiana establece diversas condiciones para el cumplimiento de un nivel de daño. En el caso de nivel de daño “Ninguno / muy leve” solo se permiten fisuras de ancho menor a 0.2 mm, imperceptibles. Para un nivel “Leve” se permite fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm. En el nivel “Moderador” se observan grietas de anchos entre 1.0 mm

y 2.0 mm, además de una pérdida incipiente del recubrimiento. El nivel de daño “Fuerte” se caracteriza por un agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo longitudinal. Finalmente, en el nivel de daño “Severo” se debe observar la degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal, además de deformaciones e inclinaciones excesivas.

#### Clasificación de la habitabilidad por problemas del entorno

Para la evaluación también se toma en consideración la infraestructura que rodea a la edificación. Se definen los criterios de “Habitable”, “Uso restringido” y “No habitable” y se plantean las siguientes preguntas:

- Edificio o infraestructura vecina crítica que pueda caer y afectar estabilidad (No - Sí - No se pudo determinar)
- Evento adverso inminente que puede afectar la habitabilidad de la edificación (No - Sí)

#### Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación

Una vez terminada la inspección visual, se procede a clasificar de manera global el daño y habitabilidad de la edificación. Para ello, se emplea la siguiente tabla, donde los colores especificados serán utilizados para la colocación de avisos de habitabilidad en la entrada de la edificación:

CLASIFICACIÓN HABITABILIDAD (COLOR)	CLASIFICACIÓN DEL DAÑO	DESCRIPCIÓN
Habitable (Verde)	1. NINGUNO	Inmuebles que no sufrieron con el sismo y que no presentan evidencia de ningún tipo de daños
Habitable (Verde)	2. LEVE	Inmuebles que sufrieron daños leves y muy puntuales en elementos arquitectónicos, los cuales pueden ser reparados fácilmente y que no ofrecen peligro para la integridad de las personas que la ocupan
Uso restringido (Amarillo)	3. MODERADO	Inmuebles que sufrieron daños importantes en elementos arquitectónicos, su ocupación estaría condicionada al retiro o reparación de aquellos elementos que ofrezcan peligro de caerse
No habitable (Naranja)	4. FUERTE	Inmuebles que sufrieron daños estructurales, grietas grandes en vigas, columnas o muros. Presenta disminución en su capacidad para resistir cargas. Hay que evaluar la necesidad de apuntalar la edificación
Peligro de colapso (Rojo)	5. SEVERO	Inmuebles que sufrieron daños generalizados en su estructura, presentan peligro de colapso o derrumbe inminente. Es necesario evacuarlos totalmente y proteger calles y las edificaciones vecinas.
	6. COLAPSO TOTAL	El inmueble está totalmente en ruinas

Tabla 3: Clasificación de habitabilidad final. Fuente: Guía técnica Col

### Evaluación del porcentaje y daños en la edificación

En la guía colombiana se establecen los siguientes porcentajes de daño, basados en la metodología propuesta por el ATC-13 (Applied Technology Council 1985). Estos porcentajes finales se presentan a continuación:

Caracterización de Daño	Rango de Daño %	Índice de Daño	Descripción
1. NINGUNO	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.

Tabla 4: Caracterización del daño final. Fuente: Guía técnica Col

Por último, en el Anexo 1, se muestra un formulario que resume este procedimiento de inspección visual.

### **2.2.2. Evaluación de estructuras de hormigón armado en España según el ACHE**

Este procedimiento de evaluación fue redactado por la ACHE (Asociación Española de Ingeniería Estructural) y a pesar de estar enfocado en estructuras edificadas en España puede ser extrapolado y aplicado a cualquier medio geográfico, por lo que sirve a modo de referencia para nuestra región. La presente evaluación está enfocada en la seguridad, funcionalidad y durabilidad de estructuras de concreto armado ante una gran variedad situaciones, tales como:

- Variación de uso.
- Incremento en el número de pisos de un edificio.
- Eliminación o variación de elementos estructurales por de obras de reforzamiento.
- Peritaje de seguridad.
- Legalizar edificios construidos de manera informal.
- Realización de tasaciones.
- Chequeos estructurales.
- Análisis del estado estructural del parque inmobiliario.
- Construcción de obras próximas a la edificación.

Ante las circunstancias mencionadas anteriormente la monografía menciona una serie de cuestionamientos necesarios que deben ser absueltos, “el informe de evaluación debe brindar una respuesta precisa a los cuestionamientos básicos que nacieron con la necesidad de la evaluación” (ACHE, p15) las interrogantes planteadas son las siguientes:

- ¿Se tienen buenas condiciones de seguridad?
- ¿Cuál es la causa de los posibles daños?

- ¿Es necesario tomar medidas de emergencia o se pueden mantener las condiciones actuales?
- ¿Qué tan importantes son los daños desde el punto de vista de la sensación de seguridad?
- ¿Es posible reparar los daños o es necesario ejecutar un reforzamiento?
- ¿Los daños pueden empeorar o están estabilizados?
- En caso de no estar estabilizados. ¿Cuál es el rango de tiempo antes de llegar a comprometer seriamente la seguridad de la estructura?

El proceso de evaluación está segmentado en dos partes las cuales son la evaluación preliminar y la evaluación detallada, las cuales desarrollaremos a continuación:

#### Proceso de evaluación preliminar

Es la primera acción del estudio a realizar y consiste en establecer un juicio previo sobre el estado real de la estructura y sus características tales como resistencia, rigidez entre otras. Esta etapa puede contener cálculos simples que de resultar satisfactorios podrían concluir con la evaluación, sin embargo, de no obtener resultados favorables se deben implementar de manera inmediata medidas de seguridad para poder continuar con la investigación. El primer paso consiste en realizar una revisión de la documentación existente, esta actividad está orientada a contrastar la información con la realidad para de esta manera confirmar la validez de estos o justificar su rechazo. Adicionalmente, es ideal realizar un chequeo de los posibles mecanismos de fallo además de la capacidad de carga de los elementos principales, esto se logra haciendo un análisis visual de los síntomas de agotamiento o elementos en mal estado a modo de poder identificar qué otros elementos están asumiendo las cargas.

Finalmente, si los resultados obtenidos en esta primera parte nos brindan resultados satisfactorios, es decir, las estimaciones realizadas están dentro de los márgenes de seguridad y no se tiene previsto un incremento de las cargas en la edificación de puede concluir con la evaluación, sin embargo, es muy frecuente que este primer análisis no

brinde la información suficiente para tener resultados concluyentes por lo que se procede a realizar una evaluación detallada.

### Proceso de evaluación detallada

Es el paso determinante en la evaluación estructural y puede generar tres posibles conclusiones que serán derivadas del análisis estructural. Podemos obtener una estructura con márgenes de seguridad aceptables, una estructura sobre solicitada o con factores de seguridad menores a la unidad o factores mayores o iguales a la unidad pero que no satisfagan lo expresado en las normas. Para esta parte del proceso es muy importante que el informe de evaluación tenga expresados de manera muy clara las actividades realizadas, las hipótesis y las conclusiones respectivas.

En el Anexo 2 se muestra el esquema a seguir para la evaluación preliminar y en el Anexo 3, para la evaluación detallada según el ACHE.

### **2.2.3. Manual de Evaluación Estructural de Edificaciones Post Evento Sísmico según el ATC 20**

Existen tres diferentes tipos de procesos de la ATC-20 para evaluar la seguridad de la estructura, entre ellos está la evaluación rápida, evaluación detallada y evaluación ingenieril. En la figura 2, se observa un esquema del proceso de identificación estructural para la evaluación, en donde se especifican los tipos de evaluación a realizar.

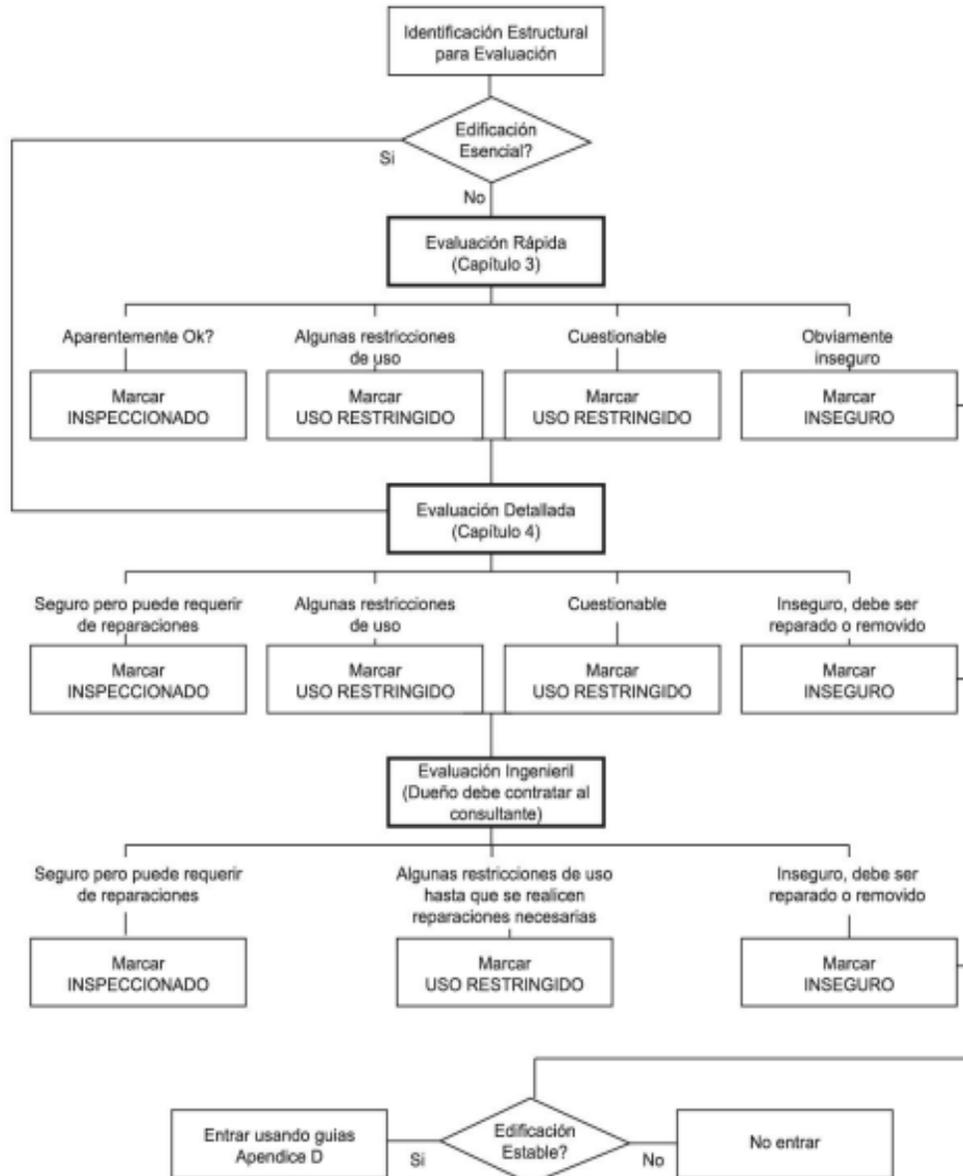


Figura 2: Diagrama de flujo para la evaluación y marcación de edificaciones. Fuente: ATC-20

Esta evaluación fue diseñada para hallar rápidamente los daños severos que se presentan en una estructura y aprovechar la cantidad de personal calificado disponible después del evento telúrico. Además, es normalmente la primera y, en varios casos, la única evaluación que se le realiza a las estructuras y tiene una duración de 10 a 30 minutos por edificio.

Las inspecciones se realizan empleando una ficha técnica, en donde se determinan las posibles fallas estructurales, falla del suelo y los peligros que amenacen a la estructura en estudio. A continuación, se presentan los pasos que se siguen para realizar una inspección rápida para determinar la condición de la estructura:

- Colapso parcial o totalmente de la edificación o su cimentación ha sido afectada.
- inclinación de la edificación o de algún nivel de este.
- Presencia de grietas de gran tamaño, daños graves en elementos estructurales u otros daños.
- Amenaza de elementos que se puedan caer como parapetos, chimeneas, entre otros.
- Fisuras, movimiento de suelo y derrumbe de material.
- Otros riesgos (tuberías de gas rotas, derrames de químicos tóxicos, etc.)

Una vez determinada la condición de la estructura, esta se señala de acuerdo a los resultados de la evaluación y puede ser inspeccionada, uso restringido o inseguro. Para el caso de señalización inspeccionada, se debe especificar si la inspección fue “exterior” o “exterior e interior”. Además, todas las entradas de las edificaciones, a excepción de las unifamiliares, deben estar clasificadas como “Inspeccionada”, “Uso restringido” o “Uso inseguro”. En el Anexo 4, se muestra la ficha de inspección rápida que se emplea para la inspección.

#### b) La evaluación detallada

Esta evaluación se emplea para hallar el estado real de seguridad de la edificación en estudio. Mayormente, estas edificaciones son calificadas como “Uso Restringido o Inseguras” en la evaluación rápida. Este método evalúa visualmente los daños generados en las edificaciones y está a cargo de Ingenieros Estructurales especialistas en este tipo de análisis e Ingenieros de otras especialidades según sea necesario. Normalmente, la evaluación tiene una duración de 1 a 4 horas y se realiza al día siguiente o días después del evento

sísmico. A continuación, se detallarán los pasos a seguir para realizar una correcta evaluación detallada:

*Paso 1: Análisis exterior de la edificación*

- Determinar el sistema de análisis estructural.
- Para ingresar a las estructuras que estén señalizadas como inseguras, se requerirá de un permiso del departamento local de construcción.
- Identificar los daños estructurales ocasionados en las discontinuidades verticales y en las zonas donde exista irregularidad estructural.
- Identificar otros daños estructurales como desprendimiento del concreto, fisuras en las paredes, etc.
- Verificar los daños causados en los elementos no estructurales como las fachadas, paredes, etc.
- Revisar si la cimentación o los muros de planta baja de la edificación sufrieron daños como grietas o fracturas.

*Paso 2: Examinar el sitio en búsqueda de amenazas geotécnicas*

- Identificar si los daños generados en las cimentaciones han afectado a las edificaciones vecinas, con la finalidad de prevenirlas.
- Revisar si el suelo presenta hundimientos, fisuras o desplazamientos verticales.
- En zonas con pendiente elevada se examina el área afectada para ver si hay presencia de derrumbes o deslizamientos.
- Si existen indicios de amenazas geotécnicas, se deberá realizar la evaluación detallada con un ingeniero geotécnico calificado para que conforme el equipo de trabajo de inspección.

*Paso 3: Inspeccionar el sistema estructural de la edificación desde su interior*

- Verificar si existe peligro de derrumbe o colapso estructural.

- Para una revisión más detallada de los daños estructurales (desde adentro) se podrá optar por remover el cielo raso o falso techo, previa aprobación por el dueño de la edificación.
- Las escaleras, cuartos de máquinas, y otras áreas importantes serán verificadas a detalle para evaluar su sistema estructural.
- Examinar los elementos estructurales que soportan a las cargas verticales, como las columnas, vigas y losas para identificar las fallas estructurales.
- Verificar las derivas generadas en cada entrepiso por las cargas laterales, ya que estas evidencian el daño estructural que sufre la edificación.
- Verificar si se produjeron asentamientos diferenciales en las cimentaciones, ya que estos causan grietas en las losas.
- Examinar todos los pisos en general.

*Paso 4: Inspeccionar amenazas no estructurales*

- Es necesario examinar los daños no estructurales generados en el interior de la estructura como las paredes divisorias no estructurales.

*Paso 5: Inspeccionar otras amenazas*

- En caso de presencia de ascensores, la inspección la debe realizar una persona calificada.
- En caso de presencia de almacenes químicos, revisar si se produjeron derrames de materiales tóxicos.
- Verificar la accesibilidad de las salidas como las escaleras de emergencia.

*Paso 6: Completar con el formato de inspección y señalización de la estructura*

- Una vez evaluada la estructura, se debe completar la ficha de inspección de Evaluación Detallada y agregar acciones complementarias a realizar como arriostrar determinados elementos estructurales.

- Con los resultados de la evaluación, se debe colocar la pancarta respectiva (Inspeccionado, Uso restringido o Inseguro) a la entrada de la edificación, para evitar futuros accidentes.
- Explicar a los habitantes de cada edificación el significado de cada pancarta, en especial la de “Uso restringido o Inseguro”, ya que en esos casos se debe evacuar inmediatamente.

En el Anexo 5, se muestra la ficha de inspección para la Evaluación Detallada.

#### **2.2.4. Comparación de normas**

En el Anexo 6, se presenta una tabla comparativa con los aspectos más relevantes de las metodologías descritas en el acápite anterior, con la finalidad de identificar sus similitud y diferencias. Los puntos que se comparan son los objetivos, duración de la evaluación, personas a cargo de la evaluación, tipo de inspección y clasificación de la inspección.

# CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

## 3.1. Alcance

Se propone una metodología de evaluación estructural post sismo la cual también puede ser aplicada en los siguientes casos:

- Deterioro de la estructura a lo largo de los años (corrosión, fatiga, etc)
- Cambio de uso o de cargas, diferentes a las que fue diseñada la estructura (incremento de número de pisos del edificio).
- Extensión del tiempo de vida para el que fue diseñada la estructura.
- Chequeos estructurales.

Asimismo, cabe resaltar que esta metodología no se aplica para edificaciones luego de incendios.

## 3.2. Proceso de evaluación

La presente metodología está compuesta por dos etapas secuenciales; la primera corresponde a una evaluación preliminar rápida, y la segunda, corresponde a una evaluación detallada. Asimismo, dependiendo de la importancia de la edificación, se podrá utilizar solo la evaluación preliminar o se exigirá una evaluación detallada desde un principio.

El proceso de evaluación consiste en realizar primero una evaluación preliminar y en base a esta decidir si es que se puede hacer un diagnóstico de la edificación o si es que se necesita una evaluación más detallada. Dicha segunda evaluación permitirá tener un mejor conocimiento del estado de la estructura y se podrán dar mejores interpretaciones. De esta manera, se comprende que el proceso de evaluación se concluye una vez que se tenga un diagnóstico verídico del estado actual de la estructura.

Para el caso de edificaciones como colegios y hospitales, estos deberán ser evaluados a detalle debido a su importancia. Por tal motivo, en dichos casos se realiza la evaluación detallada desde un principio. Sin embargo, para el caso de edificaciones comunes, se puede realizar la evaluación preliminar antes de la detallada, ya que en algunos casos puede que con dicha evaluación baste para realizar un diagnóstico.

A continuación, se presentan las características y limitaciones de ambas etapas.

### **3.2.1 Evaluación preliminar**

Las edificaciones a las que se aplica esta primera evaluación son las no esenciales como, por ejemplo: oficinas, hoteles, viviendas, restaurantes, entre otros. Es decir, es aplicable a todo tipo de edificación que no sea del tipo de uso A o B de la Norma E.030. La duración de esta evaluación comprende entre 15 a 20 minutos.

El personal requerido para esta inspección preliminar corresponde a ingenieros civiles, arquitectos y técnicos de construcción civil especializados en temas relacionados al comportamiento estructural y evaluación sísmica de edificaciones.

Asimismo, los materiales e implementos necesarios para esta etapa son los siguientes:

- Ficha con el formato de inspección planteado
- Cámara fotográfica o celular con buena resolución

A continuación, se presentan los pasos a seguir para realizar la inspección preliminar.

#### **3.2.1.1. Procedimiento**

- **Paso 1: Recopilación de documentación**

Previa a la visita del edificio a evaluar, los encargados de realizar la inspección deben estudiar y revisar toda la documentación disponible sobre el edificio. Dicha documentación incluye a

los planos estructurales, arquitectónicos, estudios de suelos, reportes de reforzamientos previos, entre otros. Este paso permitirá a los evaluadores entender e identificar las posibles zonas más afectadas antes de ir al lugar.

- **Paso 2: Evaluación en sitio**

Este paso corresponde a la inspección de campo, donde se realiza una evaluación visual y se identifican rajaduras, grietas, problemas constructivos, deformaciones, corrosión, fatiga, entre otras anomalías de fácil percepción. El inspector debe tomar evidencia fotográfica de cada daño que presente la estructura.

- **Paso 3: Compatibilización de dimensiones en planos con la realidad**

Se debe hacer un chequeo rápido de los elementos que se encuentran en el plano con los que se encuentran en el edificio actual. Asimismo, para asegurar que las dimensiones sean las correctas, se puede medir los elementos principales para comparar sus dimensiones con las del dibujo. Finalmente, se verifica que ningún elemento falte en el plano; además, si es que hay diferencias o incompatibilidad, estas se anotan para que sean consideradas en el análisis. En caso de que no existan planos estructurales, esta práctica adquiere más importancia puesto que se tendría que hacer un replanteo de la edificación.

- **Paso 4: Comentarios sobre los resultados obtenidos**

Al término de la inspección preliminar, los evaluadores deben llegar a una de las siguientes 4 conclusiones:

- Edificación aparentemente segura
- Edificación con algunas restricciones de uso
- Estado cuestionable de la edificación
- Edificación totalmente insegura

Si es que la edificación resulta aparentemente segura, no es necesario realizar una evaluación detallada y puede ser habitada. Sin embargo, si se presentan algunas restricciones de uso o su estado es cuestionable, se debe proceder con una evaluación detallada.

- **Paso 5: Realización de las bases para la evaluación detallada**

En base a los resultados obtenidos en la inspección preliminar, se establece una guía para realizar la evaluación detallada, si es que esta es necesaria. Dicho acto facilita y agiliza la siguiente evaluación puesto que se tendrá un mejor panorama previo.

### **3.2.1.2. Contenido de la ficha de inspección preliminar**

La ficha de inspección que se plantea está conformada por los siguientes incisos que deben de llenarse obligatoriamente a fin de cumplir con el objetivo de esta primera evaluación.

- Ubicación: Se debe precisar la dirección exacta de la edificación a evaluar. Asimismo, colocar una fotografía de la fachada donde se muestra alguna referencia de su ubicación. Además, especificar si es que existen edificaciones aledañas y registrar fotografías de estas.
- Tipo de edificación: Especificar qué tipo de sistema estructural se está evaluando (sistema de muros, dual, aporticado, etc). Asimismo, especificar el número de pisos y área total de la edificación. Finalmente, registrar si es que se encuentran algunos elementos de otros materiales que no sean de concreto armado. Cabe resaltar, que el material predominante de la edificación debe ser de concreto armado para que esta ficha sea aplicable.
- Uso de la edificación: Se debe de especificar el uso con el que se diseñó la edificación originalmente de acuerdo a lo establecido en la Norma E.030. Asimismo, también se debe de especificar si es que hubo algún cambio de uso durante el tiempo de vida de la edificación.

- Compatibilidad con los planos de diseño: Se debe verificar que al menos los elementos estructurales principales se encuentren acorde a lo establecido en los planos estructurales. Cualquier incongruencia debe ser especificada y fotografiada en la ficha de inspección.
- Daños observados: Se deben registrar los daños más visibles sin entrar a detalles. Los daños a tener en cuenta son: rajaduras, grietas, problemas constructivos, deformaciones, corrosión, fatiga, entre otras anomalías de fácil percepción. Cada anomalía que se encuentre debe ser fotografiada y ubicada en el plano estructural.
- Diagnóstico preliminar: En base a lo observado en dicha visita, se clasifica a la edificación en alguna de las siguientes categorías:
  - Edificación aparentemente segura: No presenta grandes daños perceptibles, su estado es seguro para ser habitable sin necesidad de alguna restauración.
  - Edificación con algunas restricciones de uso: Se presentan algunos daños y se requieren ciertas reparaciones que dificultan la inmediata habitabilidad de la edificación. Se recomienda una evaluación detallada.
  - Estado cuestionable de la edificación: Se presentan varios daños e incompatibilidades con el plano. Es obligatoria una evaluación detallada a fin de realizar un correcto diagnóstico.
  - Edificación totalmente insegura: La edificación se encuentra en evidentes malas condiciones y no es habitable. Necesita un plan de restauración y una evaluación detallada.
- Comentarios para la realización de la evaluación detallada: En base a la inspección preliminar, se realizan recomendaciones para tener una evaluación detallada más efectiva. Es decir, se especifican las zonas más críticas y que deben poseer más importancia al momento de realizar la nueva evaluación; así como también, se entrega toda la documentación registrada hasta dicho momento.

## FICHA DE INSPECCIÓN POST SÍSMICA: EVALUACIÓN PRELIMINAR

### 1. Datos del Inspector

Nombre:		Firma	
Código CIP:	Fecha:	Hora:	

### 2. Ubicación y descripción de la edificación

Nombre de la edificación:			
Dirección:		Zonificación	
Distrito:	Provincia	Departamento	
Referencias:			

Fotografía de la fachada:

Comentarios adicionales:

### 3. Tipo de edificación

Tipo de sistema estructural en Concreto Armado:	Pórtico		Muros estructurales		Muros de ductilidad limitada		Otros	
Elementos de otro material (No CA)								
Número de pisos:								
Área construida (m2):					Cantidad de habitantes en la edificación:			

### 4. Uso de la edificación:

Vivienda	
Oficina	
Hotel	
Restaurante	
Otros	

### 5. Compatibilidad con los planos de diseño

¿Es compatible?	Si		No	
-----------------	----	--	----	--

Comentarios:

Fotografías:

--	--

6. Evaluación de daños			
Daños generales:	Ninguno/Leve	Moderado	Severo
Colapso parcial o total de la edificación			
Inclinación de la edificación o de un entrepiso			
Edificación fuera de su cimentación			

Daños estructurales:	Rajaduras	Grietas	Corrosión	Fatiga	Problemas constructivos	Deformaciones	Otros
Cimentaciones							
Columnas o placas							
Vigas							
Losas							
Uniones (Viga-columna, viga-placa, muro-losa)							
Otros:							
Fotografías:							

7. Diagnóstico preliminar	
Edificación aparentemente segura	
Edificación con algunas restricciones de uso	
Estado cuestionable de la edificación	
Edificación totalmente insegura	

8. Comentarios para la realización de la evaluación detallada

*Tabla 5: Ficha de inspección preliminar.*

*Fuente: Propia.*

### **3.2.2. Evaluación detallada**

El objetivo de la evaluación detallada es determinar con mayor precisión los daños que ha sufrido la estructura y qué tan segura es esta, en comparación con la evaluación rápida. Esto permitirá obtener un diagnóstico certero del estado real de la estructura y, posteriormente, proponer la mejor forma de intervenir para reparar o reforzar la estructura en estudio.

El tiempo de duración de esta evaluación es de 1 a 2 horas, dependiendo de las características de la edificación, el nivel de daño presente y la cantidad de especialistas que se requieran.

La evaluación detallada solo será realizada si en la evaluación preliminar se obtuvo el calificativo de dudoso porque no quedó claro el estado de seguridad de la edificación (segura o insegura). Además, esta evaluación puede ser realizada a un área específica o a toda la edificación.

Al ser la evaluación detallada un método visual, quienes están a cargo de realizar esta evaluación son ingenieros civiles especialistas en estructuras y según el daño que se presente en los diferentes elementos estructurales y en toda la edificación en general, se requerirá de especialistas en geotecnia, instalaciones eléctricas y sanitarias, entre otros.

En el Perú, la Norma E.030 Diseño Sismorresistente clasifica a las estructuras de acuerdo a su importancia, por lo que se debe tener en cuenta que las edificaciones tipo A (esenciales) y tipo B (importantes) pasan directamente a la evaluación detallada.

A continuación, se presenta la metodología empleada y la ficha de inspección que se propone.

#### **3.2.2.1. Procedimiento**

- **Paso 1: Revisión de la documentación detallada**

Se debe tener los planos de la edificación para poder facilitar la inspección y compatibilizarlos con el estado real de la estructura, y se debe revisar los registros de mantenimiento de la edificación. Esta información permitirá comprender el historial

de la estructura y determinar cuáles son los daños causados por el evento telúrico. Además, se debe identificar cuál es la importancia de la edificación.

- **Paso 2: Inspección general de la edificación (solo para edificaciones tipo A y B)**

Como las edificaciones tipo A y B pasan directamente a la evaluación detallada, es necesario identificar el estado general de la edificación, los cuales son:

- Habitable
- Uso restringido
- No habitable

Si ya se realizó la inspección preliminar, omitir el paso 1 y 2.

- **Paso 3: Inspección exterior de la edificación**

Se debe tener en cuenta el estado general de la edificación, ya que en caso se encuentre como “No habitable”, solo se podrá ingresar con un permiso del departamento local de construcción.

Con la ayuda de los planos, identificar los daños estructurales en las discontinuidades verticales y en las zonas donde haya irregularidad estructural.

Verificar si hay presencia de daños estructurales como fisuras, grietas, desprendimiento del concreto, etc. y llevar un registro de estos que contenga la ubicación y fotos de los posibles daños.

Verificar si hay presencia de daños no estructurales como en las fachadas, paredes, etc.

Finalmente, clasifica en daño leve, moderado y severo según los criterios antes mencionado.

- **Paso 4: Evaluación de daños geotécnicos**

Revisar si la cimentación de la edificación presenta grietas o fracturas y si las cimentaciones de las edificaciones vecinas también han sido afectadas, con la finalidad de prevenir posibles fallas.

Evaluar si el suelo presenta asentamientos, fisuras o desplazamientos. En caso de estar en una zona con pendiente elevada, se verificará si hay fallas en taludes o desprendimientos.

Esta evaluación geotécnica la debe realizar un ingeniero geotécnico con experiencia en este tipo de análisis.

Finalmente, clasifica en daño leve, moderado y severo según los criterios antes mencionado.

● **Paso 5: Evaluación de daños de elementos estructurales**

Los elementos estructurales son los que soportan tanto las cargas verticales como las laterales de la edificación, por lo que su evaluación es esencial para determinar el nivel de seguridad de la estructura.

A continuación, se muestran los criterios a evaluar en cada elemento estructural para identificar el nivel de daño:

*Tabla 6: Daños estructurales por elemento Fuente: Propia.*

ELEMENTO ESTRUCTURAL	DAÑOS ESTRUCTURALES
<b>VIGAS</b>	-Presencia de grietas en vigas, en especial cerca al nudo columna-viga -Desprendimiento del recubrimiento -Aplastamiento del concreto por los esfuerzos de flexión y exposición o rotura del refuerzo longitudinal
<b>COLUMNAS O PLACAS o MDL</b>	-Presencia de grietas diagonales en las columnas causadas por los esfuerzos cortantes o torsión -Presencia de grietas verticales o en las uniones viga-columna, viga-placa -Desprendimiento del concreto y exposición del refuerzo transversal y longitudinal -Aplastamiento en el concreto y pandeo en las barras de refuerzo longitudinales causadas por el exceso de esfuerzos de flexo compresión

<b>LOSAS</b>	-Presencia de grietas por punzonamiento alrededor de las columnas -Presencia de grietas en las losas -Desprendimiento del concreto y exposición de las barras de refuerzo
--------------	---

Finalmente, clasifica en daño leve, moderado y severo según los criterios antes mencionado.

- **Paso 6: Evaluación de daños de elementos no estructurales**

Los elementos estructurales no aportan rigidez a la estructura; sin embargo, la caída de estos afecta directamente en la vida y seguridad de los ocupantes. Por ejemplo, como elementos no estructurales están los estantes, vitrinas, muros divisorios, etc.

Se verifica si los elementos estructurales presentan daños graves y si la caída de estos pone en peligro la vida de los ocupantes.

Finalmente, clasifica en daño leve, moderado y severo según el criterio antes mencionado.

- **Paso 7: Completar la ficha de inspección y colocar la señalización correspondiente**

Una vez finalizada la evaluación detallada de daños en la edificación, se debe completar la ficha de inspección correspondiente. Además, se agregaron acciones complementarias de refuerzo de los elementos estructurales brindadas por los ingenieros especialistas a cargo de la evaluación.

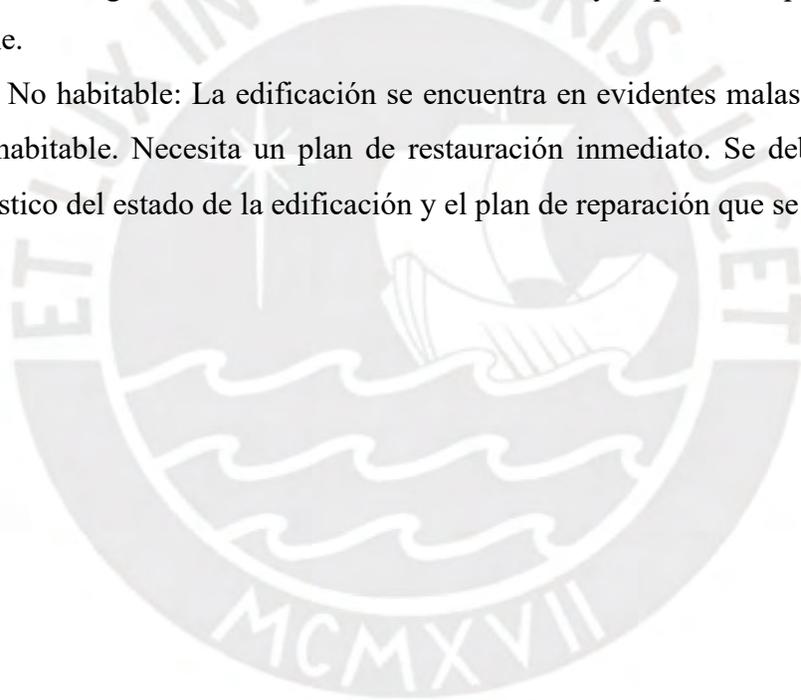
Se señalizará la edificación de forma general en “Habitable”, “Uso restringido” y “No habitable”, y se les explicará a los habitantes que significa cada cartel para evitar futuros accidentes. Adicionalmente, cada aspecto evaluado de la edificación será calificado de acuerdo al nivel de daño alcanzado: “Leve”, “Moderado y “Severo”.

### 3.2.2.2. Contenido de la ficha de inspección detallada

La ficha de inspección que se plantea está conformada por los siguientes incisos que deben de llenarse obligatoriamente a fin de cumplir con el objetivo de esta evaluación detallada.

- Ubicación: Se debe precisar la dirección exacta de la edificación a evaluar. Asimismo, colocar una fotografía de la fachada donde se muestra alguna referencia de su ubicación. Además, especificar si es que existen edificaciones aledañas y registrar fotografías de estas.
- Tipo de edificación: Especificar qué tipo de sistema estructural se está evaluando (sistema de muros, dual, aporticado, etc). Asimismo, especificar el número de pisos y área total de la edificación. Finalmente, registrar si es que se encuentran algunos elementos de otros materiales que no sean de concreto armado. Cabe resaltar, que el material predominante de la edificación debe ser de concreto armado para que esta ficha sea aplicable.
- Importancia de la edificación: Se debe especificar si la edificación es esencial (tipo A y B), según la Norma E.030.
- Uso de la edificación: Se debe de especificar el uso con el que se diseñó la edificación originalmente de acuerdo a lo establecido en la Norma E.030. Asimismo, también se debe de especificar si es que hubo algún cambio de uso durante el tiempo de vida de la edificación.
- Daños observados: Se deben registrar los daños más visibles según las categorías de daños generales, estructurales, geotécnicos y no estructurales. Los daños a tener en cuenta son: rajaduras, grietas, problemas constructivos, deformaciones, corrosión, fatiga, entre otras anomalías descritas en el acápite anterior.
- Compatibilidad con los planos de diseño: Se debe verificar que al menos los elementos estructurales principales se encuentren acorde a lo establecido en los planos estructurales. Cualquier incongruencia debe ser especificada y fotografiada en la ficha de inspección. Esto solo se realizará para las edificaciones esenciales, para el caso de las no esenciales, se indicará en los comentarios que la estructura ya fue compatibilizada en la inspección preliminar.

- Croquis de los daños de la estructura: Se debe registrar con fotografías o mediante un croquis y una descripción detallada, los principales daños observados en la edificación.
- Clasificación global: En base a lo observado en dicha visita, se clasifica a la edificación en alguna de las siguientes categorías:
  - Edificación Habitable: No presenta grandes daños perceptibles, su estado es seguro para ser habitable sin necesidad de alguna restauración.
  - Edificación con Uso restringido: Se presentan daños y se requieren ciertas reparaciones que dificultan la inmediata habitabilidad de la edificación. Se debe describir el diagnóstico del estado de la edificación y el plan de reparación que se propone.
  - Estado No habitable: La edificación se encuentra en evidentes malas condiciones y no es habitable. Necesita un plan de restauración inmediato. Se debe describir el diagnóstico del estado de la edificación y el plan de reparación que se propone.



## FICHA DE INSPECCIÓN POST SÍSMICA: EVALUACIÓN DETALLADA

<b>1. Datos del Inspector</b>			
Nombre:	Firma		
Código CIP:			
Fecha:			
Hora:			
<b>2. Ubicación y descripción de la edificación</b>			
Dirección:			Zonificación
Distrito:	Provincia	Departamento	
Nombre de la edificación:			
Número de pisos sobre el terreno (encima del terreno):			
Área construida (m2):			
Cantidad de habitantes en la edificación:			
Tipo de construcción de concreto armado:	Portico <input type="checkbox"/>	Muros estructurales <input type="checkbox"/>	Muros de ductilidad limitada <input type="checkbox"/> Otros
Importancia de la edificación:	¿Es esencial?	si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	
Uso:			
<b>Edificación esencial</b>		<b>Edificación no esencial</b>	
Centro de salud	<input type="checkbox"/>	Cárcel	<input type="checkbox"/>
Terminal terrestre	<input type="checkbox"/>	Almacén importante	<input type="checkbox"/>
Biblioteca	<input type="checkbox"/>	Centro comercial	<input type="checkbox"/>
Institución educativa	<input type="checkbox"/>	Estadio	<input type="checkbox"/>
Teatro	<input type="checkbox"/>	Cine	<input type="checkbox"/>
Otro:		Otro:	<input type="checkbox"/>
<b>3. Evaluación de daños</b>			
<b>Daños generales:</b>	Ninguno/Leve	Moderado	Severo
Colapso parcial o total de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inclinación de la edificación o de un entrepiso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificación fuera de su cimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños estructurales:</b>			
Cimentaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Columnas, placas o muros de ductilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Losas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uniones (Viga-columna, viga-placa, muro-losa)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños geotécnicos</b>			
Asentamientos, desplazamientos o fisuras en el terreno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños no estructurales</b>			
Parapetos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muros no estructurales y tabiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vidrios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luminarias	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instalaciones eléctricas, agua, desagüe, gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4. Compatibilidad con los planos de diseño</b>			
¿Es compatible?	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	
Comentarios:			
<b>Fotografías:</b>			
<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>		
Comentarios:	Comentarios:		

5 Croquis de los daños en la estructura

Descripción:

Descripción:

Descripción:

6 Clasificación global

Edificación Habitable  Edificación con Uso Restringido  Edificación no Habitable

Diagnóstico:

Reparación:

Tabla 7: Ficha de inspección detallada.

Fuente: Propia.

# CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. Conclusiones

En base a la bibliografía y normas internacionales utilizadas como referencia, se ha propuesto una metodología para la evaluación estructural post sismo de edificaciones de concreto armado, la cual también se puede aplicar en otras situaciones como cambio de uso de edificaciones o chequeos estructurales. Asimismo, cabe resaltar que la metodología propuesta no aplica para edificaciones luego de incendios.

Se decidió dividir la metodología propuesta en dos etapas secuenciales: Inspección preliminar y Evaluación Detallada. La primera es aplicable solo para edificaciones no esenciales y la segunda es aplicable para edificaciones de cualquier uso.

En cuanto a la etapa de inspección preliminar se elaboró una ficha de inspección la cual debe ser utilizada en una visita de 15-20 minutos a fin de realizar una inspección rápida y global del estado de la edificación. Al culminar la inspección, se debe concluir en alguno de los siguientes diagnósticos preliminares: Edificación aparentemente segura, Edificación con algunas restricciones de uso, Estado cuestionable de la edificación y Edificación totalmente insegura.

Con respecto a la evaluación detallada, se concluyó que las edificaciones tipo A y B que son consideradas esenciales según la Norma E.030, se les debe realizar la evaluación detallada directamente, sin pasar por la preliminar. Además, esta evaluación tiene una duración de 1-2 horas y debe ser realizada por un ingeniero civil especialista en estructuras. Al finalizar la inspección detallada, a la edificación se le clasifica en “Habitable”, “Uso Restringido” y “No habitable”.

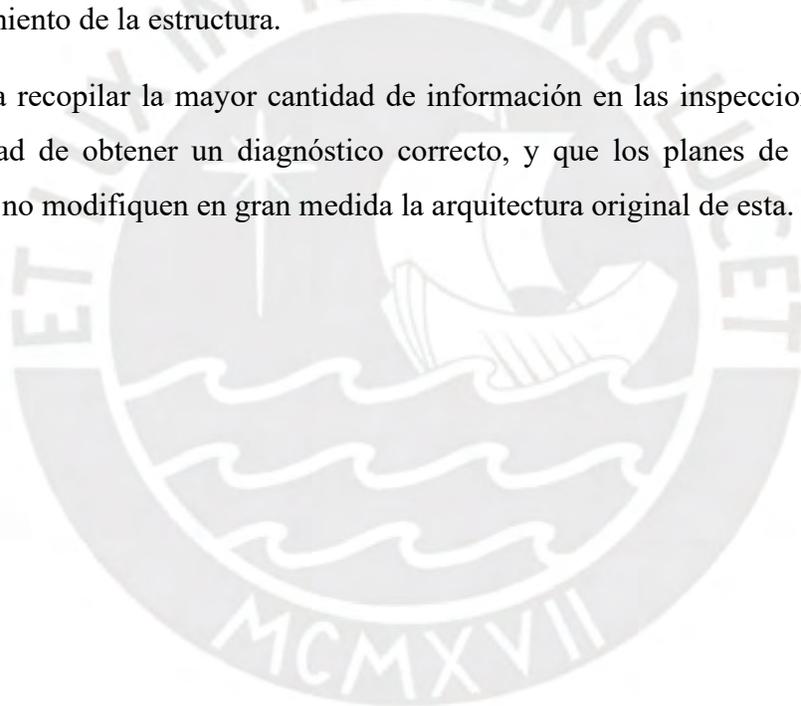
En conclusión, se ha logrado elaborar un procedimiento de evaluación cualitativa que permitirá a los profesionales adecuados realizar una inspección organizada y detallada del estado de edificaciones de concreto armado justo después de algún evento sísmico. Cabe resaltar que la metodología propuesta corresponde a uno de los primeros pasos para realizar la correcta evaluación estructural y diagnóstico final. Esto se debe a que el procedimiento planteado se utilizará posteriormente como base para realizar evaluaciones más profundas

con ensayos y análisis que ayuden a determinar la capacidad real de la estructura para su posterior rehabilitación en caso lo amerite. Debe comprenderse que la metodología propuesta esta diseñada para utilizarse, posteriormente, en acompañamiento con análisis sísmicos cuantitativos y que de esta no se concluye un diagnóstico oficial, sino es una propuesta que debe utilizarse como referencia por los profesionales adecuados.

#### **4.2. Recomendaciones**

Se recomienda que esta metodología sea utilizada por INDECI para que tengan un mejor registro de las estructuras dañadas por sismos. Asimismo, la metodología propuesta debe estar acompañada por un análisis cuantitativo que permita brindar un resultado más preciso del comportamiento de la estructura.

Se recomienda recopilar la mayor cantidad de información en las inspecciones realizadas, con la finalidad de obtener un diagnóstico correcto, y que los planes de restauración o reforzamiento no modifiquen en gran medida la arquitectura original de esta.



## CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFÍA

Andrade, J. (2016). *Manual de evaluación estructural de edificaciones post evento sísmico basado en el ATC 20-1* (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, Ecuador.

Aragón, J., Flores, L., y López, O. (2011). *Manual de formato de captura de datos para evaluación estructural Red Nacional de Evaluadores*. CENAPRED. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14391498/manual-del-formato-para-captura-de-datos-para-evaluacion->

CAPECO. (2018). Control de la informalidad. *Revista Construcción e Industria*. (341),12. Recuperado a partir de <https://issuu.com/capeco.org/docs/rcei0418>

Instituto Geofísico del Perú. (2017). Sismología. Recuperado a partir de <http://scts.igp.gob.pe/unidad-sismologia>

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. (2018). Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo (4).

López, C., Pérez, C., y Solórzano, L. (2017). *Aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para la evaluación del ala norte del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.

López, O. (2014). Guía para la Evaluación de Edificaciones con Fines de Adecuación Sísmica.

Morales, N., & Zavala, C. (2008). Terremotos en el litoral central del Perú: ¿podría ser Lima el escenario de un futuro desastre? *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 25 (2), 217-223. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n2/a11v25n2.pdf>

Ocola, L. (2019). Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú. *Revista Geofísica*. (61), 81-125. Recuperado a partir de <https://www.revistasipgh.org/index.php/regeofi/article/view/555>

Porras, M. (2019). *Metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en el Perú* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Sociedad Geológica del Perú. (2018). Peligro sísmico. Recuperado a partir de <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>

Tavera, H. (2008). Peligro sísmico en Lima y el país. *Revista del Centro de Estudios y Prevención de Desastres*. (14), 30-35. Recuperado a partir de <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/832/S0029.pdf?sequence=1>

Tavera, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. Instituto geofísico del Perú. Recuperado a parti de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20140926131431.pdf>

Umiri, D. (27 de abril de 2019). Colocación del concreto bajo temperaturas extremas: temperaturas altas. *Blog de la Construcción*. <https://www.yura.com.pe/blog/colocacion-del-concreto-bajo-temperaturas-extremas-temperaturas-altas/#:~:text=Las%20altas%20temperaturas%2C%20una%20alta,evaporaci%C3%B3n%20puede%20tambi%C3%A9n%20eliminar%20el>

Vasquez, E. (20 de Noviembre de 2014). *Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios*. SlideServe. Recuperado a partir de <https://www.slideserve.com/evangelina-vazquez/metodolog-a-para-la-evaluaci-n-de-la-seguridad-estructural-de-edificios>

Vera, H. (2003). *Evaluación de errores de datos sismológicos y sus efectos sobre los parámetros y modelos derivados de éstos para una región determinada cubierta por la red del Observatorio Sismológico del SurOccidente - OSSO* (Tesis de Pregrado). Universidad de Valle, Cali, Colombia.

364.1R-19: Guide for Assessment of Concrete Structures Before Rehabilitation. American Concrete Institute (1999).

ACHE (2014). *Monografía 33 Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado*.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Formulario de inspección visual según la “Guía técnica para la inspección de edificaciones después de un sismo de Colombia”.



**IDIGER**  
Instituto Distrital de Gestión de Riesgos  
y Cambio Climático

**FORMULARIO PARA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES  
DESPUÉS DE UN SISMO**



**ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.**



**ais**  
Asociación Colombiana  
de Ingeniería Sísmica

---

### IDENTIFICACIÓN CATASTRAL

LOCALIDAD:  BARRIO:

BARRIO	MANZANA	PREDIO	CONSTRUCCIÓN
--------	---------	--------	--------------

CÓDIGO CATASTRAL:

### TIPO Y CLASIFICACIÓN DE INSPECCIÓN

Ferretario Número:

Inspección de la edificación			Clasificación de habitabilidad			
Completa	Parcial	Examen solamente	Habitable (Verde)	Uso restringido (Amarillo)	No habitable (Rojo)	Peligro de colapso (Rosa)
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

### IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Dirección:

Nombre de la Edificación:

Uso predominante:

1. Residencial	2. Comercial	3. Educativo	De la edificación
4. Salud	5. Hotelero	6. Oficinas	<input type="text"/>
7. Industrial	8. Institucional	9. Bodegas	De la Planta Baja
10. Estacionamientos	11. Otros:		<input type="text"/>

Número de pisos: Nivelas sobre el terreno  Sótanos

Dimensiones aproximadas de la edificación: Frente (m)  Fondo (m)

### DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Sistema Estructural

Concreto Reforzado: 11 Pórtico de concreto 12 Muros estructurales 13 Columnas Rueder 14 Perfiles metálicos  
 15 Perfiles metálicos reforzados 16 Mampostera reforzada 17 Mampostera no reforzada (simple)  
 18 Mampostera no reforzada (doble)  
 Acero: 19 Pórticos metálicos 20 Pórticos no metálicos 21 Pórticos en celosía  
 Madera: 22 Pórticos y paredes en madera 23 Pórticos en maderas y paredes en otros materiales  
 Behénicas o leña (leños): 24 Muros en bahareque 25 Muros en leña o adobe  
 26 Muros 27 Muros en material precado (sin sistema estructural) 28 Otros

Tipo de Entrepiso

Concreto Reforzado: 11 Piso macizo 12 Pírcia aligerada 13 Resaca en celosía  
 Acero: 21 Látimesa colaborante (steel deck) 22 Vigas 23 Cerdas  
 Madera: 31 Vigas 32 Cerdas 33 Otros

Año de construcción

1. Antes de 1950 2. 1950 a 1965 3. 1966 a 1980  
 4. 2000 a 2011 5. A partir de 2012

---

### ESTADO DE LA EDIFICACIÓN

**Estado General de la Edificación**

Revisar la edificación en forma global para las condiciones señaladas a continuación y hacer las aclaraciones necesarias en la sección de comentarios:

1. Existe colapso: 1. No 2. Parcial 3. Total

2. Desviación o inclinación de la edificación o de algún entpiso: 1. No 2. Sí 3. No se pudo determinar

3. Faltó el asentamiento de la cimentación: 1. No 2. Sí 3. No se pudo determinar

A. Clasificación de la habitabilidad por estado general de la edificación: 1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable 4. Peligro de colapso

**Daños en Elementos Arquitectónicos (no estructurales)**

Indique el grado de daño de los elementos arquitectónicos (no estructurales) de acuerdo a la siguiente escala o NA en caso de que no aplique

1. Ninguno 2. Leve 3. Moderado 4. Fuerte 5. Severo

7. Muros de fachadas o antepiechos

8. Vidrios exteriores

9. Acabados exteriores (incluyendo antenas, laterales o similares)

10. Muros divisorio o particiones

11. Balcones

12. Dado rielos y limpiavidas

13. Cubierta

14. Escaleras

15. Instalaciones: Acueducto  Red sanitaria  Energía  Gas

16. Ductos de ventilación

17. Tanques elevados

C. Clasificación de la habitabilidad por daños en elementos no estructurales: 1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable

(Existe una clasificación previa?  ¿Cuál? )

### Problemas Geotécnicos

4. Falla en talud o movimientos en masa que afecte la edificación: 1. No 2. Puntual 3. General

5. Asentamiento, subsistencia o licuación que afecte la edificación: 1. No 2. Puntual 3. General

6. Grietas en el terreno circundante: 1. No 2. Inicipientes 3. Generalizadas

6. Clasificación de la habitabilidad por problemas geotécnicos: 1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable 4. Peligro de colapso

**Daños en Elementos Estructurales en el piso de mayor afectación**

Indique el nivel de entpiso con el mayor daño

Indique el porcentaje de los elementos afectados según su grado de daño, la sumatoria para cada elemento debe ser del 100%.

	Ninguno	Leve	Moderado	Fuente	Severo
18. Columnas o muros portantes	<input type="text"/>				
19. Vigas	<input type="text"/>				
20. Rieles o puntos de conexión	<input type="text"/>				
21. Entrepiso	<input type="text"/>				

D. Clasificación de la habitabilidad por daños en elementos estructurales: 1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable 4. Peligro de colapso

**Problemas del entorno**

22. Edificio o infraestructura vecina crítica que puede caer y afectar estabilidad: 1. No 2. Sí 3. No se pudo determinar

23. Evento adverso inminente que puede afectar la habitabilidad de la edificación: 1. No 2. Sí

E. Clasificación de la habitabilidad por problemas del entorno: 1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable

**Clasificación global del daño y habitabilidad de la edificación**

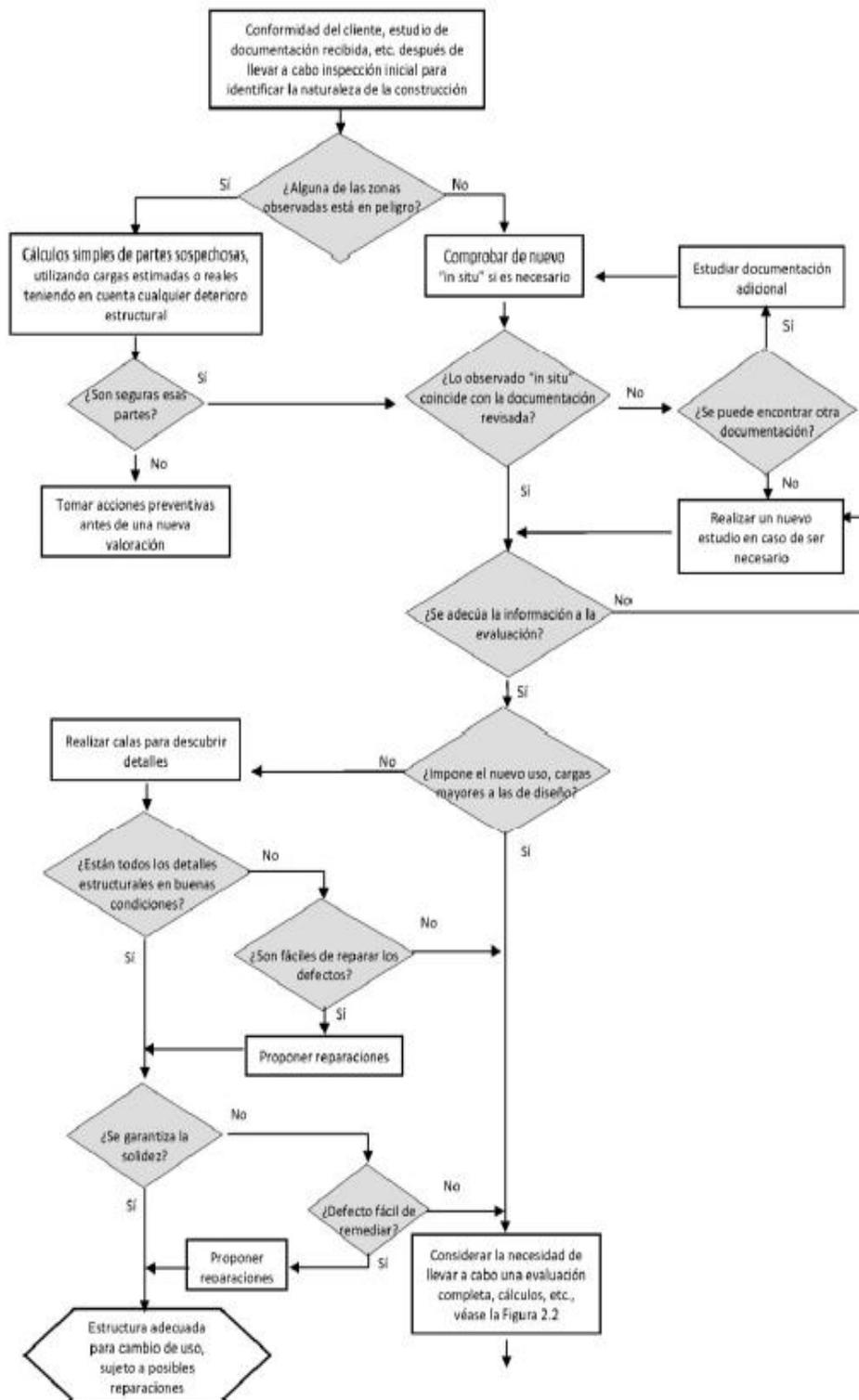
Indique la clasificación de la habitabilidad global según la presente evaluación de acuerdo con la clasificación más crítica definida en las evaluaciones A a E

1. Habitable 2. Uso restringido 3. No habitable 4. Peligro de colapso

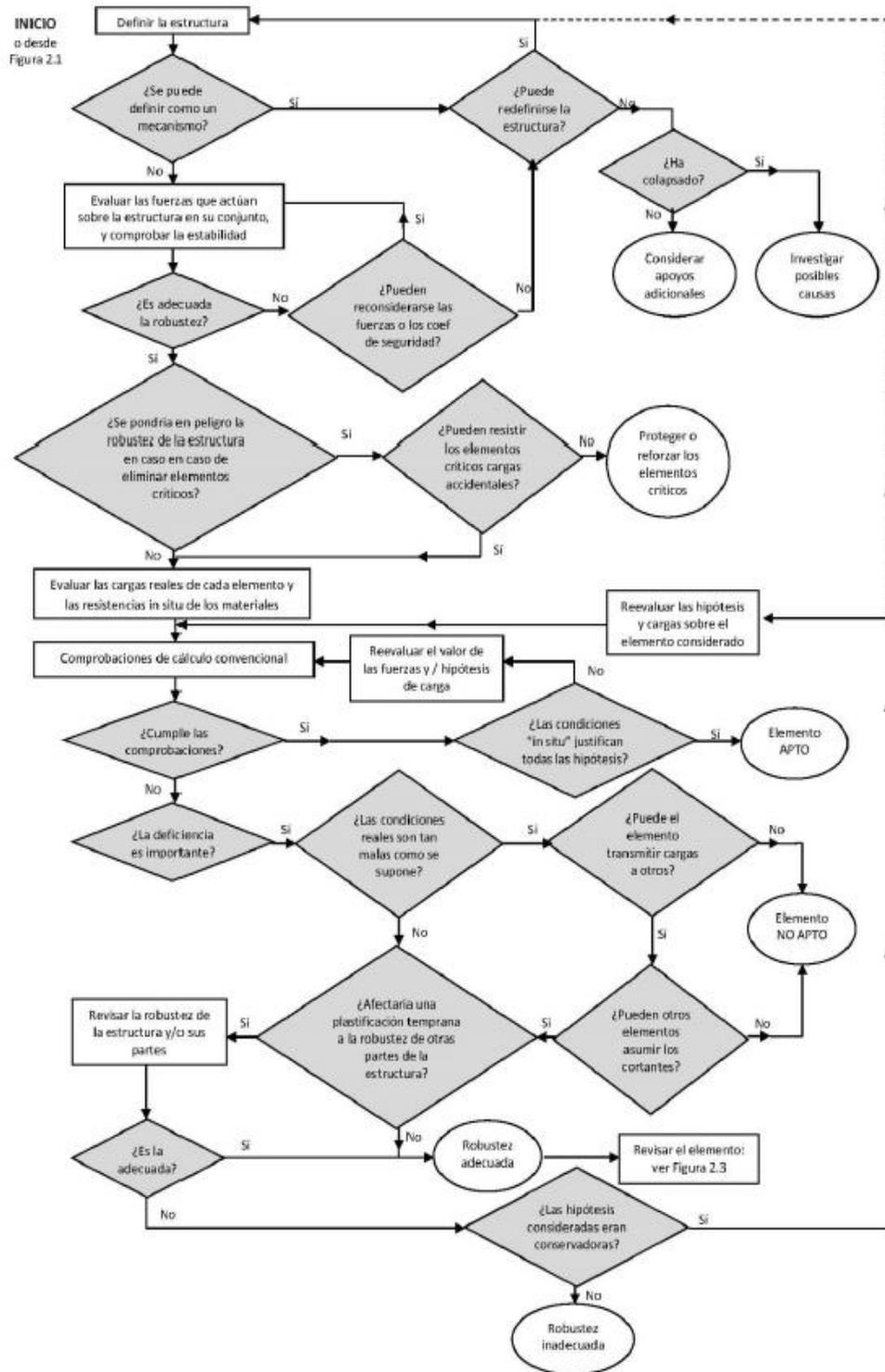
Estime el porcentaje del área afectada con relación al área total construida de la edificación

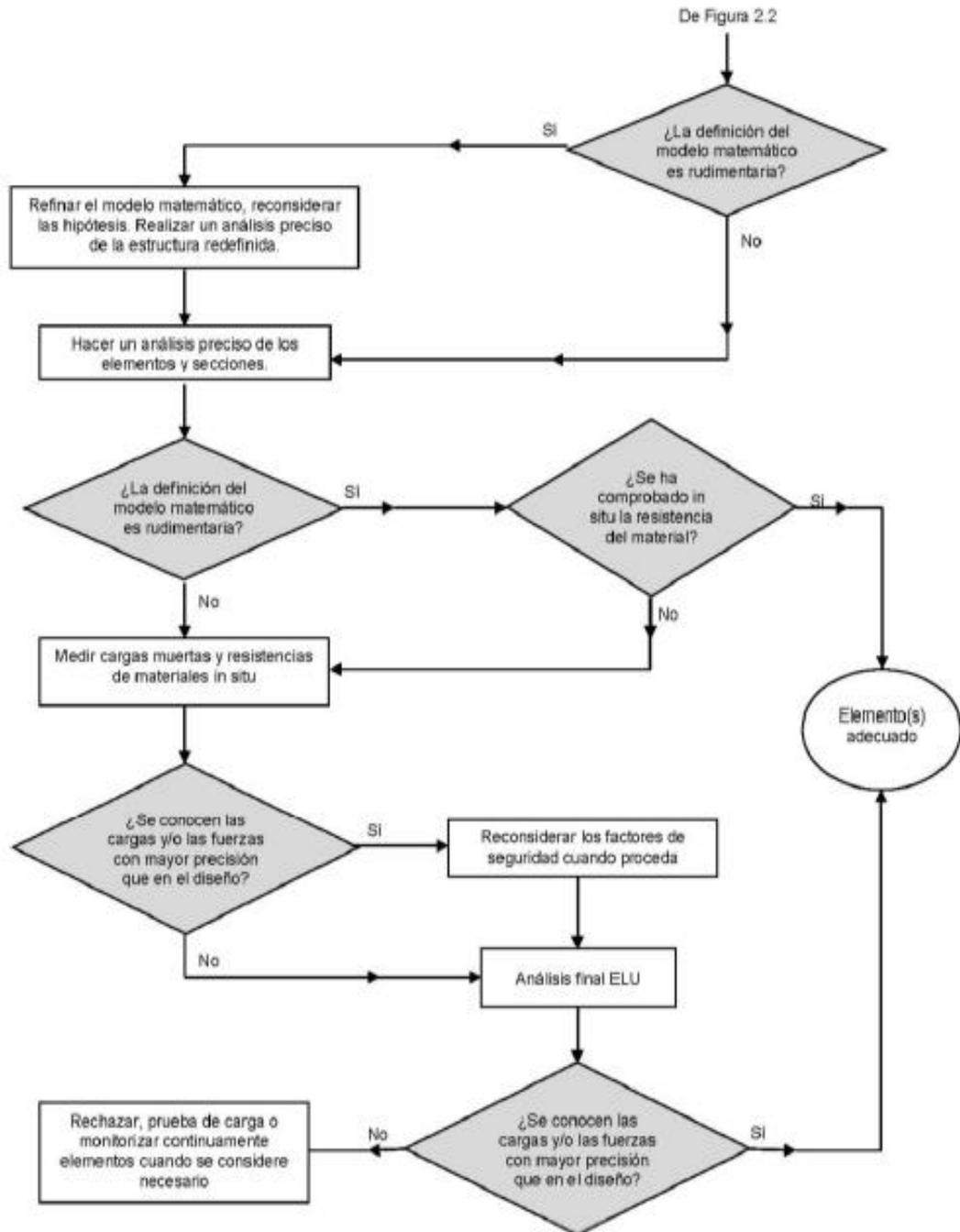


ANEXO 2. Esquema de proceso de evaluación preliminar según el ACHE



### ANEXO 3. Esquema de proceso de evaluación detallado según el ACHE





ANEXO 4. ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form

<b>ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form</b>				
<b>Inspection</b>				
Inspector ID: _____	Inspection date and time: _____ <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> PM			
Affiliation: _____	Areas inspected: <input type="checkbox"/> Exterior only <input type="checkbox"/> Exterior and interior			
<b>Building Description</b>		<b>Type of Construction</b>		
Building name: _____	<input type="checkbox"/> Wood frame		<input type="checkbox"/> Concrete shear wall	
Address: _____	<input type="checkbox"/> Steel frame		<input type="checkbox"/> Unreinforced masonry	
_____	<input type="checkbox"/> Tilt-up concrete		<input type="checkbox"/> Reinforced masonry	
Building contact/phone: _____	<input type="checkbox"/> Concrete frame		<input type="checkbox"/> Other: _____	
Number of stories above ground: _____ below ground: _____	<b>Primary Occupancy</b>			
Approx. "Footprint area" (square feet): _____	<input type="checkbox"/> Dwelling		<input type="checkbox"/> Commercial	<input type="checkbox"/> Government
Number of residential units: _____	<input type="checkbox"/> Other residential		<input type="checkbox"/> Offices	<input type="checkbox"/> Historic
Number of residential units not habitable: _____	<input type="checkbox"/> Public assembly		<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> School
	<input type="checkbox"/> Emergency services		<input type="checkbox"/> Other: _____	
<b>Evaluation</b>				
Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column.				<b>Estimated Building Damage</b> (excluding contents)
<b>Observed Conditions:</b>	<b>Minor/None</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<input type="checkbox"/> None
Collapse, partial collapse, or building off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0-1%
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1-10%
Racking damage to walls, other structural damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 10-30%
Chimney, parapet, or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 30-60%
Ground slope movement or cracking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 60-100%
Other (specify) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 100%
Comments: _____				
<b>Posting</b>				
Choose a posting based on the evaluation and team judgment. <i>Severe</i> conditions endangering the overall building are grounds for an <i>Unsafe</i> posting. Localized <i>Severe</i> and overall <i>Moderate</i> conditions may allow a <i>Restricted Use</i> posting. Post <i>INSPECTED</i> placard at main entrance. Post <i>RESTRICTED USE</i> and <i>UNSAFE</i> placards at all entrances.				
<input type="checkbox"/> <b>INSPECTED</b> (Green placard) <input type="checkbox"/> <b>RESTRICTED USE</b> (Yellow placard) <input type="checkbox"/> <b>UNSAFE</b> (Red placard)				
Record any use and entry restrictions exactly as written on placard: _____				
_____				
<b>Further Actions</b> Check the boxes below only if further actions are needed.				
<input type="checkbox"/> Barricades needed in the following areas: _____				
_____				
<input type="checkbox"/> Detailed Evaluation recommended: <input type="checkbox"/> Structural <input type="checkbox"/> Geotechnical <input type="checkbox"/> Other: _____				
<input type="checkbox"/> Other recommendations: _____				
Comments: _____				
_____				

ANEXO 5. ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form

ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form				
<b>Inspection</b> Inspector ID: _____ Affiliation: _____ Inspection date and time: _____ <input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> PM			<b>Final Posting</b> from page 2 <input type="checkbox"/> Inspected <input type="checkbox"/> Restricted Use <input type="checkbox"/> Unsafe	
<b>Building Description</b> Building name: _____ Address: _____ _____ Building contact/phone: _____ Number of stories above ground: _____ below ground: _____ Approx. "Footprint area" (square feet): _____ Number of residential units: _____ Number of residential units not habitable: _____		<b>Type of Construction</b> <input type="checkbox"/> Wood frame <input type="checkbox"/> Concrete shear wall <input type="checkbox"/> Steel frame <input type="checkbox"/> Unreinforced masonry <input type="checkbox"/> Tilt-up concrete <input type="checkbox"/> Reinforced masonry <input type="checkbox"/> Concrete frame <input type="checkbox"/> Other: _____		
		<b>Primary Occupancy</b> <input type="checkbox"/> Dwelling <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Government <input type="checkbox"/> Other residential <input type="checkbox"/> Offices <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> Public assembly <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Emergency services <input type="checkbox"/> Other: _____		
<b>Evaluation</b> Investigate the building for the conditions below and check the appropriate column. There is room on the second page for a sketch.				
	Minor/None	Moderate	Severe	Comments
<b>Overall hazards:</b>				
Collapse or partial collapse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Structural hazards:</b>				
Foundations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Roofs, floors (vertical loads)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Columns, pilasters, corbels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Diaphragms, horizontal bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Walls, vertical bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Precast connections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Nonstructural hazards:</b>				
Parapets, ornamentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Cladding, glazing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ceilings, light fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Interior walls, partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Elevators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Stairs, exits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Electric, gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>Geotechnical hazards:</b>				
Slope failure, debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Ground movement, fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
<b>General Comments:</b> _____ _____				



ANEXO 6. Comparación de las cuatro normas analizadas

Descripción	EVALUACIÓN					
	Colombia	España	Estados Unidos		México	
			Evaluación rápida	Evaluación detallada	Evaluación rápida	Evaluación detallada
Objetivo	Determinar la seguridad de las construcciones e identificar aquellas peligrosas, las que están en capacidad de tener un uso normal y las que deben tener un uso restringido	Determinar si existen daños o no, aunque sea preliminarmente, para juzgar su origen y su trascendencia estructural.	Determinar rápidamente los daños severos que se presentan en la estructura y aprovechar la cantidad de personal calificado disponible después del evento telúrico	Determinar el estado real de seguridad de la edificación en estudio	Establecer un procedimiento de inspección y evaluación de operatividad de las edificaciones dentro de la primera semana después de un evento importante	Establecer un procedimiento de inspección y evaluación de operatividad de las edificaciones dentro de las primeras 3 semanas después de un evento importante
Duración de la evaluación	No específica	No específica	10-30 minutos	1-4 horas	30-60 minutos	1-4 horas
Personas a cargo de la evaluación	Ingenieros civiles, arquitectos, constructores o técnicos en obras civiles con más de 5 años de experiencia en diseño estructural o construcción	Ingenieros civiles especialistas en estructuras y arquitectos	Ingenieros estructurales	Ingenieros estructurales especialistas en ese tipo de análisis e Ingenieros de otras especialidades, como Geotécnicos, según sea necesario	Ingenieros civiles y arquitectos	Ingenieros especialistas en estructuras
Tipo de inspección	Exterior e Interior / parcial / solamente exterior	Exterior / Interior	Exterior / Exterior e interior	Exterior / Interior	Exterior	Exterior / Interior
Clasificación de la inspección	Habitable / Uso restringido / No habitable / Peligro de colapso	Aceptable / Sobre solicitada / Factor de seguridad inaceptable	Inspeccionada / Uso restringido / Uso inseguro	Inspeccionada / Uso restringido / Uso inseguro	Habitable / segura con restricciones / Insegura	Habitable / segura con restricciones / Insegura