

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**Título**

**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN POST SISMO DE LA  
SEGURIDAD DE LAS EDIFICACIONES DE CONCRETO REFORZADO Y  
ALBAÑILERÍA EN EL PERÚ**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

**AUTOR:**

MAX ALIVAR PORRAS CRISTOBAL

**ASESOR**

NICOLA TARQUE RUIZ

Noviembre – 2019



## **DEDICATORIA**

A mis padres Pricila y Alfonso, a mis hermanos José, Erika y Liz, por ser el soporte moral y parte de mi vida

## AGRADECIMIENTOS

A Nicola Tarque Ph. D, por el constante apoyo y asesoramiento durante el desarrollo de la investigación.

A los profesores de la maestría, en especial al Mg. Gian Franco Otazzi, Mg. Alvaro Rubiños, Dra Sandra Santa Cruz, por su apoyo en las revisiones durante el desarrollo de la investigación.

Al departamento de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú por el apoyo durante la fase de aplicación de la investigación.

A Juber Pauacho, Sub Director de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres de INDECI, por brindar información y sugerencias.

A Jorge Chujutalli Pérez, jefe de INDECI y también al Ing. Abraham Del Águila Fernández, inspector técnico de INDECI de la provincia del Alto Amazonas, por su disposición y apoyo durante la aplicación de la investigación en los distritos de Yurimaguas y Lagunas.

Al Profesor Julio Meléndez Padilla, director de la UGEL del alto amazonas por su apoyo durante la aplicación de la metodología en el distrito de Lagunas.

A los compañeros de la maestría en ingeniería civil de la PUCP, por haber compartido diversos conocimientos.

## RESUMEN

La sismicidad en Perú es elevada, pues se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona donde ocurre más del 90% de todos los sismos del planeta. Luego de un sismo potencial las edificaciones se dañan, debido a que poseen niveles elevados de riesgo sísmico, lo que pone en peligro su seguridad, causando incertidumbre en los ocupantes respecto al uso inmediato.

Se propone una metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en Perú. La metodología tiene dos niveles de aplicación, rápida y detallada. La evaluación rápida está diseñada para ser aplicada luego de ocurrido un sismo potencial, con la finalidad de determinar en el menor tiempo posible la seguridad de las edificaciones. Del resultado de la evaluación puede dictaminarse si la edificación es “segura”, “insegura” o “cuestionable”. En las edificaciones donde el dictamen es cuestionable o dudoso, se aplica la evaluación detallada.

Para cada nivel de evaluación se plantea una ficha para la identificación de daños, que conlleva a la determinación de la seguridad post sismo de la edificación. Se considera la inspección de daños generales, estructurales, geotécnicos y no estructurales. Para el uso adecuado de las fichas, se presenta un manual, describiendo el procedimiento de identificación de daños y determinación de la seguridad.

Las herramientas de la metodología (fichas) han sido calibradas y probadas mediante la aplicación en 40 edificaciones dañadas en Yurimaguas y Lagunas a causa del sismo del 26 de mayo del 2019, cuyo epicentro fue en Lagunas - Loreto.

Con la propuesta de la metodología, cuyas herramientas han sido calibradas, se contribuye al sistema de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones en el Perú, dentro del contexto de la gestión de riesgos de desastres.

## TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen.....	iv
Lista de figuras .....	vii
Lista de tablas.....	ix
CAPÍTULO I. Aspectos Generales .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General .....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación .....	5
1.4. Alcances.....	5
1.5. Limitaciones .....	6
1.6. Hipótesis.....	6
1.7. Metodología.....	6
CAPÍTULO II. Estado del Arte y Marco teórico .....	8
2.1. Estado del arte .....	7
2.2. Marco teórico.....	32
2.2.1. Sistemas estructurales .....	32
CAPÍTULO III. Metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones en Perú .....	41
3.1. El sistema de evaluación post sismo, dentro del sistema de gestión de riesgos de desastres en Perú.....	41
3.2. Descripción de la metodología propuesta.....	43
3.3. Nivel de precisión en la inspección para la determinación de la seguridad post sismo de la edificación. ....	46
3.4. Discusión sobre los criterios en la identificación del daño.....	47
CAPÍTULO IV. Manual de evaluación post sismo de las edificaciones .....	59
4.1. Aspectos generales .....	59
4.1.1. Propósito y alcances.....	59
4.1.2. Proceso de evaluación .....	59

4.1.3. Carteles en la edificación .....	61
4.1.4. Personal requerido para la inspección.....	63
4.1.5. Responsabilidades y derechos del inspector .....	63
4.1.6. Materiales e implementos para la inspección de la edificación .....	64
4.2. Evaluación rápida .....	64
4.2.1. Ficha de inspección rápida.....	65
4.2.2. Criterio para la inspección de daños .....	67
4.2.3. Clasificación global de la edificación .....	78
4.3. Evaluación detallada.....	79
4.3.1. Ficha de Inspección.....	79
4.3.2. Criterio de evaluación de Daño.....	82
4.3.3. Clasificación global de la edificación .....	92
CAPÍTULO V. Aplicación de la metodología en edificaciones de Yurimaguas y Lagunas, tras el sismo del 26 de mayo del 2019.....	93
5.2. Descripción de las edificaciones en Yurimaguas y Lagunas.....	94
5.3. Aplicación de la Metodología de evaluación.....	96
CAPÍTULO VI. Conclusiones y Recomendaciones .....	104
Referencias .....	107
Anexos .....	111

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Cinturón de Fuego del Pacífico .....	1
Figura 1.2 - Aceleraciones máximas en el suelo, según zona sísmica .....	1
Figura 1.3 - Sismos destructivos ocurridos en Perú .....	2
Figura 1.4 - Mapa de intensidades máximas .....	3
Figura 1.5 - Material predominante en las paredes .....	5
Figura 2.1 - Proceso de evaluación en la mayoría de países .....	8
Figura 2.2 - Proceso de evaluación propuesto por ATC-20 en Estados Unidos .....	9
Figura 2.3 - Fichas de inspección rápida de ATC-20 .....	11
Figura 2.4 - Fichas de inspección detallada de ATC-20 .....	11
Figura 2.5 - Proceso de evaluación en Japón .....	13
Figura 2.6 - Placas para colocar en la edificación según el resultado de <i>inspección</i> .....	16
Figura 2.7 - Fichas de inspección detallada en Japón .....	18
Figura 2.8 - Proceso de evaluación en México .....	20
Figura 2.9 - Fichas de inspección nivel 1 en México .....	21
Figura 2.10 - Fichas de inspección nivel 2 en México .....	22
Figura 2.11 - Categorías de evaluación .....	24
Figura 2.12 - Proceso de evaluación rápida Nivel 1 .....	24
Figura 2.13 - Ficha de evaluación rápida Nivel 1 .....	26
Figura 2.14 - Proceso de evaluación rápida Nivel 2 .....	26
Figura 2.15 - Ficha de evaluación rápida Nivel 2 .....	27
Figura 2.16 - Ficha de inspección de INDECI .....	28
Figura 2.17 - Proceso de evaluación EDAN .....	29
Figura 2.18 - Evaluación del daño en la edificación EDAN .....	30
Figura 2.19 - Edificación con sistema estructural de pórticos .....	32
Figura 2.20 - Elementos estructurales en un sistema de pórticos .....	33
Figura 2.21 - Unión columna y muro en sistema de pórticos .....	33
Figura 2.22 - Edificación con sistema de muros estructurales .....	34
Figura 2.23 - Elementos estructurales en un sistema de muros estructurales .....	34
Figura 2.24 - Edificación con sistema dual .....	35
Figura 2.25 - Elementos estructurales en un sistema dual .....	36
Figura 2.26 - Edificación con sistema de muros de ductilidad limitada .....	36
Figura 2.27 - Edificación con sistema de muros de albañilería confinada .....	37
Figura 2.28 - Elementos estructurales en un sistema albañilería confinada .....	38
Figura 2.29 - Albañilería armada .....	39
Figura 2.30 - Albañilería simple .....	39
Figura 2.31 - Edificación mixta, aporticada y confinada .....	40
Figura 3.1 - Entidades Integrantes del SINAGERD .....	41
Figura 3.2 - Etapas de la respuesta según SINAGERD .....	42
Figura 3.3 - Fase de la evaluación post sismo .....	43
Figura 3.4 - Procedimiento de los niveles de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones .....	44
Figura 3.5 - Niveles de precisión en la evaluación post sismo .....	46
Figura 3.6 - Componentes de una edificación .....	48
Figura 3.7 - Niveles de precisión post sismo .....	47

Figura 3.8 - Estados de daño post sismo, perspectiva general .....	49
Figura 3.9 - Factor de reducción de capacidad sísmica .....	51
Figura 3.10 - Tipo de falla en columnas de concreto armado .....	52
Figura 3.11 - Evolución del daño estructural en muros de albañilería confinada .....	55
Figura 3.13 - Comportamiento Histerético de muros de albañilería.....	56
Figura 3.14 - curva de capacidad promedio en muros de albañilería.....	57
Figura 3.15 - Esquema de clase de daño en elementos estructurales verticales de albañilería.....	57
Figura 4.1 - Procedimiento de los niveles de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones .....	60
Figura 4.2 - Cartel para la edificación segura .....	61
Figura 4.3 - Cartel para uso restringido .....	62
Figura 4.4 - Cartel para la edificación insegura .....	62
Figura 4.5 - Implementos de seguridad, protector y zapato de seguridad .....	64
Figura 4.6 - Parte superior de ficha de inspección .....	65
Figura 4.7 - Verificación de la legalidad de la ficha de inspección mediante escaneo del código QR .....	65
Figura 4.8 - Sección 1 de la ficha de inspección, ubicación y descripción .....	66
Figura 4.9 - Sección 5 de la ficha de inspección, inspector y ocupante .....	67
Figura 4.10 - En la edificación de la derecha no se tiene certeza del colapso parcial en la estructura .....	69
Figura 4.11 - Colapso parcial de elementos estructurales y no estructurales .....	69
Figura 4.12 - Colapso total de elementos estructurales y no estructurales .....	69
Figura 4.13 - Inclinación total de la edificación .....	70
Figura 4.14 - Inclinación de entresijos de la edificación .....	70
Figura 4.15 - Edificación fuera de su cimentación y colapsada .....	71
Figura 4.16 - Fisuras en columna y desprendimiento de recubrimiento .....	73
Figura 4.17 - Pequeñas fisuras en las columnas .....	73
Figura 4.18 - Grietas diagonales en muros .....	74
Figura 4.19 - Grietas en muros .....	74
Figura 4.20 - Grietas en vigas .....	75
Figura 4.21 - Fisuras delgadas en vigas .....	75
Figura 4.22 - Daños geotécnicos .....	76
Figura 4.23 - Elementos no estructurales dañados .....	77
Figura 4.24 - Daños en instalaciones .....	78
Figura 4.25 - Parte superior de ficha de inspección detallada .....	79
Figura 4.26 - Sección 1 de la ficha de inspección (ubicación y descripción) .....	80
Figura 4.27 - Sección 5 de la ficha de inspección, inspector y ocupante .....	81
Figura 4.28 - Sección 6 de la ficha de inspección, croquis .....	81
Figura 4.29 - Edificación fuera de su cimentación, desplazamiento lateral .....	84
Figura 4.30 - Tipo de falla en columnas de concreto armado .....	85
Figura 4.31 - Daño clase 3 .....	85
Figura 4.32 - Daño clase 4 .....	85
Figura 4.33 - Daño clase 5. Pandeo de acero de refuerzo en columnas .....	86
Figura 4.34 - Daño clase 5. Pandeo de acero de refuerzo en placas .....	86
Figura 4.35 - Tipos de falla en la viga .....	88
Figura 4.36 - Apariencias típicas de grietas en nudos .....	89
Figura 4.37 - Apariencia típica de daño severo en nudo .....	90

Figura 4.38 - Tipos de asentamiento .....	91
Figura 4.39 - Asentamiento diferencia e inclinación de la edificación .....	91
Figura 4.40 - Sección 3 de la ficha evaluación detallada .....	92
Figura 5.1 - Mapa de intensidades reportado por IGP .....	93
Figura 5.2 - Mapa de intensidades reportado por USGS .....	94
Figura 5.3 - Ubicación de la provincia de Alto Amazona .....	94
Figura 5.4 - Edificaciones en el radio urbano de Yurimaguas .....	95
Figura 5.5 - Edificaciones en el radio urbano de Lagunas .....	96
Figura 5.6 - Zonificación del área de aplicación, edificaciones aplicadas evaluación rápida y detallada .....	97
Figura 5.7 - Reunión con INDECI; UGEL y directores de las instituciones educativas de Lagunas .....	99
Figura 5.8 - Inspección de edificación junto con el personal de INDECI .....	100
Figura 5.9 - Evaluación de la seguridad en edificaciones de Yurimaguas .....	100
Figura 5.10 - Tiempo de evaluación .....	103
Figura 6.1 - Resumen de evaluación en Yurimaguas .....	105
Figura 6.2 – Resumen de evaluación en Lagunas .....	105

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 - Evaluación rápida del exterior de la edificación en Japón .....	14
Tabla 2.2 – Evaluación rápida del interior de la edificación en Japón .....	15
Tabla 2.3 - Riesgo de inestabilidad .....	15
Tabla 2.4 - Riesgo en elementos no estructurales .....	15
Tabla 2.5 - Daño en Pilotes .....	16
Tabla 2.6 - Daño en cimentación superficial .....	16
Tabla 2.7 - Calificación de la seguridad de la edificación .....	21
Tabla 2.8 - Comparacion de metodologias de evaluacion post sismica .....	31
Tabla 3.1 - Daño en columnas y muros de concreto reforzado.....	52
Tabla 3.2 – Niveles de daño en elementos verticales de concreto armado.....	53
Tabla 3.3 – Tipo de daño en muros de albañilería.....	54
Tabla 3.4 – Niveles de daño en elementos verticales de albañilería .....	54
Tabla 4.1 Identificación Colapso total o parcial.....	68
Tabla 4.2 Identificación de la Inclinación.....	70
Tabla 4.3 Identificación edificación fuera de su cimentación.....	71
Tabla 4.4 Identificación de daño en columnas placas, evaluación rápida.....	72
Tabla 4.5 Identificación de daño en muros estructurales de albañilería, evaluación rápida.....	73
Tabla 4.6 Identificación de daño en vigas y losas, evaluación rápida.....	75
Tabla 4.7 Identificación de daño en el suelo, evaluación rápida.....	76
Tabla 4.8 Identificación de daño no estructural, evaluación rápida.....	77
Tabla 4.9 Identificación de otros daños, evaluación rápida.....	78
Tabla 4.10 Identificación de del colapso total o parcial, evaluación detallada.....	82
Tabla 4.11 Identificación de la inclinación, evaluación detallada.....	83

Tabla 4.12 Identificación de edificación fuera de cimentación, evaluación detallada.....	83
Tabla 4.13 Daño en función de capacidad residual en elementos verticales de concreto armado.....	86
Tabla 4.14 Identificación de daño en losas y techos, evaluación detallada.....	87
Tabla 4.15 Identificación de daño en vigas, evaluación detallada.....	89
Tabla 4.16 Identificación de daño en uniones, evaluación detallada.....	90
Tabla 5.1 - Características de las edificaciones evaluadas en Yurimaguas .....	98
Tabla 5.2 - Características de las edificaciones evaluadas en Lagunas .....	98
Tabla 5.3 - Evaluación de seguridad de edificaciones en Yurimaguas .....	101
Tabla 5.4 – Evaluación de seguridad de edificaciones en Lagunas .....	103



# CAPÍTULO I

## Aspectos generales

### 1.1. Introducción

Perú está ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona donde ocurren más del 90% de todos los sismos del planeta (figura 1.1). De diversas investigaciones se conoce que, la causa principal de los sismos más potenciales (sismos de considerable magnitud, que causan daño en las edificaciones), es la interacción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana. Por tal razón, las zonas cercanas al litoral poseen mayores niveles de peligro sísmico.

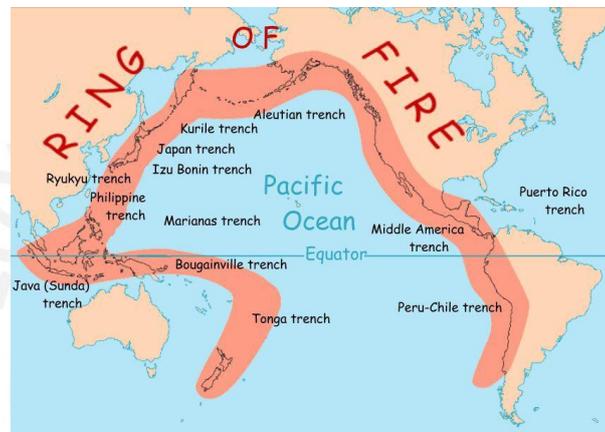


Figura 1.1 - Cinturón de Fuego del Pacífico [53]

La Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones [46], describe el peligro sísmico, en aceleraciones máximas en el suelo, con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (figura 1.2).

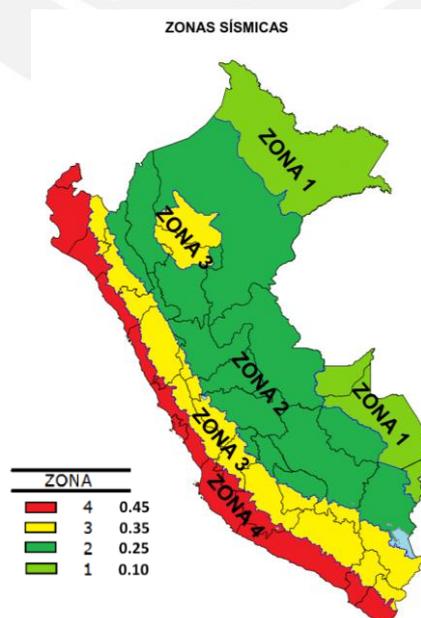


Figura 1.2 – Aceleraciones máximas en el suelo, según zona sísmica [46]

Las aceleraciones están clasificadas en 4 zonas sísmicas. La zona 4 puede alcanzar aceleraciones de 0.45 g. La zona 3 puede alcanzar aceleraciones de 0.35 g. La zona 2 puede alcanzar aceleraciones de 0.25 g. La zona 1 puede alcanzar aceleraciones de 0.10 g.

Fecha Hora	Características del evento	Descripción de los efectos
1552, julio 2 05.30 h		Algunos daños en Lima. El rey Carlos V ordenó que la altura de las construcciones se limitara a seis varas (5,2 m).
1578, junio 17 12.05 h	Intensidad: VII MM	Destrucción de casas, templos y el palacio del Virrey.
1586, julio 09 19.00 h		Destrucción de Lima y Callao, estuvo acompañado por maremoto. Cerca de 22 muertos.
1609, octubre 19 20.00 h		Destrucción similar al anterior. La Catedral sufrió fuertes daños.
1630, noviembre 27 10.30 h		Destrucción de algunos edificios, varios muertos.
1655, noviembre 13 14.45 h		Terremoto destructivo en Lima, agrietó la Plaza de Armas y la iglesia de los Jesuitas. Daños en el Callao.
1678, junio 17 19.45 h		Se produjo fuerte destrucción en Lima.
1687, octubre 20 04.15 h	Magnitud: 8,0 (Ritcher) Intensidad: IX MM	Fue el terremoto más destructor ocurrido en Lima desde su fundación. Lima y Callao quedaron reducidos a escombros. El maremoto en el Callao causó 100 muertos.
1746, octubre 28 22.30 h	Intensidad: X MM Epicentro: 11,6° S y 77,5° O	Es el terremoto más fuerte ocurrido en la historia de Lima donde de 3000 casas solo 25 quedaron en pie muriendo 1141 de sus 60 mil habitantes. El Callao fue totalmente destruido por un tsunami, muriendo 4800 de sus 5 mil habitantes. Fue sentido desde Guayaquil hasta Tacna.
1806, diciembre 01 <sup>(7,10)</sup>		Fuerte sismo de larga duración (1,5 a 2 minutos). Algunos daños.
1828, marzo 30		Fuerte sismo, 30 muertos.
1897, septiembre 20 11.25 h		Fuerte sismo causó daños en las edificaciones. En el Callao la intensidad fue muy alta.
1904, marzo 04 05.15 h	Magnitud: 7,2 (Ritcher) Intensidad: VII-VIII MM	Los mayores daños ocurrieron en La Molina, Chorrillos y el Callao.
1932, junio 19 21.23 h		Algunos daños en Lima, daños graves en el Rímac y el Callao.
1940, mayo 24 <sup>(11)</sup> 11.35 h	Magnitud: 8,2 Ms (Ritcher) Intensidad: VIII MM Aceleraciones = 0,4 g Epicentro: 11,2°S y 77,79°O (120 km NO de Lima) Hipocentro: 50 Km	Cinco mil casas destruidas en el Callao, 179 muertos y 3500 heridos en Lima, 80% de vivienda colapsada en Chorrillos, el malecón se agredió y hundió en tramos. Las construcciones antiguas en Lima sufrieron grandes daños. Averías en construcciones de concreto armado en el Callao (Compañía Nacional de Cerveza) y 2 edificios de la Universidad Agraria de La Molina Algunos hundimientos en la zona portuaria con daños a los muelles y la vía férrea. Interrupciones en la carretera Panamericana Norte por deslizamientos de arena en el sector de Pasamayo. Tsunami con retiro del mar a 150 m y retorno con olas de 3 m de altura que anegó totalmente los muelles
1966, octubre 17 16.41 h	Magnitud: 7,5 (Ritcher) Intensidad: VIII-IX MM Epicentro: 10,7°S y 78,7° O Hipocentro = 38 Km	Los mayores daños ocurrieron en San Nicolás, a 120 Km de Lima, IX MM, Huacho VIII MM y Puente Piedra. En Lima alcanzó VI MM en la parte central. En las zonas antiguas del Rímac y del Cercado, zonas adyacentes a los cerros y una banda a lo largo del río Rímac incluyendo el Callao llegó a VII MM. En La Molina VIII MM. La aceleración registrada fue de 0,4 g y el período predominante 0,1 seg. Los mayores daños se registraron en los edificios de poca altura, en edificios altos hubo grietas en muros de tabiquería.
1970, mayo 31 <sup>(12)</sup> 15.33 h	Magnitud: 7,8 (Ritcher) Intensidad: VIII MM Hipocentro: 35 km Aceleraciones: 0,1g Epicentro: 09,2° S y 78,8° O	Uno de los más destructivos sismos en el siglo en el hemisferio sur. La mayor destrucción ocurrió a 350 Km de Lima. Causó 65 mil muertes, 160 mil heridos y daños estimados en 550 millones de US\$. En Lima registró aceleraciones de 0,1 g a pesar que el epicentro estuvo a 400 Km al NO. Los mayores daños en Lima ocurrieron en La Molina.
1974, octubre 3 09.31 h	Intensidad: IX MM Aceleraciones=0,26g Epicentro: 12° S y 77,8° O	Con epicentro localizado a 70 Km al S-SW de Lima registró aceleraciones máximas de 0,26 g y período dominante de 0,2 seg. Los mayores daños ocurrieron en La Molina, VIII-IX, donde 2 edificios de concreto armado colapsaron y otros resultaron muy dañados. En el Callao y Chorrillos, VII –VIII algunas construcciones de concreto armado sufrieron daños y las de adobe colapsaron.
2007, agosto 15 <sup>(13)</sup> 18.41 h	Magnitud: Local: 7,0 (Ritcher) Momento: 7,9 Mw Intensidad: Pisco: VII-VIII MM Lima: VI MM Huancavelica: V MM Epicentro: 60 km Pisco Hipocentro: 40 km	El sismo causó la muerte a 593 personas, heridas a 1291, se censaron damnificados. Destruyó 48 208 viviendas, 45 500 otras quedaron inhabitables y 45 813 fueron afectadas; 14 establecimientos de salud fueron destruidos y 112 afectados.

Figura 1.3 – Sismos más destructivos ocurridos en el Perú [40]

Los efectos que ocasionaron los sismos a través de la historia, se expresan en cuantiosas pérdidas humanas y daños materiales. “Históricamente, el Perú ha sido afectado de manera reiterativa por eventos sísmicos que han causado diversos niveles de daño en las principales ciudades y núcleos urbanos ubicados en torno a las áreas epicentrales” [49]. En la figura 1.3, se muestra el registro de los sismos más destructivos entre 1552 – 2007.

Además, el 26 de mayo del 2019 ocurrió un sismo de Mw. 8.0. En donde, según el reporte de INDECI, alcanzó intensidades de VI y VII. Se registró 2 muertos, 30 heridos, 3790 edificaciones sufrieron diversos tipos de daño [27].

Los eventos sísmicos son recurrentes, cada cierto periodo de tiempo se producirá sismos de similares características a los ocurridos. Dorbath et al describió las intensidades según Mercalli, tras el sismo de 8.8 Mw. del año 1746, uno de los más potenciales (sismos de considerable magnitud, que causan daño en las edificaciones) que ocurrieron en el territorio peruano [17]. El IGP en el 2017 [24], adecuó y describió el escenario sísmico producto de un futuro sismo de 8.8 Mw. (figura 1.4). Se observa que se produciría diversas intensidades entre II a VIII según la escala de Mercalli.

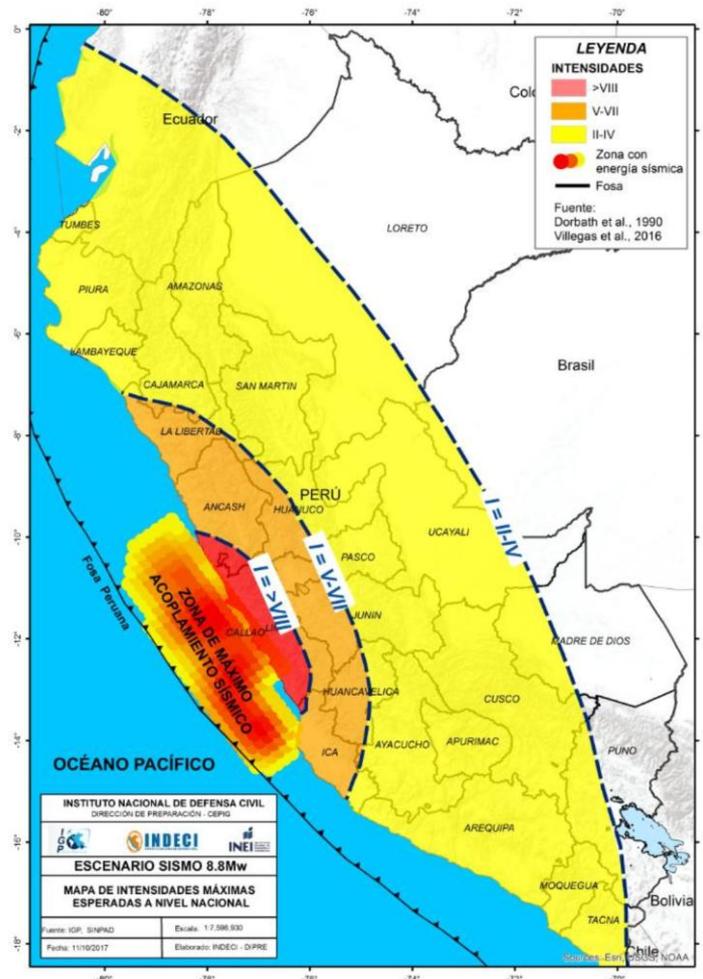


Figura 1.4 - Mapa de intensidades máximas [24]

Es inminente que ante futuros sismos de considerable magnitud, las edificaciones sufrirán daño. En cada edificación, el nivel de daño varía dependiendo de la zona donde se ubique y la vulnerabilidad que tenga.

En muchos casos, la habitabilidad de una edificación dañada producto de un movimiento sísmico, puede ser peligrosa, esta depende del nivel y tipo de daño que presente. La vulnerabilidad (fragilidad) de una edificación luego de un evento sísmico, sería mayor que la vulnerabilidad original. Si el daño es muy leve, su capacidad de resistencia sísmica será similar a la que tenía antes de sufrir daño. Si el daño es mayor, entonces, la resistencia sísmica disminuye mucho más, hasta, quizá llegar a ser nula como es el caso de edificaciones colapsada.

Los ocupantes de las edificaciones dañadas, después de sismos, tienen incertidumbre respecto al uso inmediato. En muchas ocasiones se ha evidenciado que las personas continúan ocupando edificaciones muy dañadas, poniendo en peligro su vida. Por ejemplo, *“la réplica sísmica de Mw. 7.1 en Japón, luego del gran terremoto de Mw. 9.0 ocurrido el 11 de marzo del 2011, produjo 2 muertes y daño en las edificaciones”* [19]. En nuestro país, réplicas sísmicas también han causado diversos daños en las edificaciones. En otro contexto, se presentan casos donde, los ocupantes al ver algún tipo de daño en sus edificaciones, equívocamente asumen que son inseguras; sin embargo, no representan peligro.

Es necesario contar con una metodología de evaluación post sismo, para determinar la seguridad de las edificaciones. En nuestro país no existe una metodología establecida. Países como Estados Unidos, México, China, Japón, entre otros, cuentan con metodologías implementadas en sus sistemas de la gestión de riesgos de desastres.

Con la finalidad de contribuir a la mejora del sistema de evaluación post sismo, para la determinación de la seguridad de edificaciones en el Perú, se propone una metodología para su aplicación en nuestro territorio. La metodología está basada en las principales metodologías de evaluación de post sismo funcionales en evaluaciones pasadas. La metodología contempla la evaluación rápida y detallada. Se puede aplicar a la evaluación de edificaciones de tipologías de concreto armado y albañilería (*muros con bloques de arcilla, concreto, adobe, tapial, etc.*), por ser las más predominantes (figura 1.5). Puede usarse de forma referencial en edificaciones de madera.

Las edificaciones de concreto reforzado y albañilería son las tipologías predominantes. En el último censo del INEI – 2017 [31], se encontró que; las edificaciones con paredes de ladrillo o bloque de cemento en las paredes, representan el 55.83% del total; las edificaciones con paredes de adobe representan el 23.27%.

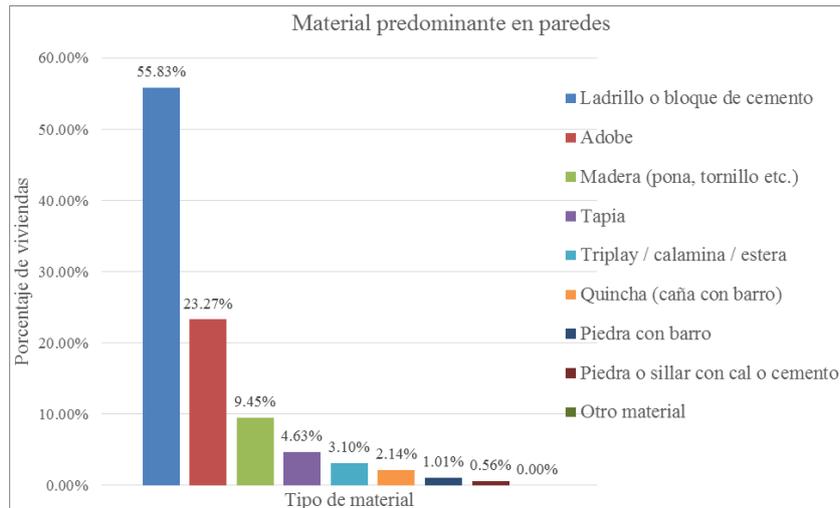


Figura 1.5 - Material predominante en las paredes (Adaptado de: [31])

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Contribuir al sistema de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones

### 1.2.2. Objetivos específicos

Proponer una metodología para la evaluación rápida y detallada post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en Perú

Desarrollar un manual de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones

Aplicar la metodología, en algunas de las edificaciones dañadas a causa del sismo de Mw 8.0 del 26 de mayo del 2019 en Lagunas y Yurimaguas.

## 1.3. Justificación

Luego de ocurrir un sismo, las edificaciones sufrirán daño. Existe incertidumbre en el uso inmediato de edificaciones dañadas. Es necesario contar con una metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones peruanas. De esta forma, se evita poner en peligro la vida de los ocupantes. Por lo tanto, se contribuye en la gestión de riesgos de desastres.

## 1.4. Alcances

Se propone una metodología para la evaluación rápida y detallada post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en Perú.

### 1.5. Limitaciones

En la investigación se propone una metodología para la evaluación rápida y detallada. No se contempla lineamientos para la evaluación de ingeniería, útil para tomar decisiones del tipo de reforzamiento o demolición de la edificación.

Las edificaciones de madera, acero y otras no consideradas en la investigación, representan un mínimo porcentaje del total de edificaciones en Perú. De forma referencial se puede evaluar este tipo de edificaciones empleando la metodología planteada, pero, debe ser contrastado con una evaluación de ingeniería.

### 1.6. Hipótesis

La metodología propuesta, es adecuada para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en Perú. Contribuye al sistema de evaluación post sismo de la seguridad de edificaciones, en consecuencia, contribuye al sistema de gestión de riesgos de desastres.

### 1.7. Metodología

El procedimiento de la investigación se describe a continuación:

a) Recopilación bibliográfica.

Se recopiló información relacionada a evaluación post sismo para determinar la seguridad de las edificaciones. La información pertenece a investigadores e instituciones peruanas y extranjeras.

b) Discusión y planteamiento de aspectos relevantes a considerar en la evaluación post sismo.

En cada nivel de evaluación (rápida y detallada), se analizó los aspectos que deben ser evaluados en la edificación, que conlleve a la determinación de un dictamen adecuado de la seguridad post sismo.

La seguridad post sismo está relacionada con el nivel de daño en la edificación. Por ello, se identificó y planteó la forma de inspeccionar el daño. Se propuso 4 aspectos, daños generales; estructurales; no estructurales y geotécnicos.

c) Elaboración de fichas de inspección.

Tomando en cuenta el planteamiento de aspectos relevantes a considerar en la evaluación, se ha elaborado las fichas de inspección. La evaluación rápida cuenta con una ficha de sencillo uso. Mientras que la ficha de la evaluación detallada está compuesta de tres hojas, donde, su aplicación demora un poco más en comparación de la rápida.

- d) Elaboración del manual de evaluación post sismo de las edificaciones.

Se elaboró el manual de evaluación. Se describe, los principales aspectos de la metodología; las principales características de la ficha y su forma de uso; la manera de dictaminar la seguridad; entre otros aspectos que el inspector debe tener en cuenta para desarrollar una labor adecuada.

- e) Aplicación de la metodología.

Con la finalidad de comprobar el funcionamiento de la metodología y realizar los ajustes o calibraciones de las herramientas, se ha aplicado en algunas de las edificaciones que sufrieron daño tras el sismo de Mw. 8.0 del 26 de mayo del 2019 en Loreto.



## CAPÍTULO II

### Estado del arte y marco teórico

Diversos países, dentro de sus sistemas de gestión de riesgos de desastres, han desarrollado metodologías para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones. La mayoría coincide que, la aplicación por niveles es la más adecuada, pues de esa forma se optimiza los recursos humanos y económicos disponibles en el momento de su aplicación.

En el capítulo 2.1 estado del arte, se describen las principales características de las metodologías de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones, desarrolladas e implementadas en algunos países. Se describe el nivel de evaluación rápido y detallado. Se enfatiza en describir, el objetivo de evaluación, profesionales que evalúan, tiempo requerido para la evaluación, criterios para la inspección del daño, aspectos para el dictamen global de la edificación y recomendaciones que se plantean.

En el capítulo 2.2 marco teórico se describe los sistemas estructurales de las edificaciones, según cada tipología. En la tipología de edificaciones de concreto armado, se describe los sistemas de pórticos, muros estructurales, dual y muros de ductilidad limitada. Para las edificaciones de albañilería, se describen los sistemas de confinada, armada y simple. Finalmente se describen los sistemas mixtos.

#### 2.1. Estado del arte

El proceso de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones con fines de determinar la seguridad, que emplean la mayoría de países, inicia con la evaluación inicial (0), seguido de evaluación rápida, detallada y finalmente la evaluación de ingeniería (figura 2.1).

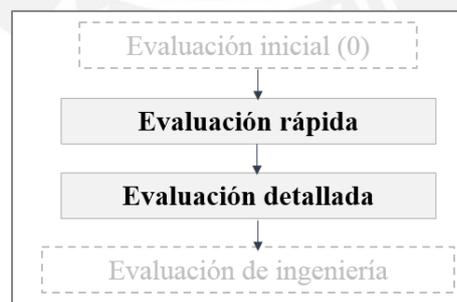


Figura 2.1 – Proceso de evaluación en la mayoría de países.

La evaluación inicial (Nivel 0) se realiza mediante el registro de los primeros reportes de daño en las edificaciones. Los reportes se realizan mediante llamadas, informes, etc., que se reciben inmediatamente luego de ocurrir un sismo de considerable magnitud.

La evaluación rápida es empleada en todas las metodologías de evaluación post sismo. Se refiere a una evaluación sencilla de la edificación. Cada metodología tiene un objetivo y enfoque para este nivel de evaluación.

La evaluación detallada se desarrolla con mayor precisión en comparación con la evaluación rápida. Es empleada en la evaluación de edificaciones que obtuvieron el calificativo de dudoso o cuestionable en la evaluación rápida, sin embargo, también puede aplicarse como una primera inspección. Cada metodología tiene su objetivo y enfoque para este nivel de evaluación.

La evaluación de ingeniería es más especializada y requiere el empleo de personal especializado en el estudio del comportamiento estructural y geotécnico de edificaciones. En general, es aplicado para determinar las técnicas de reforzamiento u ordenar la demolición de la edificación.

**Evaluación en Estados Unidos (Applied Technology Council (ATC) 1989) [2],[3]**

Han propuesto una metodología de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones. Su aplicación se realiza en tres etapas (figura 2.2). En los manuales del ATC 20, ATC 20-1 y ATC 20-2 se encuentra los lineamientos para de evaluación de las dos primeras etapas (rápida y detallada). Respecto a la tercera etapa de (evaluación de ingeniería), solo proporcionan recomendaciones y se especifica el tipo de personal necesario para la aplicación.

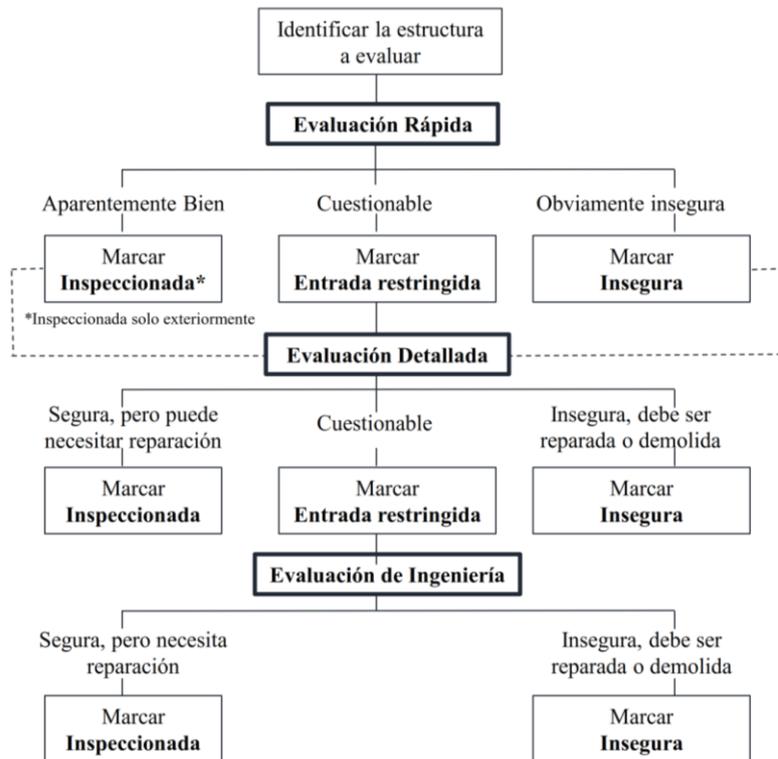


Figura 2.2 - Proceso de evaluación propuesto por ATC-20 en Estados Unidos [2]

a) *La evaluación rápida.*

El objetivo es inspeccionar y evaluar rápidamente y con el empleo mínimo de personal los edificios del área afectada. El tiempo de evaluación es alrededor de 10 a 20 minutos por cada edificación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser calificados, ingenieros civiles o arquitectos o ingenieros estructurales.

La inspección se realiza utilizando la ficha de la figura 2.3. Se inspecciona el exterior de la edificación y el suelo de su alrededor, sólo se debe entrar al edificio en caso de que existan dudas en la inspección. Se califica como leve, moderado o severo cada aspecto que se describe a continuación, además se especifica el porcentaje estimado de daños:

- Colapso total o parcial, o separación entre la estructura y su cimentación.
- Inclinación del edificio o de algún nivel.
- Daño en muros u otros miembros estructurales.
- Chimeneas, parapetos u otros elementos en peligro de caer.
- Grietas, movimiento del suelo deslizamiento de talud.
- Otros peligros (derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)

Como resultado de la evaluación se obtiene uno de tres calificativos de seguridad de la edificación, inspeccionada o entrada restringida o insegura.

- Se califica como *inspeccionada* y se coloca un afiche de color verde en la edificación. No existe restricción en el uso u ocupación de la edificación. No se han encontrado peligros durante la inspección. La edificación puede requerir algún tipo de reparación. La capacidad de resistencia de carga lateral no ha decrecido significativamente.
- Se califica como *entrada restringida* y se coloca un afiche de color amarillo. El ingreso a la edificación no está permitido. Existe la posibilidad de que el daño sea mayor luego de réplicas sísmicas. Se cree que existe condiciones peligrosas. El ingreso del dueño de la edificación está permitida solo para propósitos de emergencia.
- Se califica como *Insegura* y se coloca un afiche de color rojo. Existe riesgo inmediato asociado a la entrada, uso u ocupación del edificio. Extremo peligro, puede colapsar. Inminente peligro de colapso a causa de una réplica.

ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form			
<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>		<input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Government
Approx. "Footprint area" (square feet): _____	<input type="checkbox"/> Dwelling	<input type="checkbox"/> Offices	<input type="checkbox"/> Historic
Number of residential units: _____	<input type="checkbox"/> Other residential	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> School
Number of residential units not habitable: _____	<input type="checkbox"/> Public assembly	<input type="checkbox"/> Other: _____	
<input type="checkbox"/> Emergency services			
<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>
Collapse, partial collapse, or building off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Racking damage to walls, other structural damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chimney, parapet, or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ground slope movement or cracking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other (specify) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/> None
			<input type="checkbox"/> 0-1%
			<input type="checkbox"/> 1-10%
			<input type="checkbox"/> 10-30%
			<input type="checkbox"/> 30-60%
			<input type="checkbox"/> 60-100%
			<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 Unsafe posting. Localized <i>Severe</i> and overall <i>Moderate</i> conditions may allow a Restricted Use posting. Post INSPECTED placard at main entrance. Post RESTRICTED USE and UNSAFE placards at all entrances.			
<input type="checkbox"/> INSPECTED (Green placard) <input type="checkbox"/> RESTRICTED USE (Yellow placard) <input type="checkbox"/> UNSAFE (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: _____			
_____			

Figura 2.3 – Fichas de inspección rápida de ATC-20 [2].

### b) La evaluación detallada.

El objetivo es evaluar la seguridad de la edificación. Su uso es recomendado para edificaciones que obtuvieron el calificativo de acceso restringido en la evaluación rápida. El tiempo de evaluación es alrededor de 1 a 4 horas por cada edificación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en este área. La inspección se realiza utilizando la ficha de la figura 2.4.

Se califica como leve, moderado o severo cada parámetro que se describe a continuación:

- Peligros generales de la Estructura.- Se inspecciona el colapso parcial o total, inclinación de edificio o de uno de sus niveles, otros.

- Peligro en elementos estructurales.- Se inspecciona la cimentación, techos y pisos, pilares o pilastras, diafragmas y elementos horizontales, muros y elementos verticales, pórticos resistentes a momentos, otros.
- Peligros no estructurales.- Se inspecciona los parapetos y ornamentación, ventanas, cielos rasos y luces, muros interiores y de partición, elevadores, escaleras y salidas, chimeneas, instalaciones eléctricas y de gas, otros.
- Peligros geotécnicos.- Se inspecciona las fallas de laderas, movimientos de suelo, fisuras, otros.

Como resultado de la evaluación se obtiene uno de los tres calificativos de la seguridad de la edificación, similar al descrito en la evaluación rápida; “inspeccionada” o “entrada restringida” o “insegura”.

Al finalizar la evaluación si la edificación mantiene la calificación de cuestionable, puede recomendarse realizar una evaluación más especializada, llamada evaluación de ingeniería, la cual es desarrollada por ingenieros *estructurales*. El ATC 20 no establece los lineamientos para este nivel de evaluación.

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"/> Steel frame <input type="checkbox"/> Tilt-up concrete <input type="checkbox"/> Concrete frame <input type="checkbox"/> Concrete shear wall <input type="checkbox"/> Unreinforced masonry <input type="checkbox"/> Reinforced masonry <input type="checkbox"/> Other: _____		
		<b>Primary Occupancy</b> <input type="checkbox"/> Dwelling <input type="checkbox"/> Other residential <input type="checkbox"/> Public assembly <input type="checkbox"/> Emergency services <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Offices <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Other: _____ <input type="checkbox"/> Government <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> School		
<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> _____				

Figura 2.4 – Fichas de inspección detallada de ATC-20 [2].

***Evaluación en Japón (Nakano, et al. 2004) [41]***

La actividad sísmica en Japón es elevada por encontrarse en el cinturón de fuego del pacífico. Tras la ocurrencia de un sismo de considerable magnitud, se activa el estado de emergencia, donde se emplea la metodología para la evaluación de la seguridad de las edificaciones.

Según Nakano et al [41], Japón ha establecido una metodología compuesta por dos niveles de evaluación (figura 2.5). Se inicia con la evaluación rápida y luego de considerarse necesario se emplea la evaluación de daños y rehabilitación.

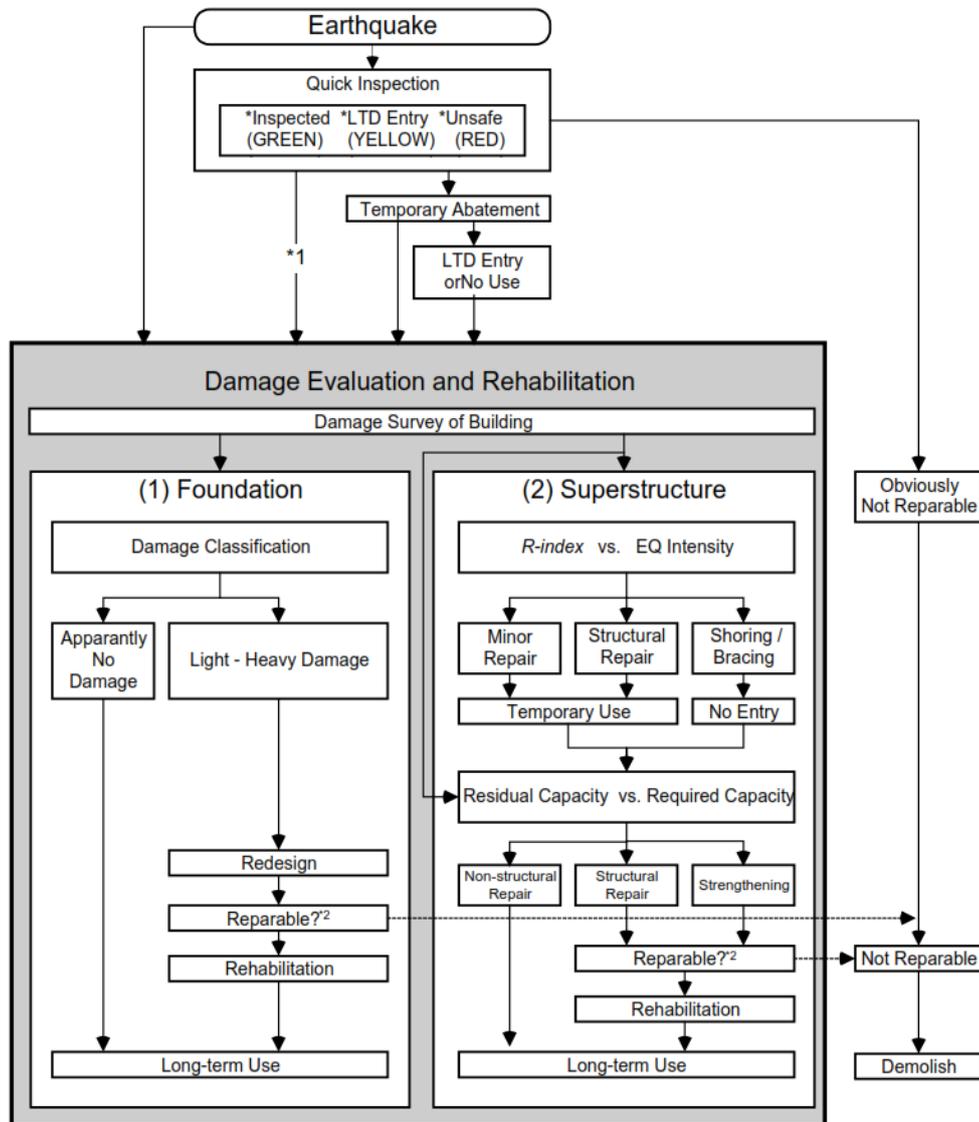


Figura 2.5 - Proceso de evaluación en Japón [41].

a) *La evaluación rápida.*

El objetivo es evaluar el nivel de daño y el riesgo para la vida que representan las estructuras dañadas. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser técnicos y profesionales en obras civiles. En la metodología no se especifica el tiempo de evaluación.

Se realiza una inspección exterior (tabla 2.1) e interior (tabla 2.2). Se asocia un nivel de daño (A, B, C) a cada parámetro que se describe a continuación:

Tabla 2.1 - Evaluación rápida del exterior de la edificación en Japón [9].

Aspecto de Inspección	Método de Inspección	Nivel A	Nivel B	Nivel C
Desplomo del edificio	Desplomo debido a asentamientos diferenciales	$< 1^\circ$ (1/60)	$1^\circ - 2^\circ$ (1/60 – 1/30)	$\geq 2^\circ$ (1/30)
Asentamiento del edificio	Asentamiento total por falla del subsuelo	$< 0,2\text{m}$	0,2 – 1,0m	$\geq 1,0\text{m}$
Falla en pilares exteriores de edificios con pórticos resistentes a momento (% pilares investigadas)	$\frac{\text{Numero pilares con nivel IV}}{\text{Numero pilares exteriores investigados}}$	$< 10\%$	10 – 20 %	$\geq 20\%$
	$\frac{\text{Numero pilares con nivel V}}{\text{Numero pilares exteriores investigados}}$	$< 1\%$	1 – 10 %	$\geq 10\%$
Falla en muros exteriores en edificios de muros estructurales (% muros investigados)	$\frac{\text{Longitud de muros con nivel IV}}{\text{Longitud muros exteriores investigados}}$	$< 10\%$	10 – 20 %	$\geq 20\%$
	$\frac{\text{Longitud muros con nivel V}}{\text{Longitud muros exteriores investigados}}$	$< 1\%$	1 – 10 %	$\geq 10\%$
Desprendimiento y caída de objetos	Daños en vidrios de ventanas	$< 1\%$	1 – 10 %	$\geq 10\%$
	Daños en acabado exterior	Daño menor	Agrietamiento o separación parcial	Agrietamiento, separación y caída
	Daños en el acabado exterior Hormigón prefabricado Paneles de hormigón ligero Bloques	Grietas	Grietas importantes, se observa el otro lado del panel	Movimiento relativo en la grieta.
	Pasillo y Balcón Parapeto Publicidad de azoteas Tinacos Cuartos maquinas e instalaciones Sistema aire acondicionado Torres de enfriamiento Penthouse Chimenea de azotea Otros	Sin desplomo	Desplomo leve	Desplomo notable
Vuelco de objetos	Escalera exterior Terraza de bloques Depósitos de combustible Maquinas vendedoras automáticas Otros	Sin desplomo	Desplomo leve	Desplomo notable

Tabla 2.2 – Evaluación rápida del interior de la edificación en Japón [9].

Aspecto de Inspección	Método de Inspección	Nivel A	Nivel B	Nivel C
Falla en pilares interiores en edificios a base de pórticos resistentes a momento (% pilares investigadas)	$\frac{\text{Número pilares con nivel IV}}{\text{Número pilares exteriores investigados}}$	< 10%	10 – 20 %	≥ 20%
	$\frac{\text{Número pilares con nivel V}}{\text{Número pilares exteriores investigados}}$	< 1%	1 – 10 %	≥ 10%
Falla en muros interiores de edificios a base de muros estructurales (% muros investigados)	$\frac{\text{Longitud de muros con nivel IV}}{\text{Longitud muros exteriores investigados}}$	< 10%	10 – 20 %	≥ 20%
	$\frac{\text{Longitud muros con nivel V}}{\text{Longitud muros exteriores investigados}}$	< 1%	1 – 10 %	≥ 10%
Peligro y riesgo de vuelco y caída de objetos	Acabados de techos Equipo de iluminación de los techos Instalaciones de gimnasio en muros y techos Muros divisorios Escaleras interiores Otros	Completamente sano	Incierto	Existe peligro de caída de objetos notable

Como resultado de la evaluación, se asigna el calificativo al riesgo de la inestabilidad estructural (tabla 2.3) y al riesgo en elementos no estructurales (tabla 2.4)

Tabla 2.3 - Riesgo de inestabilidad [9].

Nivel de riesgo	Descripción
Peligro	Cuando los resultados de los puntos a evaluar en la inspección describen más de uno con nivel C, o más de dos con nivel B.
Precaución	Cuando los resultados sobre cada uno de los puntos que se inspeccionan incluyen más de uno con nivel B; o el nivel de daño estructural en algunos elementos se describió con nivel igual o mayor a III.
Seguro	No se describen condiciones de inestabilidad estructural que clasifique el inmueble en nivel de “peligro” o “precaución”

Tabla 2.4 - Riesgo en elementos no estructurales [9].

Nivel de riesgo	Descripción
Peligro	Cuando los resultados de las condiciones de los elementos no estructurales describen más de uno con nivel C (con desplomo o inclinación, el elemento que los sostiene se encuentra en estado de deterioro notable), o más de dos con nivel B (daño parcial en el elemento sustentante o el desplomo es observable pero pequeño).
Precaución	Cuando los resultados de la inspección de las condiciones de elementos no estructurales incluyen más de uno con nivel B.
Seguro	No se describen condiciones de inestabilidad de objetos y elementos no estructurales que clasifiquen en nivel de “peligro” o precaución”

Luego de obtener el resultado de la inspección rápida del daño de una edificación, se coloca una placa en el ingreso (figura 2.6). Si la edificación es segura la placa es color verde. Para limitar el ingreso a las edificaciones se coloca una placa de color amarillo. Cuando la edificación es insegura, la placa es de color rojo.



Figura 2.6 - Placas para colocar en la edificación según el resultado de inspección [47].

b) *La evaluación detallada o evaluación de daños y rehabilitación.*

El objetivo es determinar la necesidad de reparación y/o refuerzo de la estructura o de sus elementos constitutivos. El tiempo de evaluación es alrededor de 2 horas a 1 día por cada edificación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en este área.

La evaluación del daño de la edificación se realiza considerando la inspección del terreno de fundación y la superestructura [51]. Se utiliza la ficha de la figura 2.20

- o Evaluación del terreno de fundación.- En general el daño está asociado a la presencia de asentamiento e inclinación del terreno. La clasificación del daño esta distinguida entre pilotes de cimentación (tabla 2.5) y cimentación superficial (tabla 2.6)

Tabla 2.5 – Daño en Pilotes [41].

$\theta$ (rad)		asentamiento S (m)			
		0	0.1	0.3	
inclinacion	1/300	ninguno	leve	moderado	*
	1/150	leve	moderado	moderado	fuerte
	1/75	moderado	moderado	fuerte	fuerte
		fuerte	fuerte	fuerte	fuerte

Tabla 2.6 – Daño en cimentación superficial [41].

$\theta$ (rad)		asentamiento S (m)			
		0.05	0.1	0.3	
inclinacion	1/500	ninguno	leve	*	*
	1/75	leve	moderado	moderado	*
	1/30	moderado	moderado	fuerte	fuerte
		fuerte	fuerte	fuerte	fuerte

\* No cubierto en la guía y requiere de una examinación cuidadosa.

- Evaluación de la superestructura.- Esta basada en la determinación del daño en la superestructura. El daño está asociado al índice de capacidad residual de la estructura (R).

$$R = \frac{DI_s}{I_s} \times 100\%$$

Donde:

R : Índice de capacidad residual.

I<sub>s</sub> : Índice de capacidad sísmica de la estructura antes del sismo.

DI<sub>s</sub> : Índice de capacidad sísmica considerando los miembros deteriorados a causa del sismo.

Luego de la evaluación el daño que le corresponde a la superestructura de la edificación es:

Leve	$95\% \leq R$
Ligero	$80\% \leq R < 95\%$
Moderado	$60\% \leq R < 80\%$
Fuerte	$R < 60\%$
Colapso	$R \approx 0$

Para finalizar la aplicación de la metodología, se plantea la rehabilitación o demolición de la edificación.

付表1 鉄筋および鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被災度区分判定調査表

整理番号: \_\_\_\_\_番 調査日時: \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日 午前/午後 \_\_\_\_\_時  
 調査回数: \_\_\_\_\_回目 調査者: \_\_\_\_\_  
 所属: \_\_\_\_\_

1. 建築物概要

- 1.1 建築物名称 \_\_\_\_\_  
 1.2 建築物所在地 \_\_\_\_\_  
 1.3 所有者 \_\_\_\_\_ 連絡先 \_\_\_\_\_  
 1.4 連絡者 \_\_\_\_\_ 連絡先 \_\_\_\_\_  
 1.5 建物用途 事務所 住宅 共同住宅 店舗 工場 倉庫 学校  
 (複数選択可) 保育所 庁舎 公民館 体育館 病院 その他( )  
 1.6 構造種別 鉄筋コンクリート造 プレキャストコンクリート造 ブロック造  
鉄骨鉄筋コンクリート造 併用構造( \_\_\_\_\_造と \_\_\_\_\_造)  
 1.7 構造形式 ラーメン構造 壁式構造 その他( )  
 1.8 基礎構造 直接基礎 杭基礎(種別 \_\_\_\_\_)  
 1.9 建築物規模 地上 \_\_\_\_\_階 地下 \_\_\_\_\_階 塔屋 \_\_\_\_\_階 1階寸法: 約 \_\_\_\_\_m×約 \_\_\_\_\_m  
 1.10 敷地の地形 平坦地 傾斜地 台地 凹地 その他( )  
 1.11 周辺の地形 崖から \_\_\_\_\_m 川・海・湖・沼から \_\_\_\_\_m(注: 50m以上の場合には記入不要)  
 1.12 外装仕上げ 打放し モルタル タイル 石貼り カーテンウォール  
 (複数選択可) PC板 ALC板 ブロック その他( )  
 1.13 設計図書 構造計算書 有 無 設計図 有 無 施工記録 有 無  
 1.14 建設年代 \_\_\_\_\_年( 1971年以前 1972年以降 不明)

2. 被災度の区分

2.1 建築物の崩壊・落階等による判定

崩壊、落階等の有無: 有( 2.3へ: 計算は省略し上部構造の被災度は[倒壊]とする) 無( 2.2へ)

2.2 基礎構造の沈下・傾斜による判定

基礎構造の被害  
 杭の被害の有無: 有 無 不明 液状化の有無: 有 無 不明

① 基礎の沈下量  $S =$  \_\_\_\_\_m

② 基礎の傾斜角  $\theta_x =$  \_\_\_\_\_rad.  $\theta_y =$  \_\_\_\_\_rad.  $\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2} =$  \_\_\_\_\_rad.

( 0.01rad.=0.573度、1度=0.01745rad.)

表1 杭基礎建物の被災度区分

表2 直接基礎建物の被災度区分

基礎の傾斜	基礎の沈下量 (m)	基礎の沈下量 (m)			
		0	0.1	0.3	※
基礎の傾斜	1/300	[無被害]	[小破]	[中破]	※
	1/150	[小破]	[中破]	[大破]	※
	1/75	[中破]	[大破]	[大破]	※
	1/30	[大破]	[大破]	[大破]	※

※: 想定外、要詳細調査

基礎構造の沈下・傾斜による被災度区分  
無被害 小破 中破 大破

Figura 2.7 – Fichas de inspección detallada en Japón [41].

2.3 上部構造の耐震性能残存率 R による判定

- ① 被害の最も激しい階と方向 \_\_\_\_階 方向: 短辺方向 長辺方向  
 ② ゾーニングの要否: 不要(建物全体で判定する)  
必要(ゾーニングした区画を平面図などで明示し、区画ごとに判定する)  
 ③ 構造部材の損傷度調査結果 ※( )内にそれぞれの柱本数や壁枚数を記入し合計を計算する。  
 「両側柱付壁」は、1スパン分を1枚と数える。

	せん断柱	曲げ柱	柱なし壁	柱型付壁	両側柱付壁	合計
総部材数	( ) + ( ) + ( ) + ( ) + ( ) = ( )					
調査部材数	( ) + ( ) + ( ) + ( ) + ( ) = ( )					
	①×1	②×1	③×1	④×2	⑤×6	= A <sub>org</sub>
損傷度0	( ) + ( ) + ( ) + ( )×2 + ( )×6 = ( )					= A <sub>0</sub>
損傷度I	( )×0.95 + ( )×0.95 + ( )×0.95 + ( )×1.9 + ( )×5.7 = ( )					= A <sub>1</sub>
損傷度II	( )×0.6 + ( )×0.75 + ( )×0.6 + ( )×1.2 + ( )×3.6 = ( )					= A <sub>2</sub>
損傷度III	( )×0.3 + ( )×0.5 + ( )×0.3 + ( )×0.6 + ( )×1.8 = ( )					= A <sub>3</sub>
損傷度IV	( )×0 + ( )×0.1 + ( )×0 + ( )×0 + ( )×0 = ( )					= A <sub>4</sub>
損傷度V	( )×0 + ( )×0 + ( )×0 + ( )×0 + ( )×0 = 0					= A <sub>5</sub>
						$\sum A_j = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = ( )$

④ 耐震性能残存率 R

$$R = \frac{\sum A_j}{A_{org}} \times 100 = \frac{( )}{( )} \times 100 = ( )$$

上部構造の耐震性能残存率 R による被災区分

- 無被害 (R=100)    軽微 (95 ≤ R < 100)    小破 (80 ≤ R < 95)  
中破 (60 ≤ R < 80)    大破 (R < 60)    倒壊(崩壊・落階等によりほぼ R=0 とみなせる)

3. その他の被害

付属構造物の被害(被害有の場合、被害状況、危険箇所、処置の要否などを記入する)

- 床スラブ : 無被害 被害有( )  
ペントハウス : 無被害 被害有( )  
屋外階段 : 無被害 被害有( )  
屋上煙突 : 無被害 被害有( )  
渡り廊下 : 無被害 被害有( )  
エキスパンションジョイント : 無被害 被害有( )  
その他( ): 無被害 被害有( )

4. 復旧の要否の判定

気象庁震度階: VI強以上    VI弱    V強    V弱以下(要詳細調査)

表3 基礎構造の復旧の要否

被災度	小破	中破	大破
V弱以下	×	×	×
V強	△	×	×
VI弱	○	△	×
VI強以上	○	○	△

表4 上部構造の応急復旧の要否

被災度	軽微 95 ≤ R < 100	小破 80 ≤ R < 95	中破 60 ≤ R < 80	大破・倒壊 R < 60
V弱以下	×	×	×	×
V強	◎	△	△	△
VI弱	◎	○(△)	△	△
VI強以上	◎	◎(○)	○(△)	△

※( )は1971年以前の建物の場合

- ・基礎構造の被災度: 無被害    小破    中破    大破  
 ・基礎構造の復旧の要否:  
不要(無被害)    補修(○)    補修(詳細調査が望ましい)(△)    詳細調査(×)  
 ・上部構造の被災度: 無被害    軽微    小破    中破    大破    倒壊  
 ・上部構造の応急復旧の要否:  
不要(無被害)    軽微な補修(◎)    応急復旧(構造補修)(○)  
応急措置または応急復旧(△)    詳細調査(×)    明らかに応急復旧不可能(倒壊)

Continuación de la Figura 2.7

### *Evaluación en México (CENAPRED, 2011) [10]*

En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) ha desarrollado una metodología para la evaluación de la seguridad estructural de las edificaciones. Basándose en la experiencia de metodologías propuestas por otros países. Plantearon la metodología de evaluación compuesta por 4 niveles (figura 2.8).

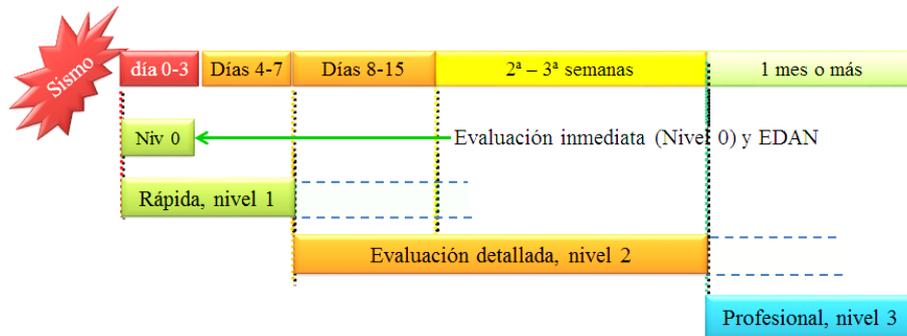


Figura 2.8 - Proceso de evaluación en México [10].

#### *a) Evaluación nivel 0*

Corresponde a la evaluación inmediata, debe ser aplicado por protección civil local, profesionales locales y voluntarios. La evaluación es realizada en un rango de tiempo de 15 a 30 minutos. Además, son válidos los reportes personales o telefónicos de los propietarios de las edificaciones. En este nivel de evaluación, CENAPRED no ha contemplado un formato de evaluación.

#### *b) Evaluación Nivel 1*

El objetivo es la identificación de los edificios que a primera vista son seguros o las que requieren de una valoración posterior o presentan daños de importancia. El tiempo de evaluación es alrededor 1 hora por cada edificación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser ingenieros civiles o arquitectos.

La inspección se muestra en la figura 2.9. Se inspecciona el exterior de la edificación y el suelo de su alrededor, sólo se debe entrar al edificio en caso de que existan dudas en la inspección. Se califica como leve, moderado o severo.

Septiembre-2010

Nombre del evaluador:  Ingeniero o arquitecto  Estudiante Ing/Arq.  Otro

**INFORMACIÓN GENERAL** Fecha: \_\_\_\_\_ Coordenadas: ( \_\_\_\_\_ N, \_\_\_\_\_ O, \_\_\_\_\_ msnm)

Nombre del inmueble: \_\_\_\_\_

Calle y número: \_\_\_\_\_ Colonia: \_\_\_\_\_ Código postal: \_\_\_\_\_

Pueblo o ciudad: \_\_\_\_\_ Delegación/Municipio: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Referencias: \_\_\_\_\_ (entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)

Persona contactada/propietario: \_\_\_\_\_ Teléfono: +( \_\_\_\_\_ )

Uso:  Vivienda  Hospital  No. niveles, n = \_\_\_\_\_  Planicie  
 Oficinas  Iglesia  No. sótanos: \_\_\_\_\_  Ladera de cerro  
 Comercio  Reunión (cine/estadio/salón)  No. ocupantes: \_\_\_\_\_  Rivera río/lago  
 Escuela  Industrial (fábrica/bodega) **Dimensiones:**  Fondo de valle  
 Otro: \_\_\_\_\_ Frente X = \_\_\_\_\_ m  Depósitos lacustres  
 Desocupada Fondo Y = \_\_\_\_\_ m  Costa

**SISTEMA ESTRUCTURAL** La dirección X es paralela a la fachada, indicar X,Y en el croquis

**Dirección X**  Marcos de acero  Muros de concreto  Marcos de concreto  Muros de carga de mampostería  
 Columnas y losa plana (sin vigas)  Marcos y muros diafragma  Columnas y losa plana (sin vigas)  Marcos y muros diafragma  
 Uso de contravientos  Muros de adobe o bahareque  Muros de madera, lámina, otros  Muros de adobe o bahareque  
 Muros de madera, lámina, otros  Uso de contravientos  Muros de madera, lámina, otros

**Muros de mampostería**  Confinada  Bloque concreto 20x40 cm  Refuerzo interior  Tabique arcilla (ladrillo)  Simple  Tabique hueco de arcilla  Tabicón de concreto

**Sistema de piso**  Losa maciza  Losa reticular  Vigüeta y bovedilla  No se sabe

**Sistema de techo**  Igual al de piso  Lámina  Teja  Otro: \_\_\_\_\_

**Cimentación**  Zapatas aisladas  Cajón  Zapatas corridas  Pilotes / pilas  Cimiento de piedra  No se sabe  Losa de cimentación

**VULNERABILIDAD** Posición en manzana:  Esquina  Medio  Aislado

**Irregular en Planta**  Asimetría por muros, cubos, cargas  Grandes aberturas, entrantes/salientes  Geometría irregular en planta "L", "T", "H"

**Irregular en Elevación**  Planta baja de doble altura  Muros no llegan a cimentación  Planta baja flexible  Columna corta  Grandes masas en pisos superiores  Reducción brusca de pisos superiores

Separación edif vecino: \_\_\_\_\_ cm

**EVALUACIÓN DE DAÑOS**

**Geotécnicos:**  Grietas en el terreno  Hundimientos  Inclinación del edificio: \_\_\_\_\_ %

**Losas:**  Colapso  Grietas máx: \_\_\_\_\_ mm  Flecha máx: \_\_\_\_\_ cm

**Conexiones:**  Falla

**Otros daños:**  Vidrios  Acabados  Plafones  Fachadas  Bardas y pretilas  Cubos (escalera/elevador)  Instalaciones

**Entrepiso crítico (más débil y/o más dañado):** No. de columnas (o muros) daño severo = \_\_\_\_\_ (colapso, aplastamiento, pandeo, grietas > 3 mm) Total de columnas (muros) en el entpiso = \_\_\_\_\_

**NIVEL DE DAÑO DE LA ESTRUCTURA**  Colapso total  Daño severo  Daño medio  Daño ligero

**CROQUIS DEL INMUEBLE** Existen planos:  Arquitectónico  Estructural  Ninguno

(Marcar el Norte) 

Figura 2.9 – Fichas de inspección nivel 1 en México [10].

c) Evaluación nivel 2

El objetivo es evaluar con una aproximación razonable y en un tiempo corto la seguridad de los edificios clasificados como de seguridad en duda o inseguros en la evaluación rápida. El tiempo de evaluación es entre 1 a 4 horas por cada edificación. El personal que lleva a cabo la inspección debe ser especialista en estructuras (ingeniero o arquitecto). La inspección se realiza con una ficha (figura 2.10)

Como resultado de la evaluación se obtiene uno de los tres calificativos de la seguridad de la edificación, Habitable o seguridad en duda o insegura (tabla 2.7) y se rotula la edificación según corresponda.

Tabla 2.7 - Calificación de la seguridad de la edificación

Nivel de riesgo	Descripción
Habitable	No existen restricciones para el uso de la estructura. El sistema resistente a cargas verticales no presenta reducción significativa en su capacidad y no existe inestabilidad potencial. La capacidad para resistir cargas laterales no presenta una disminución significativa. No hay peligro de falla o caída de objetos. No existe evidencia de daños importantes de la subestructura o asentamiento del terreno. Las escaleras y salidas principales son accesibles y se encuentran en servicio. No existe condición aparente de inseguridad.
Seguridad en duda	Existen dudas serias acerca de la seguridad estructural que únicamente pueden ser resueltas con una evaluación de Oficina de Ingeniería. Hay incertidumbre acerca de la posibilidad de daños adicionales por peligros geotécnicos. Existe incertidumbre acerca de la presencia de otros peligros. Daños no estructurales notorios y extendidos en particular pero no limitando a la ruta de evacuación.
Insegura	Es obviamente insegura. Por la extensión de los daños es posible el derrumbe por la propia carga gravitacional o por réplicas del terremoto. Presencia de otra condición insegura como líneas de electricidad caídas.

## FORMATO DE CAPTURA DE DATOS PARA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Febrero-201

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Duración visita: \_\_\_\_\_ Clave: \_\_\_\_\_

Nombre del evaluador: \_\_\_\_\_  Ingeniero o arquitecto  Estudiante Ing/Arq

### INFORMACIÓN GENERAL DEL INMUEBLE

Nombre del inmueble: \_\_\_\_\_

Nombre del edificio/cuerpo/área: \_\_\_\_\_  
*(usar un formato por cada edificio/cuerpo/área)*

Coordenadas: ( \_\_\_\_\_ N, \_\_\_\_\_ O, \_\_\_\_\_ msnm)

Calle y número: \_\_\_\_\_ Código postal: \_\_\_\_\_

Colonia/Barrio: \_\_\_\_\_

Localidad (pueblo/ciudad): \_\_\_\_\_

Delegación/Municipio: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Referencias: \_\_\_\_\_  
*(entre calles "A" y "B", un sitio notable, etc.)*

Persona contactada/propietario: \_\_\_\_\_ Cargo o función: \_\_\_\_\_

Teléfono: +( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

### USO (Anotar % de área para cada uso, debe sumar 100%)

<b>1- Habitacional</b> <input type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Multifamiliar <input type="checkbox"/> Hotel <input type="checkbox"/> Dormitorio	<b>3- Educativo</b> <input type="checkbox"/> Preescolar <input type="checkbox"/> Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Superior <input type="checkbox"/> Biblioteca <input type="checkbox"/> Museo	<b>5- Reunión</b> <input type="checkbox"/> Centro social <input type="checkbox"/> Templo religioso <input type="checkbox"/> Gimnasio <input type="checkbox"/> Salón baile/juego <input type="checkbox"/> Cine/Teatro/Auditorio <input type="checkbox"/> Estadio	<b>7- Comunicaciones y transportes</b> <input type="checkbox"/> Terminal de pasajeros <input type="checkbox"/> Terminal de carga <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Aeropuerto/Puerto <input type="checkbox"/> Correo / Telégrafo / Teléfono <input type="checkbox"/> Radio / Televisión <input type="checkbox"/> Antena transmisora	<b>Estructura GRUPO:</b> <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B1 <input type="radio"/> B2 <input type="radio"/> C
<b>2- Oficinas / Comercio</b> <input type="checkbox"/> Oficinas <input type="checkbox"/> Tienda <input type="checkbox"/> Mercado <input type="checkbox"/> Restaurante	<b>4- Salud / Social</b> <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Clínica <input type="checkbox"/> Asilo <input type="checkbox"/> Estancia infantil	<b>6- Industrial</b> <input type="checkbox"/> Fábrica <input type="checkbox"/> Taller <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Generac. eléctrica <input type="checkbox"/> De combustibles	Otro: _____	

Ocupación:  Habitada/en uso  Abandonada/desocupada  Desalojada por daños

Número de ocupantes o capacidad de personas: \_\_\_\_\_

### TERRENO Y CIMENTACIÓN

**Topografía**  
 Planicie  
 Ladera de cerro  
 Rivera río/lago  
 Fondo de valle  
 Depósitos lacustres  
 Costa

**Tipo suelo**  
 Arcilla muy blanda  
 Limos o arcillas  
 Granular suelto  
 Granular compacto  
 Roca

**SUELO**  
 Blando  
 Transición  
 Firme

**Cim. Superficial**  
 Zapatas aisladas  
 Zapatas corridas  
 Cimiento de piedra  
 Losa  
 Cajón

**Cimentación Profunda**  
 Pilotes / pilas  
 Otro

Nivel freático: \_\_\_\_\_ m Pendiente del terreno: \_\_\_\_\_ % Distancia a río / lago / mar: \_\_\_\_\_ m

### CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

No. de niveles, n = \_\_\_\_\_ Año de construcción: \_\_\_\_\_

No. de sótanos: \_\_\_\_\_ Año rehabilitación: \_\_\_\_\_

Área del terreno: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Recarga acuíferos: \_\_\_\_\_ %  
 Área de la planta tipo: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Apéndice en azotea (escaleras / elevador / cuarto azotea)  
 Mezanine (losa intermedia que no cubre toda la planta)  
 Piso a media altura (de los entrepisos tipo)  
 Escalera externa  
 Semisótano (primer sótano a medio nivel de calle)

**Dimensiones Generales:**  
 X = Frente: \_\_\_\_\_ m  
 Y = Fondo: \_\_\_\_\_ m  
 Altura Planta baja: \_\_\_\_\_ m  
 Altura entrepisos: \_\_\_\_\_ m  
 No. cajones estacionamiento: \_\_\_\_\_  
 No. elevadores: \_\_\_\_\_  
 No. escaleras independientes: \_\_\_\_\_

**Instalaciones**  
 Elevador  Eléctrica  
 Agua potable  Alcantarillado  
 Gas  Otra: \_\_\_\_\_

PLANTA

ELEVACIÓN

<<logotipos de instituciones participantes>>

Figura 2.10 – Fichas de inspección nivel 2 en México [10].

VULNERABILIDAD																																																																																													
Posición en manzana: <input type="checkbox"/> Esquina <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Aislado																																																																																													
<b>Irregularidad en planta</b> <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	<b>Irregularidad en elevación</b> <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																																																																																												
<b>Otras fuentes de vulnerabilidad</b> <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	<b>Edificio vecino crítico</b> No. de pisos: _____ cm 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																																																																																													
SISTEMA ESTRUCTURAL																																																																																													
<b>Material en muros</b> <input type="checkbox"/> Concreto reforzado <input type="checkbox"/> Concreto prefabricado <input type="checkbox"/> Tabicón de concreto (macizo) <input type="checkbox"/> Bloque de concreto (20x40 cm) <input type="checkbox"/> Ladrillo de barro macizo <input type="checkbox"/> Tabique de arcilla hueco <input type="checkbox"/> Paneles con capa de mortero	<b>Sección de elementos predominantes</b> <table border="1"> <tr> <th>Forma</th> <th>Material</th> <th>Sección</th> </tr> <tr> <td>Rectangular</td> <td>Concreto</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Circular</td> <td>Acero</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Tubo circular</td> <td>Prefabricado</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Secc H / I</td> <td>Madera</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Cañón</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Secc L</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Armadura</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Forma	Material	Sección	Rectangular	Concreto	_____	Circular	Acero	_____	Tubo circular	Prefabricado	_____	Secc H / I	Madera	_____	Cañón			Secc L			Armadura																																																																						
Forma	Material	Sección																																																																																											
Rectangular	Concreto	_____																																																																																											
Circular	Acero	_____																																																																																											
Tubo circular	Prefabricado	_____																																																																																											
Secc H / I	Madera	_____																																																																																											
Cañón																																																																																													
Secc L																																																																																													
Armadura																																																																																													
<b>Refuerzo en la mampostería</b> <input type="checkbox"/> Sin refuerzo <input type="checkbox"/> Mampostería confinada <input type="checkbox"/> Mampostería mal confinada <small>(sin refuerzo en puertas/ventanas)</small>	<input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Piedra <input type="checkbox"/> Adobe <input type="checkbox"/> Bahareque (ramas/lodo) <input type="checkbox"/> Material precario (débil: lámina/cartón/desecho) <input type="checkbox"/> Otro: _____																																																																																												
<b>ESTRUCTURA PRINCIPAL VERTICAL</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Planta</th> <th colspan="2">Niveles</th> <th rowspan="2">Sótano</th> <th rowspan="2">Apéndice</th> <th rowspan="2">Cubos (torres) / elevados</th> </tr> <tr> <th>Baja</th> <th>Alta</th> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">Marcos</td> <td>Acero</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Conc. prefabricado</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Cols. y losa plana</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Contrav.</td> <td>Madera</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Acero</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Concreto</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Muros</td> <td>Cubre varios pisos</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Cables</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>De carga mampostería</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Diaphragma mampost. de concreto con vigas de acoplamiento:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>		Planta		Niveles		Sótano	Apéndice	Cubos (torres) / elevados	Baja	Alta	X	Y	Marcos	Acero	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>	Cols. y losa plana	<input type="checkbox"/>	Contrav.	Madera	<input type="checkbox"/>	Acero	<input type="checkbox"/>	Concreto	<input type="checkbox"/>	Muros	Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>	Cables	<input type="checkbox"/>	De carga mampostería	<input type="checkbox"/>	Diaphragma mampost. de concreto con vigas de acoplamiento:	<input type="checkbox"/>	<b>SISTEMA DE PISO / TECHO</b> <b>Sistema de piso</b> <input type="checkbox"/> Losa apoyada en traves <input type="checkbox"/> Losa plana (sin traves) <input type="checkbox"/> Vigas y piso de madera <input type="checkbox"/> Vigas y enladrillado (bóveda catalana) <input type="checkbox"/> Vigas, largueros y cubierta <input type="checkbox"/> Armaduras y cubierta <input type="checkbox"/> Armaduras 3D <input type="checkbox"/> Arcos de mampostería																																																							
		Planta		Niveles					Sótano	Apéndice	Cubos (torres) / elevados																																																																																		
	Baja	Alta	X	Y																																																																																									
Marcos	Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
	Conc. prefabricado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
Contrav.	Madera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
	Acero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
Muros	Cubre varios pisos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
	Cables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
	De carga mampostería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
	Diaphragma mampost. de concreto con vigas de acoplamiento:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																						
<b>Muros en el entrepiso representativo</b> Número de marcos paralelos: a X: _____ a Y: _____ Claro promedio: _____ 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: _____	<b>Losa de concreto</b> <input type="checkbox"/> Maciza <input type="checkbox"/> Aligerada (reticular) <input type="checkbox"/> Prefabricada de concreto <input type="checkbox"/> Vigüeta y bovedilla <input type="checkbox"/> Lámina acanalada con capa de concreto (Losa-acero) Espesor total: _____ cm Capa compresión: _____ cm																																																																																												
<b>Muros en el entrepiso representativo</b> Suma de longitudes de muros y espesor (l): De concreto: $\sum L_x =$ _____ m, $\sum L_y =$ _____ m, $t =$ _____ cm De mampostería: $\sum L_x =$ _____ m, $\sum L_y =$ _____ m, $t =$ _____ cm	<b>Armaduras</b> <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: _____																																																																																												
<b>Planos:</b> <input type="checkbox"/> Arquitectónico <input type="checkbox"/> Estructural <input type="checkbox"/> Memoria de cálculo <input type="checkbox"/> Autoconstrucción (sin cálculo) Especificar: _____	<b>Cubierta de techo</b> <input type="checkbox"/> Igual a sistema de piso <input type="checkbox"/> Lámina metálica <input type="checkbox"/> Lámina de asbesto/plástico <input type="checkbox"/> Cartón o desecho <input type="checkbox"/> Paneles <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Paja <input type="checkbox"/> Teja																																																																																												
<b>REHABILITACIÓN</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Técnicas empleadas</th> <th>Descripción breve:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <input type="checkbox"/> Arquitectónicas  <input type="checkbox"/> Reparación estruct.  <input type="checkbox"/> Refuerzo  <input type="checkbox"/> Reestructuración                 </td> <td> <input type="checkbox"/> Recimentación  <input type="checkbox"/> Encamisado concreto  <input type="checkbox"/> Encamisado acero  <input type="checkbox"/> Muros: mailla y mortero  <input type="checkbox"/> Contraventeo                 </td> <td> <input type="checkbox"/> Adición de muros concreto  <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería  <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos  <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos  <input type="checkbox"/> Otro                 </td> </tr> </tbody> </table>		Tipo	Técnicas empleadas	Descripción breve:	<input type="checkbox"/> Arquitectónicas <input type="checkbox"/> Reparación estruct. <input type="checkbox"/> Refuerzo <input type="checkbox"/> Reestructuración	<input type="checkbox"/> Recimentación <input type="checkbox"/> Encamisado concreto <input type="checkbox"/> Encamisado acero <input type="checkbox"/> Muros: mailla y mortero <input type="checkbox"/> Contraventeo	<input type="checkbox"/> Adición de muros concreto <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos <input type="checkbox"/> Otro																																																																																						
Tipo	Técnicas empleadas	Descripción breve:																																																																																											
<input type="checkbox"/> Arquitectónicas <input type="checkbox"/> Reparación estruct. <input type="checkbox"/> Refuerzo <input type="checkbox"/> Reestructuración	<input type="checkbox"/> Recimentación <input type="checkbox"/> Encamisado concreto <input type="checkbox"/> Encamisado acero <input type="checkbox"/> Muros: mailla y mortero <input type="checkbox"/> Contraventeo	<input type="checkbox"/> Adición de muros concreto <input type="checkbox"/> Adición muros mampostería <input type="checkbox"/> Contrafuertes externos <input type="checkbox"/> Fibra carbono / sintéticos <input type="checkbox"/> Otro																																																																																											

Continuación de la Figura 2.10

### d) Evaluación nivel 3

La metodología establece que se puede recomendar realizar una evaluación más especializada llamada evaluación profesional, la cual es desarrollada por un despacho de ingeniería estructural. La metodología no establece los lineamientos para este nivel de evaluación.

### Evaluación en Nueva Zelanda (NZSEE, 2009) [42]

New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE), (2009), desarrollaron e implementaron una metodología para la evaluación de la seguridad de las edificaciones durante un estado de emergencia "Building Safety Evaluation During a State of Emergency". Guidelines for Territorial Authorities

En la metodología se establece que la evaluación de la seguridad de las edificaciones está compuesta por cuatro categorías, como se muestra la figura 2.11. En la metodología se describen los lineamientos del procedimiento de evaluación de la evaluación rápida Nivel 1 y 2, que serán descritos con mayor detalle.

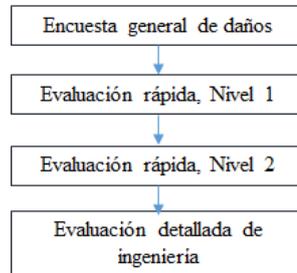


Figura 2.11 - categorías de evaluación

a) La evaluación general de daños.

Tiene como objetivo identificar las áreas afectadas. Debe realizarse lo más pronto posible luego de ocurrido el evento sísmico. Es ejecutado por voluntarios de defensa civil, autoridades territoriales.

b) La evaluación rápida, Nivel 1.

El objetivo es determinar el daño estructural y otros peligros, asimismo, determinar la seguridad de la edificación y decidir el nivel apropiado de ocupación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser ingenieros civiles e ingenieros estructurales, arquitectos u otro personal de la industria de la construcción, El procedimiento es esquematizado en la figura 2.12. La inspección es realizada con el uso de la ficha de la figura 2.13.

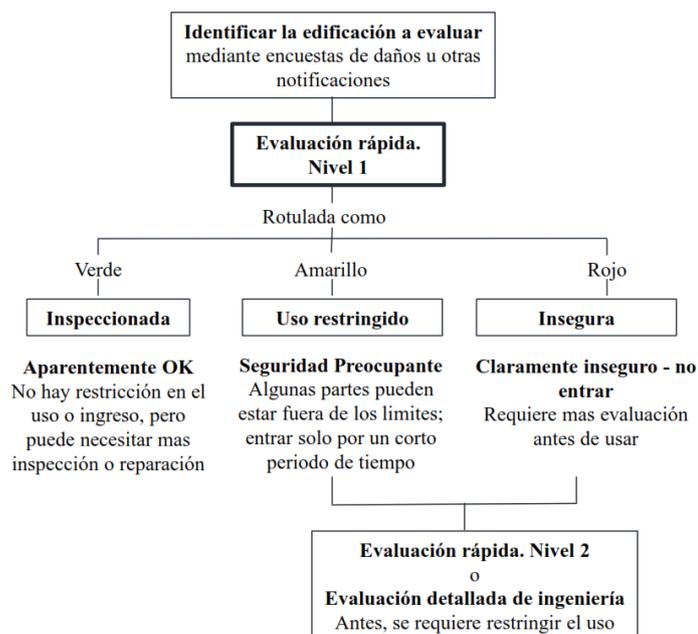


Figura 2.12 - Proceso de evaluación rápida Nivel 1

### RAPID Assessment Form - LEVEL 1

Inspector ID	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Date of Inspection	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Areas Inspected	<input style="width: 95%;" type="checkbox"/>
Authority	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Time AM/PM	<input style="width: 95%;" type="text"/>		<input style="width: 95%;" type="checkbox"/>

<b>Building Name</b> Also known as _____ Description Lot DP _____ Other ID _____ Contact Name _____ Contact Phone _____ Storeys above ground <input type="checkbox"/> Below ground <input type="checkbox"/> Avg. area (m <sup>2</sup> ) <input style="width: 50%;" type="text"/> No of residential units <input style="width: 50%;" type="text"/> Photo Taken Yes No No. _____	<b>Address</b> _____ <b>Type of Construction</b> <input type="checkbox"/> Timber frame <input type="checkbox"/> Steel frame <input type="checkbox"/> Tilt-up concrete <input type="checkbox"/> Concrete frame <input type="checkbox"/> Concrete shear wall <input type="checkbox"/> Un-reinforced masonry <input type="checkbox"/> Reinforced masonry <input type="checkbox"/> Other: _____ <b>Primary Occupancy</b> <input type="checkbox"/> Dwelling <input type="checkbox"/> Other residential <input type="checkbox"/> Public assembly <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Other: _____ <input type="checkbox"/> Commercial/ Offices <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Government <input type="checkbox"/> Heritage Listed
---	--

Investigate the building for the conditions listed and check the appropriate column

Observed Conditions	Minor/None	Moderate	Severe	Estimated building damage (exclude contents)
Collapse, partial collapse, off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> None
Building or storey leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0-1%
Racking damage to walls, other structural damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2-10%
Chimney, parapet or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 11-30%
Ground slope movement or cracking	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 31-60%
Other* (specify)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 61-99%
Comments:				<input type="checkbox"/> 100%

\* Investigate site hazards such as gas, electricity, sanitary sewer, stormwater or hazardous materials/processes

Choose a posting based on the evaluation and team judgement.  
**Severe** conditions affecting the whole building are grounds for an UNSAFE posting.  
 Localised **Severe** and overall **Moderate** conditions may require a RESTRICTED USE posting.  
 Place INSPECTED placard at main entrance. Post all other placards at every significant entrance.

INSPECTED <input style="width: 30px; height: 30px;" type="checkbox"/>	RESTRICTED USE <input style="width: 30px; height: 30px;" type="checkbox"/>	UNSAFE <input style="width: 30px; height: 30px;" type="checkbox"/>
GREEN	YELLOW	RED

**Record** any restriction on use or entry

Tick the boxes below only if further actions are recommended:

Barricades are needed (state location): \_\_\_\_\_

Level 2 or Detailed Engineering Evaluation recommended:  structural  geotechnical  other: \_\_\_\_\_

Other recommendations, comments \_\_\_\_\_

Sign here on completion

Figura 2.13 - Proceso de evaluación rápida Nivel 1 [42].

c) *La evaluación rápida, Nivel 2.*

El objetivo es determinar el daño estructural y otros peligros, asimismo, determinar la seguridad de la edificación y decidir el nivel apropiado de ocupación. El personal que lleva a cabo la inspección deben ser ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en este área. El procedimiento de evaluación se resume en la figura 2.14. La inspección se realiza utilizando el formato mostrado en la figura 2.15

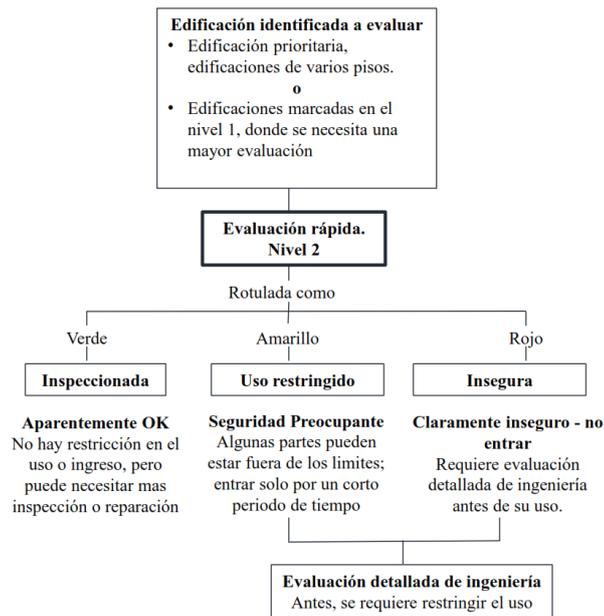


Figura 2.14 - Proceso de evaluación rápida Nivel 2

RAPID Assessment Form - LEVEL 2					
Inspector ID	<input type="text"/>	Date of Inspection	<input type="text"/>	Inspected	<input type="checkbox"/>
Authority	<input type="text"/>	Time AM/PM	<input type="text"/>	Restricted Use	<input type="checkbox"/>
				Unsafe	<input type="checkbox"/>
FINAL POSTING from Pg. 2					
<b>Building Name</b> Also known as Description Lot DP Other ID Contact Name Contact Phone Storeys above ground <input type="checkbox"/> Below ground <input type="checkbox"/> Avg. area (m <sup>2</sup> ) <input type="text"/> No of residential units <input type="text"/> Photo Taken Yes No No. <input type="text"/>			<b>Address</b> <b>Type of Construction</b> <input type="checkbox"/> Timber frame <input type="checkbox"/> Steel frame <input type="checkbox"/> Tilt-up concrete <input type="checkbox"/> Concrete frame <input type="checkbox"/> Concrete shear wall <input type="checkbox"/> Unreinforced masonry <input type="checkbox"/> Reinforced masonry <input type="checkbox"/> Other: <input type="text"/>		
			<b>Primary Occupancy</b> <input type="checkbox"/> Dwelling <input type="checkbox"/> Other residential <input type="checkbox"/> Public assembly <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Other: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Commercial/ Offices <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Government <input type="checkbox"/> Heritage Listed		
Investigate the building for the conditions listed and check the appropriate column. A sketch may be added on pg. 2					
<b>Overall Hazards</b>	<b>Minor/None</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Comments</b>	
Collapse or partial collapse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Building or storey leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Other:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
<b>Structural Hazards</b>					
Foundations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Roofs, floors (vertical load)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Columns, pilasters, corbels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Diaphragms, horizontal bracing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Pre-cast connections	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Other:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
<b>Non-structural Hazards</b>					
Parapets, ornamentation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Cladding, glazing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Ceilings, light fixtures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Interior walls, partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Elevators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Stairs/ Exits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Utilities (e.g. gas, electricity)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Significant fire safety concerns	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Other:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
<b>Geotechnical Hazards</b>					
Slope failure, debris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Ground movement, fissures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
Other:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	
<b>General Comments</b>				<input type="text"/>	
Adapled from ATC-20					

Figura 2.15 - Proceso de evaluación rápida Nivel 2 [42].



para edificaciones que fueron calificadas como inseguras o en duda mediante la evaluación rápida.

En ambos niveles de evaluación se considera la observación del daño, en diferentes aspectos. La inspección del daño tiene tres opciones de calificación; “existe”, “no existe”, “existe duda”.

No se tiene evidencia de aplicación de la metodología planteada.

### **Evaluación de INDECI, 2007 [28]**

El Instituto nacional de Defensa Civil el, con la finalidad de evaluar las edificaciones dañadas a causa del sismo de Pisco del 15 de Agosto del 2007, elaboro una ficha denominada “Ficha de Evaluación de estructuras” (figura 2.16)

 INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL		DISTRITO:				
		PROVINCIA:				
		DEPARTAMENTO:				
<b>Ficha de Evaluación de Estructuras N°</b>						
FECHA DE EVALUACIÓN: ____ / ____ / ____						
Localización / Dirección del Predio	Tipo de estructura					
	Material Predominante					
	Adobe	Quincha	Albañilería Confinada	Albañilería	Concreto Armado	Demolido
RECOMENDACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL INMUEBLE:						
FALLA ESTRUCTURAL GRAVE - DEMOLICIÓN						
AFFECTADO SUJETO A REPARACION						
BUEN ESTADO						
OBSERVACIONES:						
EVALUADOR y/o INSPECTOR TSDC	REPRESENTANTE DE LA MUNICIPALIDAD	PROPIETARIO	CONTRATISTA			
NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:	NOMBRE:			
CIP:	CIP:					
DNI:	DNI:	DNI:	RESPONSABLE:			

Figura 2.16 – Ficha de inspección de INDECI [28]

En la ficha de evaluación se identifica el tipo de estructura según el tipo de material predominante. Está considerado edificaciones de adobe, quincha, albañilería confinada, albañilería, concreto armado y demolido.

Se debe rellenar la recomendación de la evaluación del inmueble, pudiendo expresar: falla estructural grave – demolición, afectado sujeto a reparación o buen estado. Sin embargo, no se cuenta con los lineamientos y procedimiento de cómo llegar a dichas recomendaciones. Dejan a criterio del evaluador todo el procedimiento y determinación del daño.

### **Evaluación EDAN de INDECI, Actualidad [29]**

En el contexto de primera respuesta, tras la ocurrencia de un desastre natural, INDECI realiza la evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAN). Permite conocer la información real en una situación de emergencia o desastre para la toma de decisiones de las autoridades correspondientes.

Este mecanismo de recolección de datos se realiza a través del llenado de un formulario donde se registra información general de la población afectada, así como el impacto en: salud, infraestructura, servicios básicos, educación, vivienda, agropecuaria y población. El EDAN permite determinar la gravedad de los efectos de un desastre, sirve para la evaluación de necesidades para dar una correcta y adecuada atención de ayuda humanitaria a la población damnificada o afectada.

El proceso de la evaluación de daño (EDAN) se muestra en la figura 2.17. El formulario 1 es empleado en la evaluación rápida y solo tiene carácter informativo. El formulario 2 es empleado en la fase de empadronamiento familiar y medios de vida. El formulario 3 está desarrollada para la evaluación preliminar, información referencial útil para los sectores. El formulario 4 está desarrollado para dar a conocer la información complementaria, es un formulario del sector.

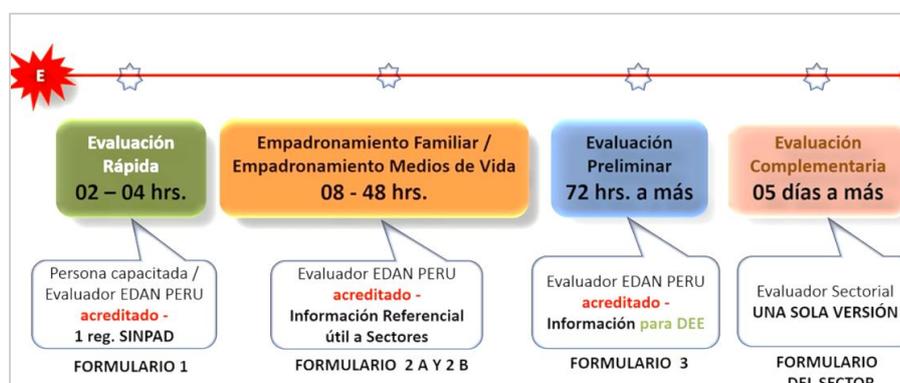


Figura 2.17 – Proceso de evaluación EDAN [29]



**Comparación de aspecto relevante de las metodologías descritas**

La tabla 2.8 describe la comparación de algunos aspectos relevantes de las metodologías descritas en el estado del arte, se puede observar los objetivos de evaluación, el personal que debe aplicar la evaluación en cada nivel, el tiempo de duración y el tipo de evaluación que se realiza.

Tabla 2.8 - Comparación de metodologías de evaluación post sísmica (Fuente: Adaptado de [29])

Nivel de evaluación	Descripción	País			
		Estado Unidos	Japón	México	Nueva Zelanda
Evaluación rápida	Objetivo	Inspeccionar y evaluar rápidamente y con el mínimo de personal los edificios del área afectada	Evaluar el nivel de daño y el riesgo que representan las estructuras dañadas sísmicamente	Identificación de edificios que a primera vista son seguros y las que requieren de una valoración posterior o presentan daños de importancia	Inspeccionar y evaluar rápidamente y con el mínimo de personal los edificios del área afectada
	tiempo de evaluación por	10 - 20 min	no especifica	1 hora	10-20 min
	personal que evalúa	Ingenieros civil y estructurales, arquitectos	Técnicos y profesionales en obras civiles	Ingenieros civil y arquitectos	Ingenieros civil y estructurales, arquitectos
	Tipo de inspección	Externa	Interna y externa	Externa	Externa
Evaluación Detallada	Objetivo	Evaluar la seguridad y recomendar una clasificación, especialmente de aquellos edificios marcados inicialmente como de acceso restringido en la evaluación rápida	Determinar la necesidad de reparación y/o refuerzo de la estructura o de sus elementos constitutivos	Evaluar con una aproximación razonable y en un tiempo corto la seguridad de los edificios clasificados como seguridad en duda o inseguros en la valuación rápida	Evaluar la seguridad y recomendar una clasificación, especialmente de aquellos edificios marcados inicialmente como de acceso restringido en la evaluación rápida
	tiempo de evaluación	1 - 4 horas	2 horas - 1 día	2 - 8 horas	1 - 4 horas
	personal que evaluá	Ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en esta área	Ingeniero especialista en estructuras	2 ingenieros civiles, y si hay problemas de suelos, 1 debe ser especialista en geotecnia	Ingenieros estructurales y en caso de problemas geotécnicos un especialista en esta área

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Sistemas estructurales

Las edificaciones construidas en el Perú son de diferentes tipologías. En general, cada tipología depende del material y de la forma de disponer los elementos estructurales en su construcción. Las edificaciones pueden ser de concreto armado (reforzado), albañilería, acero, madera u otros.

Cada tipología tiene diversos sistemas estructurales, según la norma E.030. En esta investigación se describen los sistemas estructurales correspondientes a las tipologías de concreto armado y albañilería.

#### a) Edificaciones de Concreto armado

##### *Sistema de pórticos.*

Los pórticos de concreto armado en una edificación están compuestos de columnas y vigas (figura 2.19). Las columnas dispuestas en sentido vertical son unidas perpendicular a las vigas dispuestas en sentido horizontal.



Figura 2.19 – Edificación con sistema estructural de pórticos [51].

Una edificación cuyo sistema es de pórticos, posee los siguientes elementos estructurales: cimentación, columna, viga y losa (figura 2.20). Se construye siguiendo el orden descrito.

El comportamiento estructural debido a acciones de gravedad, inicia con la transmisión de cargas vivas y muertas, desde la losa hacia las vigas, estas a su vez transmiten las cargas a las columnas, finalmente mediante la cimentación las cargas son transmitidas al terreno de fundación.

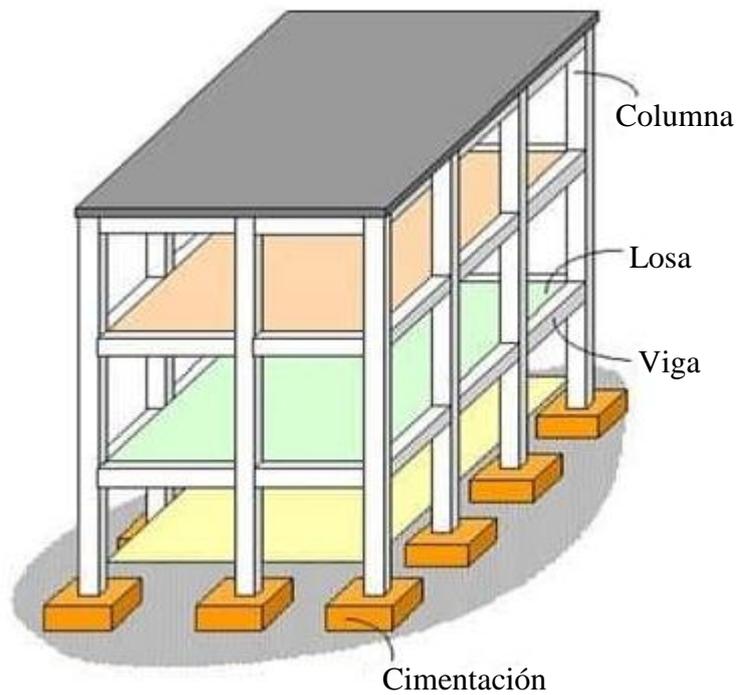


Figura 2.20 – Elementos estructurales en un sistema de pórticos (Adaptado de: [13])

Bajo un enfoque sísmico, las columnas del sistema de pórticos son los elementos estructurales que absorben la mayor parte de la carga lateral sísmica, “*por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tenga muros estructurales estos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez*” (Norma E.030 RNE, 2018, 14).

Los muros de albañilería en una edificación aporricada, son no estructurales (tabique), por lo tanto, son aislados de las columnas y vigas mediante juntas. Es común que las juntas sean de material de tecnopor, además, en el límite de los muros se proporciona columnetas y viguetas (figura 2.21).

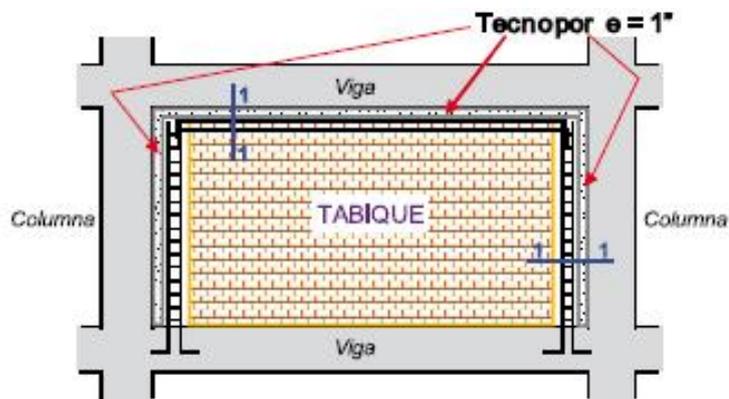


Figura 2.21 – Unión columna y muro en sistema de pórticos [1].

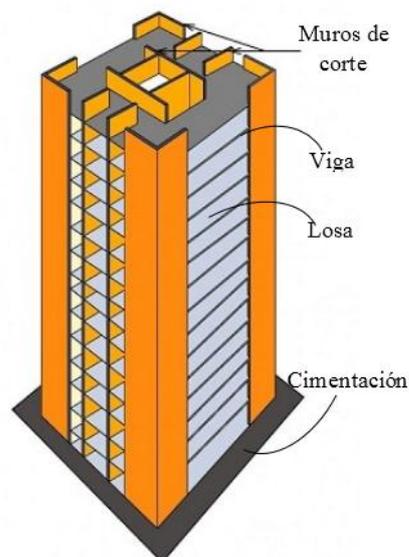
### *Sistema de muros estructurales*

En la edificación cuyo sistema es de muros estructurales, las placas (muros de corte) son unidas perpendicularmente con las vigas (figura 2.22). La mayoría de elementos resistentes verticales son placas, existe poco porcentaje de columnas.



*Figura 2.22 – Edificación con sistema de muros estructurales [52].*

Una edificación, cuyo sistema es de muros estructurales posee los siguientes elementos: cimentación, muros de concreto armado, viga, losa y en algunos casos columnas que en su total absorban el corte basal menor al 30% (figura 2.23). El comportamiento estructural debido a efectos de gravedad, inicia con la transmisión de cargas vivas y muertas desde la losa hacia las vigas, luego las cargas son transmitidas a los muros estructurales (placas) y/o columnas, finalmente mediante la cimentación las cargas son transmitidas al terreno de fundación.



*Figura 2.23 – Elementos estructurales en un sistema de muros estructurales [51]*

Bajo un enfoque sísmico, las placas (muros de corte) son los elementos estructurales que absorben la mayor parte o toda la carga lateral sísmica, “*la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base*” [46].

### ***Sistema dual***

El sistema dual (figura 2.24) es similar al sistema de muros estructurales, la diferencia es que la cantidad de placas es menor.

Una edificación cuyo sistema es dual posee los siguientes elementos: cimentación, muros de concreto armado, columna, viga y losa (figura 2.25). El comportamiento estructural debido a efectos de gravedad, inicia con la transmisión de cargas vivas y muertas desde la losa hacia las vigas, estas a su vez transmiten las cargas a las columnas y muros estructurales (placas) y finalmente mediante la cimentación las cargas son transmitidas al terreno de fundación.

Desde una perspectiva del comportamiento sísmico de la edificación, “*las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio*” [46].



*Figura 2.24 – Edificación con sistema dual [51]*

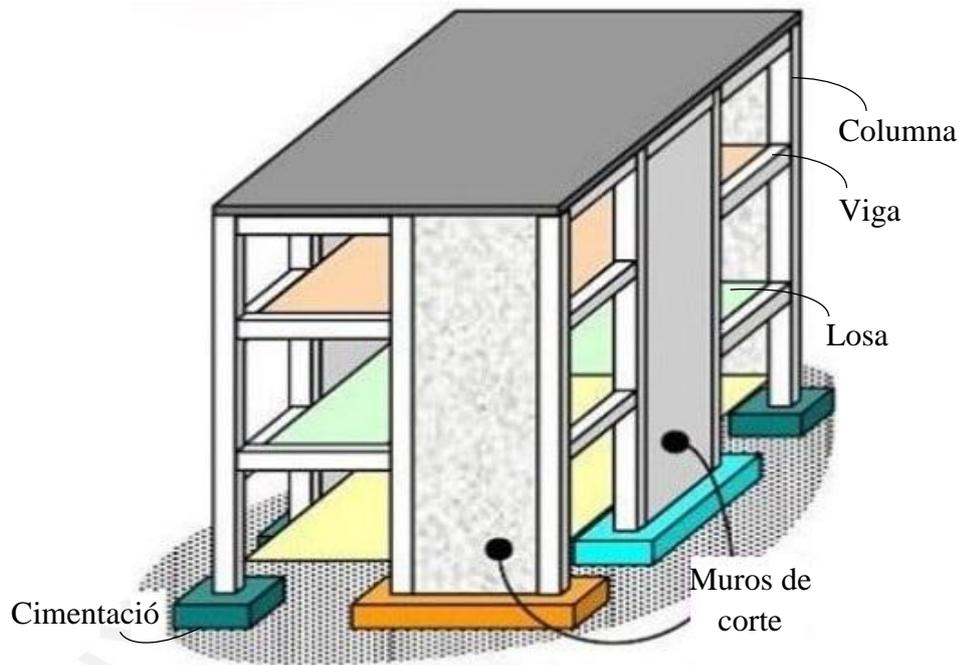


Figura 2.25 – Elementos estructurales en un sistema dual [13]

### **Sistema de muros de ductilidad limitada**

Las edificaciones que tiene sistema estructural de muros de ductilidad limitada (figura 2.26), “se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir máximo ocho pisos”.



Figura 2.26 – Edificación con sistema de muros de ductilidad limitada [51]

b) Edificaciones de Albañilería

En el capítulo 1, se describe la predominancia de las tipologías de las edificaciones en Perú, en primer lugar se encuentran las edificaciones de albañilería con unidades de ladrillo de arcilla cocida y concreto, en segundo lugar las edificaciones de adobe o tapial. Por lo tanto se ha enfatizado en los sistemas estructuras de estas tipologías.

Para fines de la investigación, se considera edificaciones de albañilería a las edificaciones que se construye con bloques de adobe, arcilla cocida y concreto. Los detalles, especificaciones u otros aspectos de la albañilería con bloques de arcilla cocida y concreto están normado mediante la E.070 y las edificaciones de adobe está normado por la E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En las edificaciones de albañilería, los elementos resistentes a las cargas de gravedad y laterales debidas al sismo, son los muros. Los sistemas estructurales de esta tipología de construcción se detallan a continuación.

***Albañilería confinada***

Las edificaciones cuyo sistema estructural es la albañilería confinada (figura 2.27) se caracterizan por poseer muros compuestos de bloques de arcilla cocida, concreto u adobe. Los muros están confinados por columnas y vigas de concreto armado.



Figura 2.27 – Edificación con sistema de muros de albañilería confinada [12]

Los elementos estructurales son: la cimentación (cimiento corrido), sobrecimiento, muro, losa, columnas y vigas de confinamiento (figura 2.28). La construcción de las edificaciones con este sistema inicia con la construcción de la cimentación y sobrecimientos, luego se realiza el asentado de los ladrillos, finalmente se realiza el confinado con las columnas y vigas.

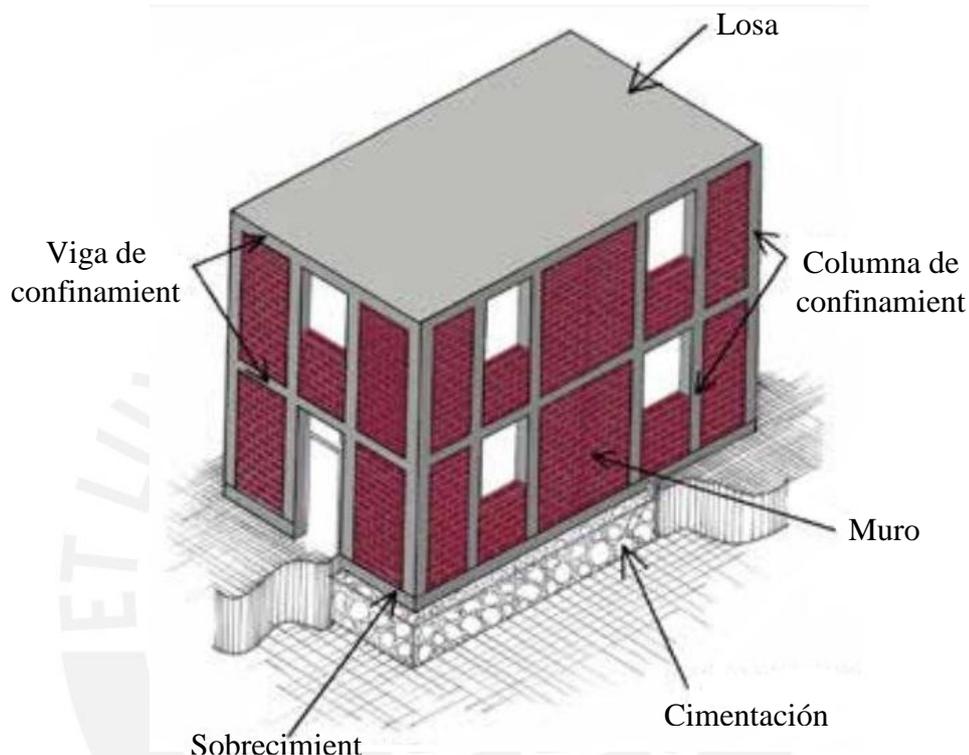


Figura 2.28 – Elementos estructurales en un sistema albañilería confinada [37]

Los muros resisten las cargas laterales debido al sismo. Sin embargo los muros tiene poca ductilidad, por lo tanto se provee de columnas y vigas de concreto armado (elementos de confinamientos), los cuales proporcionan cierta ductilidad a los a los muros.

### ***Albañilería armada***

Las edificaciones cuyo sistema estructural es la albañilería armada se caracterizan por tener muros compuestos por bloques de arcilla cocida o concreto, que son reforzados en su interior con acero (figura 2.29). La albañilería armada está normada por la E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la edificación, la resistencia ante acciones de gravedad y sísmica son proporcionados por los muros armados.

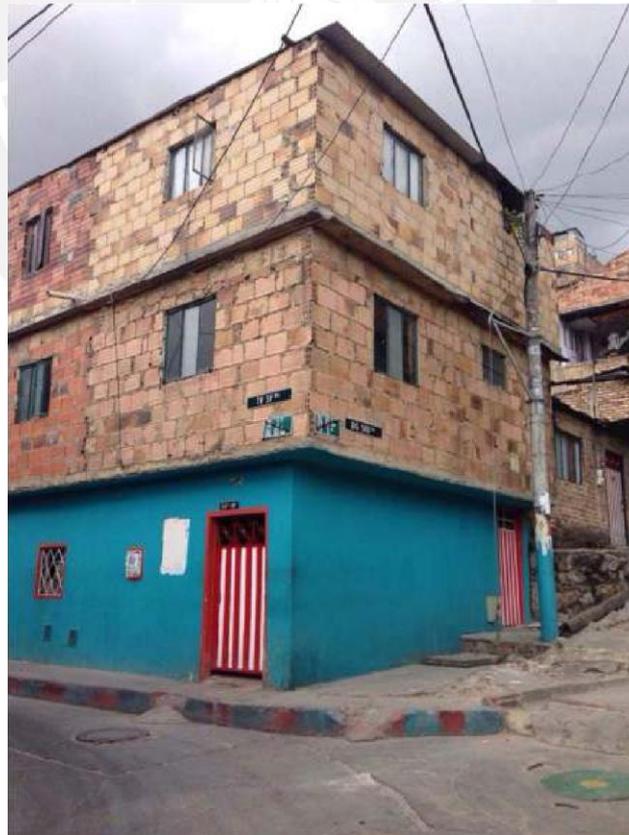
Los muros tienen mayor ductilidad en comparación con los muros confinados, debido a que el acero es distribuido a lo largo de todo el muro.



*Figura 2.29 – Albañilería armada [37]*

### *Albañilería simple*

Muchas de las edificaciones peruanas son de albañilería simple sin confinamiento ni refuerzo, a pesar de que las normas existentes en el Perú no recomiendan su uso, ni establecen lineamientos para su diseño y construcción. La autoconstrucción y sin dirección técnica ocasionó que existan edificaciones de albañilería simple, además, en la actualidad se sigue construyendo con este sistema.



*Figura 2.30 – Albañilería simple*

c) Edificaciones mixtas

Las edificaciones mixtas se refieren a una combinación de las edificaciones de concreto reforzado con edificaciones de albañilería, considerando sus diversos sistemas estructurales en cada tipología.

Por lo general, es típico encontrar edificaciones, cuyo sistema estructural son pórticos combinados con el sistema de albañilería confinada (figura 2.31). En su diseño la estructura de edificación es concebida como un sistema aporticado en ambas direcciones. Sin embargo, debido a la forma de su construcción, una dirección tiene muros confinados, donde el muro no se separa del pórtico mediante juntas y la otra dirección es aporticada. En este sistema, tanto los pórticos de concreto armado como la albañilería aportan resistencia sísmica.



Figura 2.31 – Edificación mixta, aporticada y confinada [38]

## CAPÍTULO III

### Metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones en Perú

---

La metodología de evaluación post sismo desarrollada en la presente investigación, es adaptable al sistema actual de la gestión de riesgos de desastres en el Perú (SINAGERD). Se describe la adaptabilidad de la metodología en la integración de la política existente de la gestión de riesgos de desastres.

Se describe los principales aspectos de la metodología propuesta, como: principios, proceso de inspección, alcances, personas inmerso en el proceso de evaluación, herramientas que se emplean en la inspección entre otros.

La seguridad está relacionada con el daño que presenta la edificación; por lo tanto, se discuten los aspectos más relevantes referentes a la inspección del daño. Para una adecuada evaluación de daños, se ha considerado cuatro grupos (general, estructural, no estructural y geotécnico). Cada grupo contiene aspectos específicos de evaluación de daño, encada uno, se discuten las consideraciones a tener en cuenta para la determinación del daño.

#### 3.1. El sistema de evaluación post sismo, dentro del sistema de gestión de riesgos de desastres en Perú

El sistema de gestión de riesgos de desastres que actualmente está implementado en el Perú se denomina, “Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres” (SINAGERD). Este sistema ha sido creado por la Ley N° 29664 [35], como un sistema interinstitucional (figura 3.1), sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, y preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la gestión del riesgo de desastres.

CEPLAN, INDECI y CENEPRED cumplen el rol ejecutor dentro de los lineamientos del SINAGERD. INDECI proporciona asesoramiento técnico en los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación, así mismo brinda asistencia técnica a las autoridades distritales, provinciales, regionales y nacionales en los cinco niveles de emergencia.

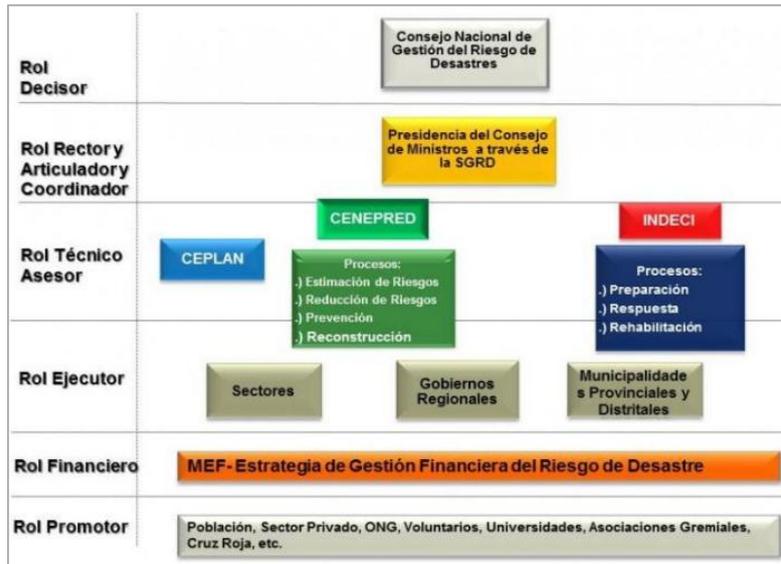


Figura 3.1 - Entidades Integrantes del SINAGERD [39]

El Instituto Nacional de Defensa Civil [30], establece que ocurrida la emergencia o desastre, la respuesta tiene tres momentos: la respuesta inmediata, la primera respuesta y la respuesta complementaria (figura 3.2)

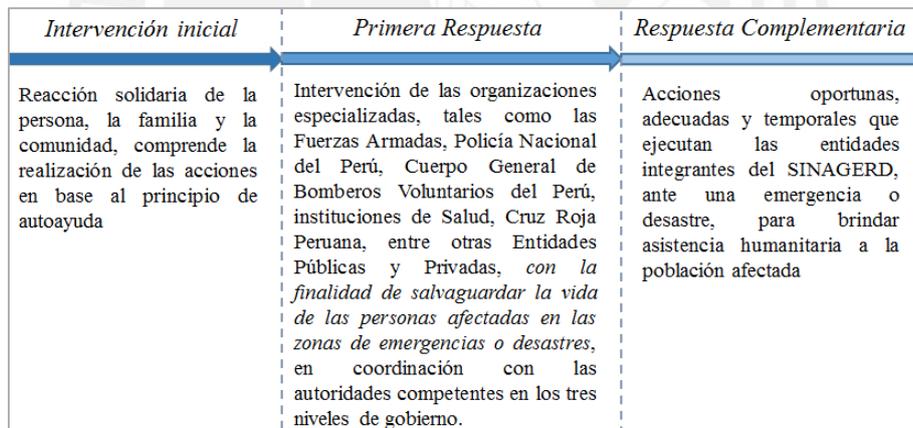


Figura 3.2 – Etapas de la respuesta según SINAGERD

La metodología planteada en la presente investigación, se realiza con la finalidad de brindar los lineamientos y procedimientos necesarios, para evaluar las edificaciones de forma adecuada, luego de la ocurrencia de un sismo potencial.

La evaluación post sismo de las edificaciones se realiza con la finalidad de salvaguardar la vida de las personas ante posibles replicas, que puedan causar mayor daño en las edificaciones. Por lo tanto, la evaluación rápida y detallada de la presente investigación se considera como *primera respuesta* bajo el contexto de los lineamientos del SINAGERD.

### 3.2. Descripción de la metodología propuesta

La metodología de evaluación de la seguridad de las edificaciones, es una propuesta para ser aplicada en las edificaciones peruanas post un evento sísmico. El planteamiento se ha realizado considerando las principales características de la mayoría de edificaciones construidas de concreto reforzado y albañilería.

Las herramientas y los procesos de evaluación, están elaborados tomando como referencia las experiencias previas de evaluaciones post sismo que se implementaron en varios países. Para verificar su funcionalidad de la metodología ha sido aplicada en el sismo del 26 de mayo de 2019 en Yurimaguas. Mediante la aplicación han sido calibrados ciertos aspectos de la metodología.

#### Principios

La evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones se realiza con la finalidad de salvaguardar la vida de los ocupantes. Con la determinación de la seguridad, se previene que las personas puedan ocupar edificaciones dañadas que representen peligro ante posibles réplicas. La evaluación es de carácter técnico y bajo ningún motivo debe involucrarse aspectos o intereses que trasgredan la finalidad principal de la evaluación, que es salvaguardar la vida de los ocupantes.

La evaluación se basa en una determinación objetiva y no determinante. El dictamen final es autónomo del evaluador, quien deberá capacitarse y seguir los lineamientos del manual de evaluación. Sin embargo, el evaluador no contrae responsabilidad por el dictamen que proporcione.

#### Alcances

Con el uso de la metodología se puede inspeccionar edificaciones de concreto reforzado y albañilería, menores a 12 pisos. No es aplicable al caso de edificaciones de acero, madera, edificaciones con sistemas modernos de disipación de energía y otras que no tengan las características similares a las edificaciones de concreto reforzado o albañilería. En ese tipo de edificaciones puede emplearse la metodología de forma referencial, y posterior debe aplicarse una evaluación a nivel de ingeniería.

#### El proceso de evaluación

La evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones, inicia cuando la entidad competente identifica que un sismo ha causado daños considerables en las edificaciones. En el Perú, el Instituto Geofísico del Perú en concordancia con INDECI están encargados dicha labor [30].

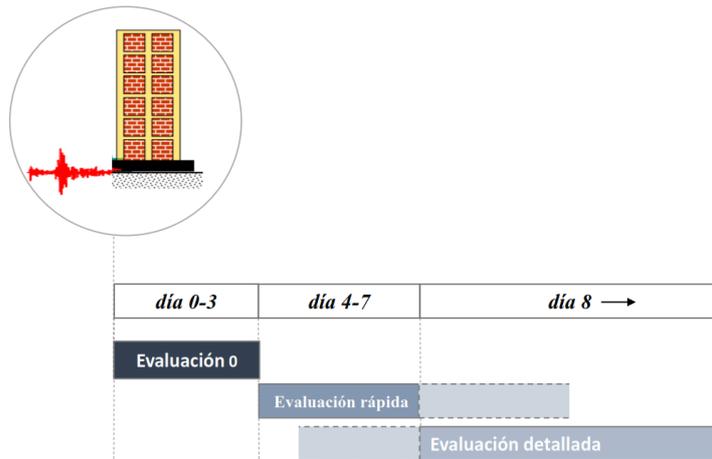


Figura 3.3 – Fase de la evaluación post sismo

El proceso de evaluación comienza inmediatamente sucedido el movimiento sísmico (figura 3.3). Los primeros 3 días solo se realiza la “evaluación 0” que corresponde al reporte de daños y a la identificación de las zonas dañadas. Durante esos días, no se realiza ninguna intervención de evaluación rápida ni detallada, puesto que, esos días son destinados para la evaluación EDAN que corresponde a la identificación de necesidades, como también se prioriza la búsqueda y rescate de personas.

La “evaluación nivel 0”, se refiere a una evaluación inicial o preliminar. La entidad competente debe recibir vía telefónica, redes sociales, presencial u otros medios, el reporte sobre posibles daños en edificaciones. Se identifica las áreas dañadas y las áreas en las cuales se intervendrá.

En el cuarto día de sucedido el evento sísmico se inicia con la evaluación por niveles (figura 3.4). En los siguientes párrafos se describe el procedimiento.

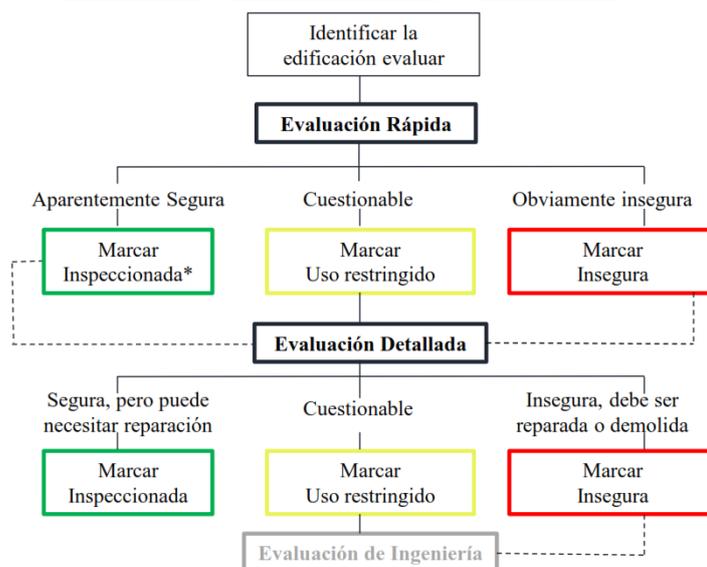


Figura 3.4 - Procedimiento de los niveles de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones.

Se aplica la evaluación rápida a las edificaciones de las áreas identificadas, los criterios y procedimientos de evaluación se describen en el capítulo 4.2 del manual. Al finalizar la evaluación rápida, cada edificación puede obtener el calificativo de “segura”, “cuestionable” o “insegura”.

Las edificaciones a evaluarse con la metodología rápida pueden ser del tipo vivienda, oficina, hotel, restaurante, depósito e instalaciones que no contengan materiales peligrosos, otros similares que estén dentro de la clasificación de edificaciones C y D de la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (Anexo 1).

La evaluación detallada se aplica a las edificaciones que obtuvieron el calificativo de cuestionable durante la evaluación rápida, edificaciones que no se tienen certeza si pueden ser habitables o no. Los criterios y procedimientos se describen en el capítulo 4.3 del presente manual.

La evaluación detallada se aplica directamente sin necesidad de una evaluación rápida, a las edificaciones de tipo A y B por ser edificaciones esenciales (*establecimiento de salud sin dispositivos modernos, local municipal, central de comunicación, estación de bomberos, cuartel de las fuerzas armadas y policía, institución educativa, institutos superiores tecnológicos y universidades, edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, almacén de archivos importantes*) y edificaciones importantes (*cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminal de buses, establecimiento penitenciarios, museos, bibliotecas, depósito de grano y otros almacenes importantes para el abastecimiento*) respectivamente según establece la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (Anexo 1).

Luego de la evaluación detallada cada edificación puede obtener el calificativo de edificación “segura”, “cuestionable” o insegura. Si la calificación en este nivel de evaluación es cuestionable y no se tiene certeza de sobre la seguridad para su habitabilidad, pero tampoco se precisa que es insegura; entonces, se recomienda una evaluación especializada llamada evaluación de ingeniería, que debe ser realizada por expertos en el área, éste tipo de evaluación no se contempla en el presente manual.

#### *El personal inmerso en la evaluación*

El personal necesario para realizar la evaluación rápida deben ser estudiantes, egresados o bachilleres de ingeniería civil o arquitectura, ingenieros civiles, arquitectos, técnicos de construcción civil u otro personal que tenga conocimiento respecto al comportamiento estructural y sísmico de las edificaciones. EL personal de inspección debe ser capacitado por la entidad competente.

Para la evaluación detallada el personal deben ser ingenieros civiles, arquitectos, especialistas en estructuras.

Todos los aspectos relacionados al personal de evaluación, puede verse en el manual de evaluación.

### Las herramientas empleadas para la evaluación

La evaluación de la seguridad post sismo de las edificaciones se realiza mediante la inspección de cada edificación, para ello, se emplean fichas de campo. En cada nivel de evaluación se tiene una ficha de inspección, en el capítulo 4.2.1 se describe todo referente la ficha de evaluación rápida y en el capítulo 4.3.1 se describe aspectos sobre ficha de evaluación detallada.

#### 3.3. Nivel de precisión en la inspección para la determinación de la seguridad post sismo de la edificación.

La seguridad post sismo de la edificación está relacionada con el daño que sufre la edificación luego de un sismo. *Cuanto más esté dañada la edificación, mayor será la inseguridad respecto a su habitabilidad.* Mientras que si la edificación no ha sufrido daño, entonces será segura.

Para identificar el daño de las edificaciones, puede emplearse diferentes niveles de precisión en la evaluación (figura 3.5).

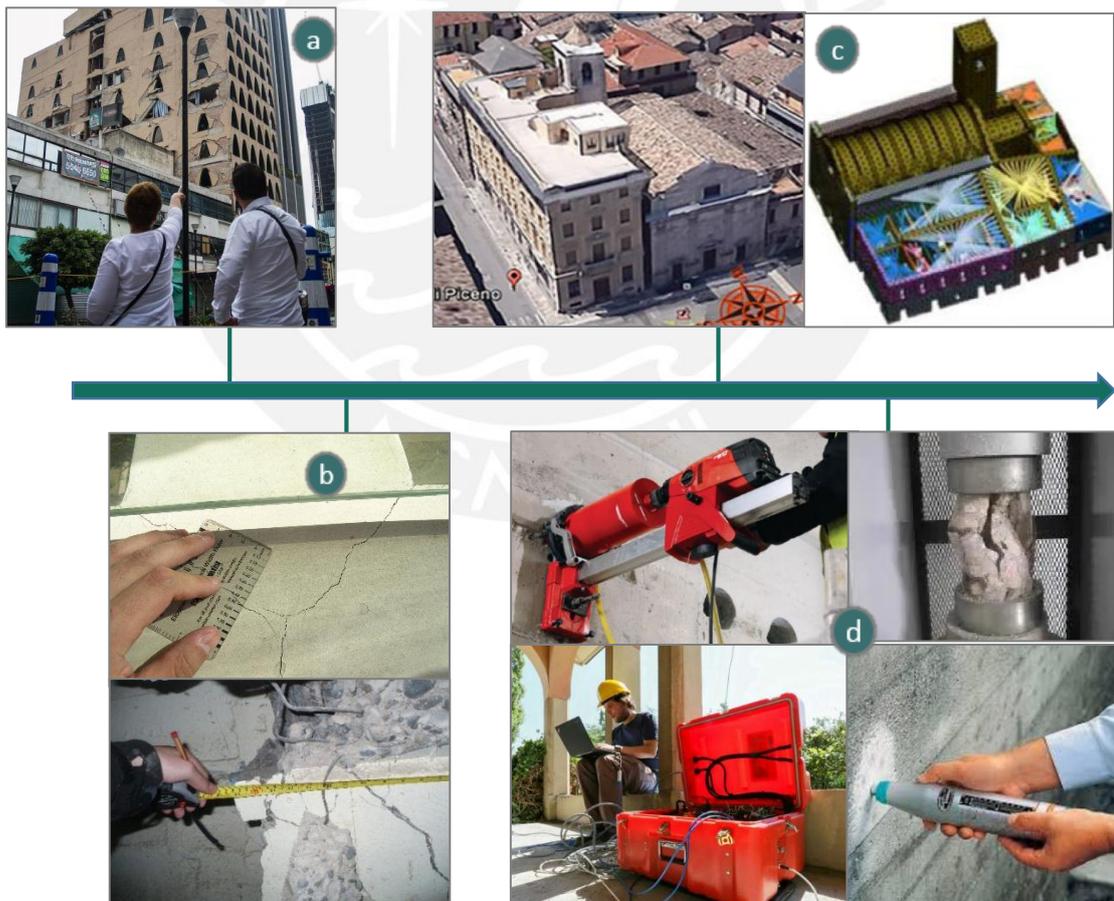


Figura 3.5 – Niveles de precisión en la evaluación post sismo

La evaluación básica es realizada mediante una inspección visual de los daños (figura 3.5 - a), la cual es asistida mediante el empleo de una ficha del levantamiento de daños.

Una evaluación con mayor precisión, como se muestra en la (figura 3.5 - b), donde, además de inspección visual, se emplean mediciones para caracterizar los daños y adicionalmente se puede realizar cálculos sencillos. Un siguiente nivel de precisión emplea además de lo mencionado anteriormente, modelos matemáticos manuales o computacionales para describir los daños y las capacidades resistentes residuales (figura 3.5 - c).

El análisis más exhaustivo consiste en realizar una evaluación integral empleando inspección visual, modelos matemáticos, mediciones, inspección destructiva y no destructiva de los materiales (figura 3.5 - d) y toda fuente que pueda servir para tener la certeza en la determinación de la seguridad post sismo de la edificación. Generalmente este tipo de análisis, además de utilizarse para determinar la seguridad, es empleado para identificar las zonas donde deben reforzarse.

Mientras más precisa y detallada sea la evaluación, se obtendrán resultados más confiables; sin embargo, se tiene que encontrar un balance entre la precisión, el objeto de evaluación, los recursos humanos y económicos disponibles para dicha finalidad. Por la tanto, la precisión es determinada analizando el contexto de la evaluación.

En esta metodología planteada, la *Evaluación Rápida* se encuentra en el nivel de precisión 1 y la *Evaluación Detallada* se ubica en el nivel de precisión 2.

#### 3.4. Discusión sobre los criterios en la identificación del daño.

La edificación tiene componentes arquitectónicos, estructurales, instalaciones eléctricas y sanitarias, aspectos geotécnicos, etc. (figura 3.6). Cualquiera sea el tipo de edificación y nivel de precisión que se aplique en la evaluación de la seguridad post sismo, la inspección de los daños debe realizarse en cada componente.

Si los componentes no han sufrido daño alguno, la edificación se considera segura; sin embargo, si existe daño en alguno o varios de los componentes, existe la probabilidad de que la edificación no se segura.

Con la finalidad de realizar una evaluación adecuada y que sea funcional en cada nivel de evaluación que se plantea en esta investigación, en ambos niveles de evaluación (rápida y detallada), se ha clasificado la inspección de daños en 4 grupos (figura 3.7).



Figura 3.7 – Niveles de precisión en la evaluación post sismo



Figura 3.6 - Componentes de una edificación (Adaptado de: [7])

La clasificación de los cuatro grupos o aspectos, guarda concordancia con las demás metodologías empleadas en todos los países. A continuación se detalla los criterios de la identificación del daño en cada grupo y la forma y detalles de inspección se describen en el capítulo 4 (manual de evaluación).

### 3.4.1. Daños generales que influyen en la seguridad de la edificación.

Una edificación experimenta diversos estados de daño durante un movimiento sísmico (figura 3.8).

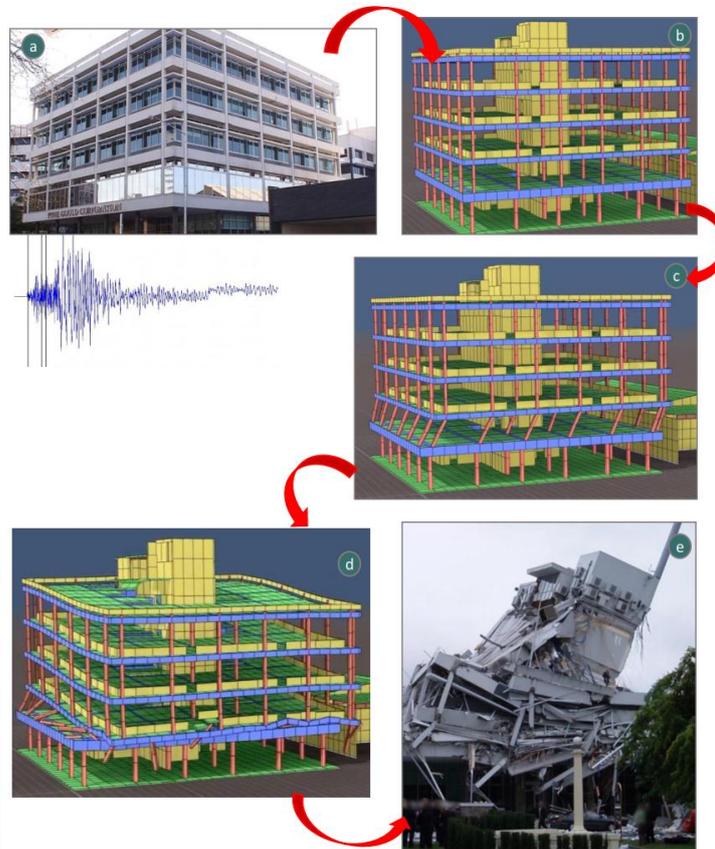


Figura 3.8 - Estados de daño post sismo, perspectiva general (Adaptado de: [32])

Los niveles de daño que se puede observar en una de la edificación, desde una *perspectiva general*, producto de un movimiento sísmico son:

- a) La edificación no presentar ningún tipo de daño.
- b) Se presenta fisuras no perceptibles con facilidad, las cuales no afectan en gran medida a la seguridad de la edificación.
- c) Se presenta inclinación de componentes, sistemas y elementos de la edificación.
- d) Se presenta colapso y pérdida de estabilidad de componentes, sistemas y elementos de la edificación.
- e) Se presenta el colapso total de la edificación.

Cuando se evaluó la edificación desde un *perspectiva general*, es difícil identificar los daños del tipo b). Por lo que, al observar de forma genérica se podrá identificar daños de tipo c), d) y e) ó simplemente no hay ningún daño, lo que correspondería a la clasificación a).

La observación general de los daños de la edificación es empleada para optimizar recursos humanos (inspectores), Pues si una edificación presenta daños del tipo c), d) o e), se califica como insegura y no hay necesidad de ser minuciosos en el resto de la evaluación.

La inspección general de daños debe ser aplicada tanto en la evaluación rápida y detallada, considerando la misma precisión en ambos casos. Se realiza empleando solo inspección visual.

Se ha agrupado los daños en tres grupos: Colapso total o parcial de la edificación; Inclinación de la edificación o un entrepiso; Edificación fuera de su cimentación.

El procedimiento y detalles de la inspección se describen en el manual de inspección, correspondiente a cada nivel de evaluación, rápido o detallado.

#### 3.4.2. Daños estructurales que influyen en la seguridad de la edificación.

La inspección del daño en los elementos estructurales, es considerada como la más importante para la determinación de la seguridad de las edificaciones. Los elementos estructurales son los que proveen resistencia sísmica a la edificación.

Para la identificación del daño en los elementos estructurales, se ha propuesto dos grupos dependiendo su disposición geométrica, elementos horizontales y elementos verticales.

##### Daño en elementos horizontales

Los elementos horizontales son los encargados de transmitir cargas de gravedad hacia los elementos estructurales verticales. Las vigas transmiten cargas y aportan al confinamiento. Las losas transmiten cargas hacia las vigas, además, proporcionan el comportamiento de diafragma rígido.

##### Daño en elementos verticales

Los elementos verticales son los que proveen el mayor porcentaje de resistencia sísmica a la edificación, por lo tanto, cuando estos elementos están dañados, representa peligro. Dentro de elementos verticales son considerados, las columnas, placas y muros estructurales.

En la evaluación rápida, no se determina el daño de forma cuantitativa, solo se realiza una observación y el dictamen es cualitativo. Sin embargo, en la evaluación detallada la inspección de los elementos estructurales se determina de forma cuantitativa, se basa en la determinación de la capacidad residual de resistencia sísmica.

##### a) Evaluación de elementos estructurales verticales de concreto armado.

En la evaluación detallada, se ha considerado que la identificación del daño de los elementos estructurales verticales será determinada considerando la capacidad sísmica

residual. La propuesta está basada en la metodología aplicada en Japón, propuesta por Nakano et al [41].

La capacidad de resistencia sísmica de una estructura dañada por un sismo, disminuye en función al grado de daño que se presenta. La reducción sísmica es determinada mediante el factor de reducción de la capacidad sísmica (figura 3.9), la capacidad de resistencia sísmica es la relación entre la energía residual que se mide luego de que la estructura ha experimentado un movimiento sísmico, dividida entre la energía total u original antes de experimentar el movimiento sísmico.

Si la estructura no ha sufrido daño, la capacidad residual de resistencia sísmica será igual a la capacidad original. Mientras que, cuanto más daño presente la estructura, la capacidad de resistencia sísmica disminuirá.

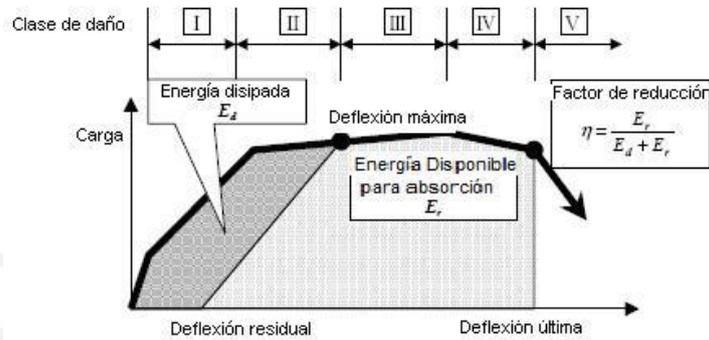


Figura 3.9 – Factor de reducción de capacidad sísmica [4]

Para el cálculo de la capacidad residual R se debe emplear la siguiente expresión [41].

$$R = \frac{\sum_{j=0}^5 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

Donde:

$A_{org}$  : Energía total disponible antes del sismo, se calcula mediante la siguiente expresión, donde  $A_{org}$  (energía original) es la sumatoria (sum) de todos los elementos estructurales verticales de concreto armado de una estructura.

$$A_{org} = S_{sum} + M_{sum} + W_{sum} + 2CW_{sum} + 6CWC_{sum}$$

- La expresión “S”, representa columna frágil. Se puede identificar por la forma de la falla presente en el elemento estructural, presenta una falla diagonal por cortante como se muestra en la figura 3.10.
- La expresión “M”, representa columna dúctil. Se puede identificar por la forma de la falla del elemento estructural, presenta una falla horizontal por flexión como se muestra en la figura 3.10.
- La expresión “W”, representa muro de concreto armado sin columnas de confinamiento.
- La expresión “CW”, representa muro de concreto armado con columna de ala.



- La expresión “CWC”, representa muro de concreto armado con columnas en sus extremos.

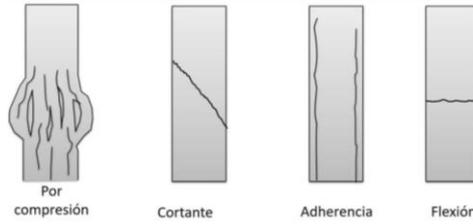


Figura 3.10 - Tipo de falla en columnas de concreto armado [11]

$$\sum_{j=0}^5 A_j$$

: Energía total residual de la edificación después del sismo. Se calcula mediante la sumatoria de los elementos estructurales dañados. El elemento estructural puede presentar daños tipo ó clase 0, 1, 2, 3, 4 o 5, cada tipo ó clase de daño se describe en la tabla 3.1 y el manual de evaluación.

$$A_0 = S_0 + M_0 + W_0 + 2CW_0 + 6CWC_0$$

$$A_1 = 0.95S_1 + 0.95M_1 + 0.95W_1 + 1.9CW_1 + 5.7CWC_1$$

$$A_2 = 0.6S_2 + 0.75M_2 + 0.6W_2 + 1.2CW_2 + 3.6CWC_2$$

$$A_3 = 0.3S_3 + 0.5M_3 + 0.3W_3 + 0.6CW_3 + 1.8CWC_3$$

$$A_4 = 0.1M_4$$

$$A_5 = 0$$

Se suman los diferentes elementos estructurales verticales (S, M, W, CW y CWC) que presenten cada tipo ó clase de daño. La energía total residual será:

$$\sum_{j=0}^5 A_j = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

Tabla 3.1 - Daño en columnas y muros de concreto reforzado [41]

Clase de daño	Descripción del daño
1	Grietas estrechas apenas visibles ( ancho de grieta menor a 0.2 mm)
2	Grietas visibles claramente en al superficie del concreto (ancho de grietas entre 0.2 - 1 mm)
3	Desprendimiento local del recubrimiento de concreto Agrietamiento considerable (ancho de grieta entre 1.0-2.0 mm)
4	Considerable aplastamiento del recubrimiento de concreto con exposición de las barras de refuerzo Desprendimiento del recubrimiento de concreto (ancho de grietas mayor a 2 mm)
5	Pandeo de las barras de refuerzo Grietas en el núcleo de concreto Deformación vertical y/o horizontal visible en columnas y/o muros Asentamiento y/o inclinación visible del edificio

Finalmente la capacidad residual R determinara el nivel de daño de forma global de todos los elementos estructurales verticales de concreto armado. Pudiendo obtenerse, ninguno, menor, moderado o severo (tabla 3.2).

Tabla 3.2 – Niveles de daño en elementos verticales de concreto armado, en función a la capacidad sísmica residual

<u>Ninguno</u>	Índice de capacidad residual $R = 100\%$
<u>Menor</u>	Índice de capacidad residual $R \geq 95\%$
<u>Moderado</u>	Índice de capacidad está en el rango $80\% \leq R < 95\%$
<u>Severo</u>	Índice de capacidad residual $R < 80\%$

b) Evaluación de elementos estructurales verticales de albañilería.

Para la evaluación del daño en muros de albañilería, se ha planteado siguiendo la secuencia de lo analizado en elementos de concreto armado, es decir, se ha planteado la evaluación en función a la capacidad residual sísmica. La capacidad sísmica residual de los muros de albañilería estará determinado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{\sum_{j=0}^5 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

Donde:

$A_{org}$  : Energía total disponible antes del sismo, se calcula mediante la siguiente expresión, donde  $A_{org}$  (energía original) es la sumatoria (sum) de todos los elementos estructurales verticales de albañilería de una estructura.

$$A_{org} = Mq_{sum} + 2(Mr_{sum}) + 3(Ms_{sum}) + 4(Mt_{sum})$$

- La expresión “Mq”, representa un muro de longitud entre 1 a 2 m.
- La expresión “Mr”, representa un muro de longitud entre 2 a 4 m.
- La expresión “Ms”, representa un muro de longitud entre 4 a 6 m.
- La expresión “Mt”, representa un muro de longitud mayor a 6 m.

$\sum_{j=0}^5 A_j$  : Energía total residual de la edificación después del sismo. Se calcula mediante la sumatoria de los elementos estructurales dañados. El elemento estructural puede presentar daños tipo ó

clase 0, 1, 2, 3 ó 4, cada tipo ó clase de daño se describe en la tabla 3.3 y el manual de evaluación.

$$\begin{aligned}
 A_0 &= Mq_0 + 2(Mr_0) + 3(Ms_0) + 4(Mt_0) \\
 A_1 &= 0.9Mq_1 + 1.8(Mr_1) + 2.7(Ms_1) + 3.6(Mt_1) \\
 A_2 &= 0.5Mq_2 + 1(Mr_2) + 1.5(Ms_2) + 2(Mt_2) \\
 A_3 &= 0.1Mq_3 + 0.2(Mr_3) + 0.3(Ms_3) + 0.4(Mt_3) \\
 A_4 &= 0
 \end{aligned}$$

Se suman los diferentes elementos estructurales verticales (Mq, Mr, Ms, Mt) que presenten cada tipo ó clase de daño. La energía total residual será:

$$\sum_{j=0}^5 A_j = Mq_{sum} + 2(Mr_{sum}) + 3(Ms_{sum}) + 4(Mt_{sum})$$

Tabla 3.3 – Tipo de daño en muros de albañilería

Clase de daño	Descripción del daño
I (1)	Grietas en el inferior o intermedio de la columna de confinamiento 0.2mm
	Grietas inferiores en el muro
II (2)	Grietas en el intermedio hasta 0.5 mm
	Grietas diagonales en el muro 0.5 - 1.5 mm
III (3)	Grietas en el intermedio hasta 0.8 mm y existe grietas en el superior de la columna
	Grietas diagonales en el muro entre 1.5 - 4 mm
IV (4)	Grietas diagonales en los muros mayores a 4 mm
	Grietas en las columnas de confinamiento
	Grietas en ciemntacion o sobrecimiento
	Aplastamiento en las unidades de albañilería

Finalmente la capacidad residual R determinara el nivel de daño de forma global de todos los elementos estructurales verticales de albañilería. Pudiendo obtenerse, ninguno, menor, moderado o severo (tabla 3.4).

Tabla 3.4 – Niveles de daño en elementos verticales de albañilería, en función a la capacidad sísmica residual

<u>Ninguno</u>	Índice de capacidad residual $R = 100\%$
<u>Menor</u>	Índice de capacidad residual $R \geq 95\%$
<u>Moderado</u>	Índice de capacidad está en el rango $80\% \leq R < 95\%$
<u>Severo</u>	Índice de capacidad residual $R < 80\%$

Para la determinación de tipo de daño en cada elemento estructural, factores de reducción sísmica y niveles de daño, se realizó un análisis de los estudios

experimentales realizados bajo carga cíclica en muros de albañilería. Los datos analizados corresponden a investigaciones experimentales desarrolladas en la Pontificia Universidad Católica del Perú, por; Araoz y Velezmoro [5], Pari y manchego [55], Leguía [34].

- Factores de reducción sísmica

El daño estructural en muros de albañilería confinada (figura 3.11) evoluciona según se aumente la carga lateral [16]. Se observa una primera fase de comportamiento elástico, donde sucede el primer agrietamiento. La segunda fase es la degradación de rigidez hasta alcanzar el máximo de la carga. La tercera fase es la degradación de rigidez y resistencia. La cuarta o última fase es la falla del muro.

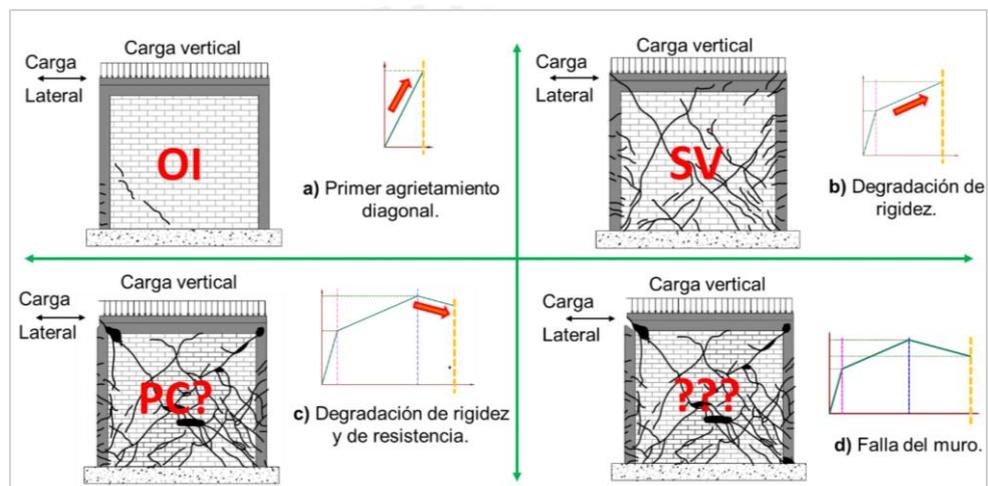


Figura 3.11 – Evolución del daño estructural en muros de albañilería confinada [16].

Del análisis de ensayos experimentales se constatará el comportamiento descrito anteriormente, así como ver los valores de las cargas y desplazamientos en cada fase.

#### *Análisis de los resultados experimentales en muros.*

Pari y Manchego [43], analizaron muros de albañilería confinada. Ensayaron muros de albañilería de ladrillo de 18 huecos, bajo carga cíclica (figura 3.12). Se observa la relación carga – desplazamiento de tres muros en dirección positiva y negativa. Se han aplicado 12 ciclos de carga, por lo cual se tiene las pendientes de carga y descarga en los 12 ciclos.

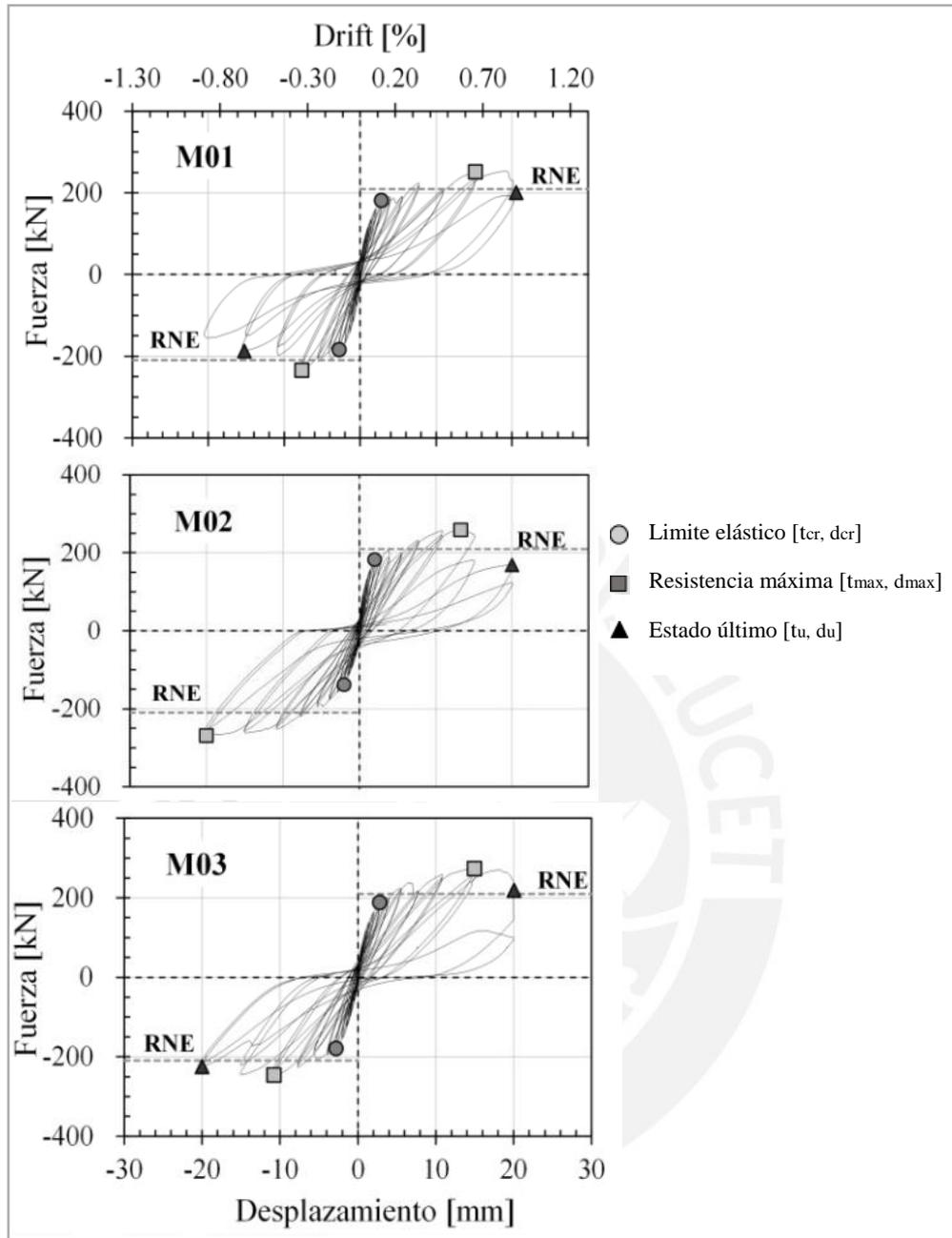


Figura 3.13 – Comportamiento Histerético de muros de albañilería [43].

Araoz y Velezmoro [5], realizaron ensayos experimentales en muros de albañilería confinada, empleando ladrillos tipo pandereta. Se ha considerado este estudio, debido que, existe muchas edificaciones construidas en el Perú empleando este tipo de unidades de albañilería

Leguía G. [34], realizaron ensayos experimentales en muros de albañilería confinada empleando ladrillo artesanal, la unidades de albañilería fueron tomadas de Huamanga.

Con los resultados de desplazamiento positivo y negativo de los ensayos experimentales realizados en la Pontificia Universidad católica del Perú en albañilería confinada empleando ladrillo de 18 huecos, artesanal y pandereta, se construyó la curva de capacidad promedio, por cada tipo (figura 3.14)

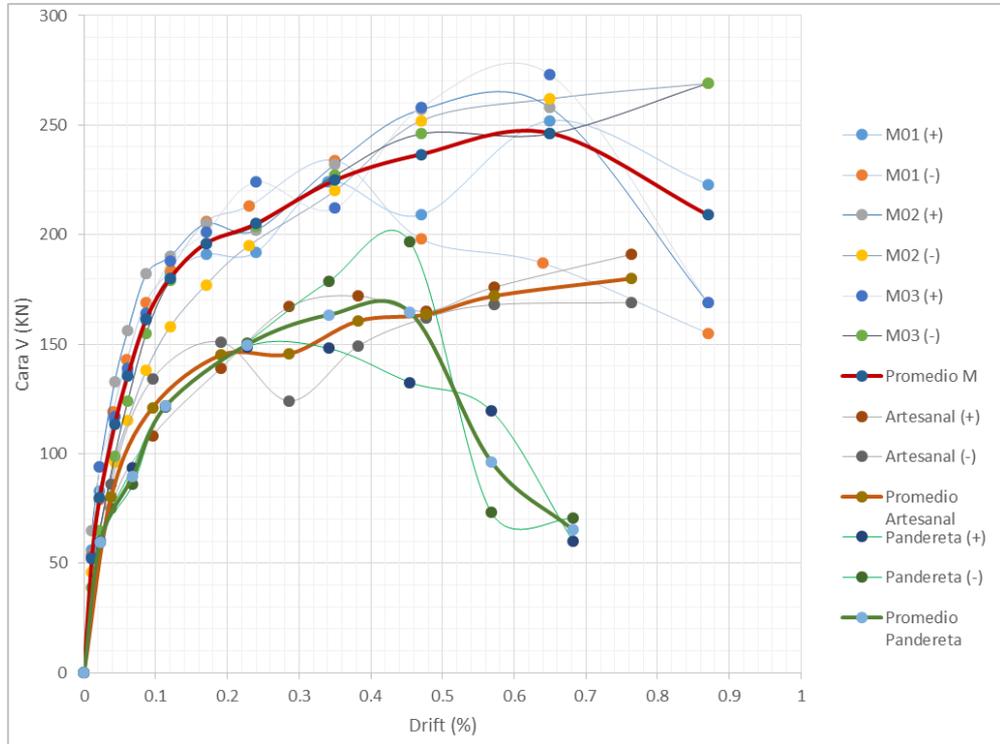


Figura 3.14 – curva de capacidad promedio en muros de albañilería

Empleando las curvas de capacidad, se ha establecido la clase de daño del elemento estructural para cada tipo de unidad de albañilería. Como se muestra en la figura 3.15 [36], la clase I inicia al terminar el rango elástico, la clase II está en el rango de degradación de rigidez, la clase III finaliza donde culmina la capacidad de resistencia, la clase IV corresponde al tramo de degradación de rigidez y resistencia.

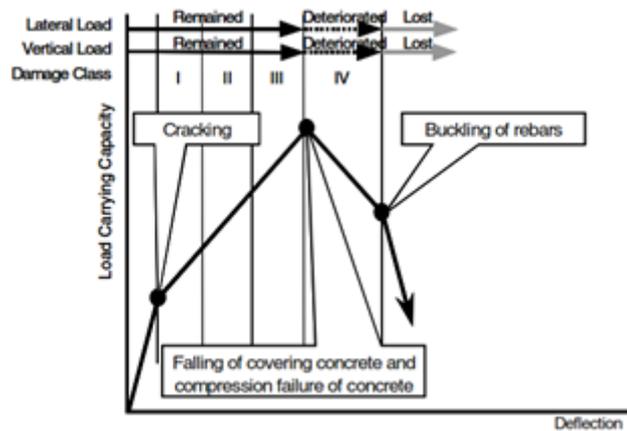


Figura 3.15 – Esquema de clase de daño en elementos estructurales verticales de albañilería

En función a la delimitación de la clase de daño se ha establecido el factor de reducción sísmica en cada caso. Para el Nivel o clase I corresponde un factor de reducción de 0.9. Para el nivel II corresponde un factor de reducción sísmica de 0.5. Para el Nivel III corresponde un factor de reducción 0.1, quiere decir que cuando llega al nivel tres, por no tener mucha ductilidad la energía residual solo es el 10% del original.

- Descripción del daño para cada clase.

En los resultados de los ensayos experimentales de albañilería confinada con unidades de 18 huecos, sólidos artesanal y pandereta, los cuales fueron descritos (figura 3.14), se tiene los registros de la descripción de la forma y dimensiones de la fisuras que se presenta en cada ciclo de carga.

Se ha construido para cada clase de daño (I, II, III y IV) la tabla 3.3, que corresponde a la descripción del daño, se muestra la forma de las fisuras y sus dimensiones.

#### Daño en uniones

Las uniones son consideradas como el eslabón fuerte dentro de la determinación de la resistencia sísmica y estabilidad de la estructura. Son elementos que necesariamente deben estar sin daño para considerar que no existe peligro para los ocupantes.

En el manual de evaluación se considera los lineamientos para identificar el daño de cada uno de los aspectos mencionados.

#### 3.4.3. Daños geotécnicos que influyen en la seguridad de la edificación.

Aunque los aspectos geotécnicos no son componentes de la edificación, sin embargo todas las cargas son transmitidas sobre éste, por lo que el suelo debe estar estable y presentar buenas características mecánicas para que pueda seguir soportando las cargas.

El daño en los suelos se expresa por la presencia de desplazamientos verticales u horizontales. Los desplazamientos característicos del suelo se puede observar en la presencia de grietas, asentamientos y deslizamiento de talud.

En la evaluación rápida se realiza una inspección ligera del suelo de fundación, mientras que en la evaluación detallada, si es que así lo amerita, será necesario realizar una medición sencilla. La forma de calificación del daño de aspectos geotécnicos se describe en el manual.

#### 3.4.4. Daños no estructurales que influyen en la seguridad de la edificación.

Los elementos no estructurales pueden representar peligro ante una eventual caída. Si bien no aportan resistencia sísmica, sin embargo cuando pierden estabilidad representan peligro para los ocupantes.

## CAPÍTULO IV

### Manual de evaluación post sismo de edificaciones

---

Con la finalidad de que todos los evaluadores de la seguridad post sismo de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería, tengan una concepción uniforme durante el proceso, se plantea un manual de evaluación. En este capítulo se describe el contenido del manual.

Se describe los principales aspectos vistos en el capítulo anterior. Tanto para la evaluación rápida y detallada, se describe aspectos sobre el personal involucrado en la evaluación, los materiales necesarios para evaluar y las herramientas necesarias (fichas de inspección).

Se detallan los criterios para la valoración del estado de daño y finalmente los criterios para la calificación de la seguridad de la edificación.

#### 4.1. Aspectos generales

##### 4.1.1. Propósito y alcances

El manual de campo proporciona los lineamientos y procedimientos para realizar de una forma adecuada, la inspección post sismo de las edificaciones, con la finalidad de determinar si son seguras para su uso inmediato.

Con el uso de la metodología se puede inspeccionar edificaciones de concreto reforzado y albañilería, menores a 10 pisos o en su defecto, edificaciones hasta donde sea posible tener la visibilidad para obtener un dictamen adecuado de seguridad. Su uso está limitado para edificaciones de acero, madera, edificaciones con sistemas modernos de disipación de energía y otras que no tengan las características similares a las edificaciones de concreto reforzado o albañilería.

##### 4.1.2. Proceso de evaluación

Evaluar todas las edificaciones dañadas utilizando una metodología detallada y minuciosa toma mucho tiempo, del mismo modo se requiere mayor cantidad de inspectores capacitados. Con la finalidad de optimizar los recursos humanos, además, la respuesta del dictamen post sismo de la seguridad de las edificaciones debe darse en el menor tiempo posible, se plantea una evaluación por niveles.

En Perú se registran constantemente sismos de diversas magnitudes, no todos los sismos que ocurran dan inicio a la evaluación de la seguridad de las edificaciones. Solo se da inicio tras la ocurrencia de sismos que causen daños perceptibles en las edificaciones.

La evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones inicia cuando la entidad competente da la orden a las brigadas de inspección debidamente capacitadas.

El procedimiento de los niveles de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones, se describe en los siguientes párrafos y se muestra en la figura 4.1.

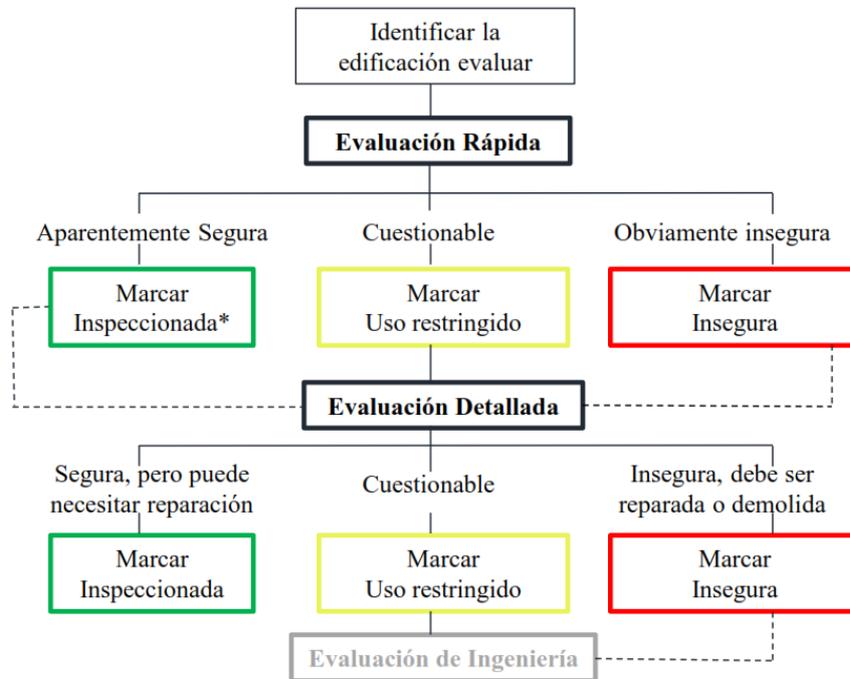


Figura 4.1 - Procedimiento de los niveles de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones.

La evaluación de la seguridad post sismo de las edificaciones inicia con la identificación de edificaciones posiblemente dañadas, a éste proceso, denominado “evaluación nivel 0”, se refiere a una evaluación inicial o preliminar. La entidad competente debe recibir vía telefónica, redes sociales, presencial u otros medios, el reporte sobre posibles daños en edificaciones.

Con la información de reportes de posibles daños, la entidad decide las áreas donde se aplicará la evaluación rápida. Los criterios y procedimientos de evaluación se describen en el capítulo 4.2 del presente manual. Al finalizar la evaluación rápida, cada edificación puede obtener el calificativo de “segura”, “cuestionable” o “insegura”.

Las edificaciones a evaluarse con la metodología rápida pueden ser del tipo vivienda, oficina, hotel, restaurante, depósito e instalaciones que no contengan materiales peligrosos, otros similares que estén dentro de la clasificación de edificaciones C y D de la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (Anexo 1).

La evaluación detallada se aplica a las edificaciones que obtuvieron el calificativo de cuestionable durante la evaluación rápida, edificaciones que no se tienen certeza si

pueden ser habitables o no. Los criterios y procedimientos se describen en el capítulo 4.3 del presente manual.

La evaluación detallada se aplica directamente sin necesidad de una evaluación rápida, a las edificaciones de tipo A y B por ser edificaciones esenciales (“*establecimiento de salud sin dispositivos modernos, local municipal, central de comunicación, estación de bomberos, cuartel de las fuerzas armadas y policía, institución educativa, institutos superiores tecnológicos y universidades, edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, almacén de archivos importantes*”) y edificaciones importantes (“*cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminal de buses, establecimiento penitenciarios, museos, bibliotecas, depósito de grano y otros almacenes importantes para el abastecimiento*”) respectivamente según establece la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (Anexo 1).

Luego de la evaluación detallada cada edificación puede obtener el calificativo de edificación “segura”, “cuestionable” o insegura. Si la calificación en este nivel de evaluación es cuestionable y no se tiene certeza de sobre la seguridad para su habitabilidad, pero tampoco se precisa que es insegura; entonces, se recomienda una evaluación especializada llamada evaluación de ingeniería, que debe ser realizada por expertos en el área, éste tipo de evaluación no se contempla en el presente manual.

#### 4.1.3. Carteles en la edificación

Culminada la inspección rápida, se obtiene la calificación de la edificación, pudiendo ser edificación “segura”, “cuestionable” o “insegura”.

Se coloca carteles en los accesos de cada edificación. La información de cada cartel, depende del calificativo que le corresponda. Su empleo es para que los ocupantes identifiquen si es seguro la habitabilidad inmediata de su edificación.

Si la edificación es segura, se rellena y coloca el cartel de “inspeccionada” como se muestra en la figura 4.2 y el anexo 2

<b>INSPECCIONADA</b>	
LA OCUPACIÓN PERMITIDA	
Esta edificación ha sido inspeccionada (como se indica a continuación) y no se ha encontrado ningún peligro aparente.	Fecha: _____ Hora: _____
Inspeccionado Solo exterior <input type="checkbox"/>	(Precaución: Después de la inspección puede aumentar los daños y el riesgo.)
Inspeccionado Exterior e interior <input type="checkbox"/>	Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:
Reporte cualquier condición insegura a las autoridades locales; Una inspección detallada puede ser requerida.	_____ Entidad
Comentarios del inspector: _____ _____	Nombre del Inspector / Código _____ _____
Nombre y Dirección de la edificación: _____ _____	
No remover, alterar, o cubrir este cartel a menos que sea autorizado por la entidad responsable	

Figura 4.2 - Cartel para la edificación segura.

Si la edificación obtiene el calificativo de cuestionable, se rellena y coloca el cartel de “uso restringido” como se muestra en la figura 4.3 y el *anexo 3* del presente manual. Este cartel es colocado en todos los accesos donde sea restringido el uso de la edificación.

<b>USO RESTRINGIDO</b>	
<p>Precaución: esta edificación ha sido inspeccionada y se ha encontrado daños como se describe a continuación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Entrada, ocupación y uso legal son restringidos indicados a continuación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Nombre y Dirección de la edificación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Fecha: _____</p> <p>Hora: _____</p> <p>(Precaución: Réplicas después de la inspección pueden incrementar el daño y el riesgo.)</p> <p>Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:</p> <p>_____</p> <p style="text-align: right;">Entidad</p> <p>Nombre del Inspector / Código</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p><b>No Remover, Alterar, o Cubrir este Cartel a menos que sea autorizado por la Entidad Responsable</b></p>	

Figura 4.3 – Cartel para uso restringido.

El cartel de uso restringido también puede utilizarse en algunas zonas de una edificación que califica como segura, sin embargo es necesario removerse con elementos no estructurales caídos, además, estos elementos caídos no afectan a la seguridad de la edificación.

Si la edificación es insegura, se rellena y coloca el cartel de “inseguro” como se muestra en la figura 4.4 y el Anexo 4 del presente manual.

<b>I N S E G U R O</b>	
No entrar ni ocupar (Este cartel no es una orden de demolición)	
<p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encuentra que ha sido dañada y no es seguro su habitabilidad como se describe a continuación.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>No ingrese, excepto con autorización por escrito por la entidad responsable</p> <p>La entrada puede ocasionar muerte o la lesión.</p> <p>Nombre y Dirección de la Edificación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Fecha: _____</p> <p>Hora: _____</p> <p>Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:</p> <p>_____</p> <p style="text-align: right;">Entidad</p> <p>Nombre del Inspector / Código</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p><b>No Remover, Alterar, o Cubrir este Cartel a menos que sea autorizado por la Entidad Responsable</b></p>	

Figura 4.4 - Cartel para la edificación insegura.

Los carteles que se coloca en los accesos luego de la evaluación detallada, es idéntica a los se usan en evaluación rápida. Considerando su calificativo correspondiente.

#### 4.1.4. Personal requerido para la inspección

El personal necesario para realizar la evaluación rápida deben ser estudiantes, egresados o bachilleres de ingeniería civil o arquitectura, ingenieros civiles, arquitectos, técnicos de construcción civil u otro personal que tenga conocimiento respecto al comportamiento estructural y sísmico de las edificaciones.

Para la evaluación detallada el personal deben ser ingenieros civiles, arquitectos y especialistas, debidamente capacitados en el comportamiento sísmico de estructuras de las edificaciones.

El personal que participa en la evaluación rápida y detallada debe ser previamente capacitado por la entidad competente. En la capacitación deben impartirse temas sobre las tipologías de construcción, sistema estructural, comportamiento sísmico de las edificaciones según cada tipo de sistema estructural y material de construcción, criterios de inspección, metodología de evaluación, entre otros aspectos que sirvan al inspector para realizar su labor de forma adecuada.

Cada inspector luego de la capacitación, al ser calificado como apto para poder realizar evaluaciones de la seguridad post sismo de las edificaciones, será acreedor de un código de inspector, el cual será registrado en la base de datos de la entidad.

#### 4.1.5. Responsabilidades y derechos del inspector

Tiene la responsabilidad de realizar su labor de forma objetiva y clara, debe tomar como base conceptual los lineamientos del presente manual y los que se imparten en la capacitación. Además, debe tomar decisiones según su criterio y conocimiento, sobre aspectos que no se hayan considerado en el manual ni capacitación.

Debe ceñirse solo a la evaluación técnica, no debe involucrarse en temas económicos, políticos, sociales u otros que trasgredan la naturaleza de evaluación netamente técnica.

No tiene responsabilidad legal ante su dictamen de evaluación de las edificaciones. Su labor no acarrea responsabilidad penal, civil ni administrativa, por tratarse de un aspecto técnico y sin otras finalidades.

Tiene el derecho fundamental de cuidar su salud e integridad en primer orden de prioridades. Si se enfrenta a peligros que puedan causarle algún daño, debe alejarse del lugar, salvaguardando su integridad.

#### 4.1.6. Materiales e implementos para la inspección de la edificación

A cada inspector se le debe entregar en la capacitación un manual de inspección. El inspector para desarrollar su labor debe tener fichas de evaluación impresa correspondiente a su nivel de evaluación, anexo 5 para evaluación rápida o anexo 6 para evaluación detallada).

Los inspectores asignados a la etapa de evaluación rápida, no requieren herramientas porque la inspección es visual y no es necesario mediciones ni cálculos. Mientras que los inspectores asignados a la evaluación detallada deben portar un flexómetro, agrietómetro, plomada y opcional largavista.

Cada inspector debe usar implementos de seguridad durante su permanencia en la zona de evaluación, protector (casco) para prevenir el impacto en la cabeza ante la posible caída de algunos elementos sueltos en la edificación, zapato de seguridad para evitar algún daño por posibles elementos punzo cortantes del suelo.



Figura 4.5 - Implementos de seguridad, protector y zapato de seguridad [14]

#### 4.2. Evaluación rápida

El objetivo de la evaluación rápida es determinar de la forma más pronta posible la seguridad post sismo de las edificaciones.

El tiempo de evaluación puede durar entre 15 a 30 minutos, dependiendo de las características como el área de construcción, accesos, visibilidad, número de pisos de la edificación, entre otros aspectos que hacen que el tiempo sea variable.

La inspección es visual, se usa una ficha de inspección (descrito en capítulo 4.2.1) para determinar la habitabilidad de la edificación.

La evaluación rápida es aplicable a todas las edificaciones del tipo C y D establecido en la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (anexo 1), a este tipo de edificaciones pertenece vivienda, oficina, hotel, restaurante, depósito e instalaciones que no contengan materiales peligrosos y otras edificaciones similares que estén dentro de ésta clasificación.

Las edificaciones de tipo A y B de la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (anexo 1) son evaluadas directamente mediante la evaluación detallada, por tratarse de edificaciones esenciales e importantes.

#### 4.2.1. Ficha de inspección rápida

La ficha de inspección es la herramienta más importante para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones. Mediante el uso de la ficha se llega al dictamen sobre el calificativo de seguridad que tiene la edificación.

La ficha consta de una hoja, donde se divide en 5 secciones tal como se muestra en el *anexo 5* y es descrita en los siguientes párrafos.

En la parte superior central de la ficha se muestra el título y el nombre del nivel de evaluación (figura 4.6), en la parte izquierda se muestra el logotipo de la entidad y en la parte derecha se muestra un código QR que está registrado en la web de la entidad.

### Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida



Figura 4.6 - Parte superior de ficha de inspección

El código QR sirve para verificar la legalidad de la ficha de evaluación, el propietario o usuario de la edificación luego de la evaluación tiene la posibilidad de constatar si la ficha pertenece a la entidad (figura 4.7). De esta forma se puede evitar posibles suplantaciones o estafas similares a las que ocurrieron en sismo pasados de otros países.



Figura 4.7 - Verificación de la legalidad de la ficha de inspección mediante escaneo del código QR

- *Sección 1 de la ficha de inspección*, se describe aspectos de la ubicación y descripción de la edificación (figura 4.8).

## 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección _____	Zonificación <table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>				
Distrito _____	Provincia _____	Departamento _____			
Nombre de la edificación _____	Bloque _____				
Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanine) _____					
<b>Tipología de construcción y sistema estructural:</b>					
Concreto armado :	Pórtico <input type="checkbox"/>	Muros estructurales <input type="checkbox"/>	Muros de ductilidad limitada <input type="checkbox"/>	Otro _____	
Albañilería :	Simple <input type="checkbox"/>	Confinada <input type="checkbox"/>	Armada <input type="checkbox"/>	Otro _____	
<b>Uso:</b>					
Vivienda <input type="checkbox"/>	Oficina <input type="checkbox"/>	Hotel <input type="checkbox"/>	Restaurante <input type="checkbox"/>	Depósito o instalación no peligroso <input type="checkbox"/>	Otros _____

Figura 4.8 - Sección 1 de la ficha de inspección, ubicación y descripción

**Dirección**, precisar la calle, avenida, jirón o pasaje donde se ubica la edificación, especificar la manzana y el número que corresponde a la edificación. En caso se desconozca la dirección, debe anotarse lugares de referencia. Considerar distrito, provincia y departamento donde se ubica la edificación.

**Zonificación**, especificar el código de distrito, código de provincia, código de departamento y código de zona, en ese orden descrito en los cuatro casilleros existentes.

**Número de pisos**, contar los que estén sobre el terreno, considerando azotea y mezanine si existiese.

**Tipología de construcción y sistema estructural**, identificar si la edificación es de concreto armado o albañilería, también reconocer su sistema estructural. En el capítulo II de esta investigación, marco teórico, se describe las características de cada tipología según su sistema estructural.

Si la edificación pertenece a otra tipología (acero, madera u otro) se puede usar la ficha de inspección solo de forma referencial.

**Uso**, identificar el uso de la edificación, puede estar dentro de la clasificación del tipo C y D establecido en la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (anexo 1), a esta clasificación pertenece edificaciones del tipo vivienda, oficina, hotel, restaurante, depósito e instalaciones que no contengan materiales peligrosos y otras edificaciones similares que estén dentro de ésta clasificación.

Es recomendable evaluar con la metodología detallada las edificaciones de tipo A y B establecido en la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones (anexo 1); sin embargo, puede aplicarse la evaluación rápida a este tipo de edificaciones.

- *Sección 2 de la ficha de inspección*, se describe el daño observado en la edificación, los criterios de inspección y evaluación son descritos en el capítulo 4.2.2 del presente manual.
- *Sección 3 de la ficha de inspección*, se describe la clasificación global de la edificación, los criterios para dar el dictamen de habitabilidad son descritos en el capítulo 4.2.3 del presente manual.
- *Sección 4 de la ficha de inspección*, se describe las recomendaciones que se debe dar post la evaluación.
- *Sección 5 de la ficha de inspección*, colocar los datos y rubrica del inspector y ocupante (figura 4.9). Cuando no se contacte con el dueño o algún ocupante de la edificación evaluada se debe rellenar NE que significa no encontrado.

**5. Inspector y ocupante.**

Nombre del inspector: _____	Código de inspector: _____	Firma: _____
Nombre del ocupante: _____		Firma: _____

*Figura 4.9 - Sección 5 de la ficha de inspección, Inspector y ocupante*

#### 4.2.2. Criterio para la inspección de daños

La naturaleza de este nivel de evaluación es determinar de la forma más rápida posible la habitabilidad de la edificación, por lo tanto, los aspectos considerados para la evaluación son de fácil percepción.

Los criterios a inspeccionar están divididos como daños generales, daños estructurales, daños geotécnicos y daños no estructurales.

En cada criterio establecido en caso de existir daño se marca un aspa en la casilla de “*si*” y marcar “*no*” caso contrario. Cuando se tenga duda en la observación del daño, marcar la casilla correspondiente “*Existen dudas*”.

##### a) Daños generales

Se evalúa los aspectos más sobresalientes o notorios relacionados al daño en la edificación. Son fáciles de identificar mediante inspección visual.

Los aspectos a evaluar son:

- Colapso total o parcial de la edificación
- Inclinación de la edificación o un entrepiso
- Edificación fuera de su cimentación

La evaluación de daños generales es fundamental para determinar la seguridad post sismo de la edificación y deben inspeccionarse al inicio. Si se observa presencia de daño considerado en la sección general, la edificación es considerada insegura y no hay necesidad de continuar evaluando otros tipos de daño (estructurales, geotécnicos y no estructurales).

**Colapso total o parcial de la edificación**

En la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones, el colapso se define como la caída de alguno o todos sus componentes estructurales o no estructurales de la edificación. Puede presentarse colapso parcial o total.

En el colapso parcial, se observa la caída de componentes estructurales y/o no estructurales de una zona localizada de la edificación, sin embargo, no compromete la estabilidad general de la edificación.

En el colapso total, la caída de los elementos estructurales y/o no estructurales compromete la estabilidad de toda la edificación, representando un peligro significativo para sus ocupantes.

Para evaluar si existe daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.1:

*Tabla 4.1 Identificación Colapso total o parcial*

<u>No</u>	<p>No se observa colapso parcial ni total en ninguno de los componentes estructurales y no estructurales de la edificación que representen peligro.</p> <p>Puede presentarse mínimo colapso de algunos elementos no estructurales, sin embargo, esto no afecta de ninguna forma a la seguridad.</p>
<u>Si</u>	<p>Se observa colapso parcial (figura 4.11) o total (figura 4.12) de elementos estructurales y/o no estructurales. Los elementos colapsados son peligrosos para los ocupantes o existe inestabilidad de elementos a punto de caer.</p>
<u>Existe duda</u>	<p>Se observa el colapso de elementos no estructurales que aparentemente son peligrosos para los ocupantes o son difícil de ser removidos.</p> <p>Cuando no pueda ser evaluado con claridad los elementos estructurales aparentemente colapsados. Por ejemplo en la figura 4.10 en la edificación de la derecha se observa el colapso de muros que no se puede identificar si se trata de muros estructurales.</p>



*Figura 4.10 - En la edificación de la derecha no se tiene certeza del colapso parcial en la estructura [55]*



*Figura 4.12 - Colapso total de elementos estructurales y no estructurales [21]*



*Figura 4.11 - Colapso parcial de elementos estructurales y no estructurales [55]*

### *Inclinación de la edificación o un entrepiso*

Uno de los parámetros para medir el daño causado en una edificación, es el control de las distorsiones. A mayor inclinación o a mayor desplazamiento lateral de entrepiso significa mayor daño causado.

Para evaluar si existe daño se debe seguir las siguientes especificaciones de la tabla 4.2:

*Tabla 4.2 Identificación de la Inclinación*

<u>No</u>	No se observa inclinación de la edificación ni de ningún entrepiso.
<u>Si</u>	Se observa inclinación de toda la edificación (figura 4.13) o algunos entrepisos (figura 4.14).
<u>Existen dudas</u>	No se tiene certeza que exista inclinación en la edificación, existe aparente inclinación.



*Figura 4.13 – Inclinación total de la edificación [56]*



*Figura 4.14 – Inclinación de entrepisos de la edificación [33]*

### Edificación fuera de su cimentación

Cuando la edificación se separa de su cimentación se convierte en una estructura inestable, pudiendo llegar a colapsar, por lo cual, representa peligro para sus ocupantes.

La inspección del daño es visual y no requiere medición. Para calificar la presencia de daño se debe considerar los siguientes aspectos:

*Tabla 4.3 Identificación edificación fuera de su cimentación*

<u>No</u>	No se observa ninguna evidencia de separación de la edificación con su cimentación.
<u>Si</u>	La edificación está separada de su cimentación en sentido horizontal y/o vertical. Por lo general, cuando se observa en la edificación este tipo de daño, también se observa inclinación o colapso parcial o total (figura 4.15).



*Figura 4.15 – Edificación fuera de su cimentación y colapsada [45]*

*Continuación tabla 4.3*

<u>Existen dudas</u>	No se tiene certeza que la edificación este fuera de su cimentación. Se presenta rasgos de este tipo de daño en alguna zona localizada de la edificación.
----------------------	---

## b) Daños estructurales

Los elementos estructurales son el soporte de la carga vertical y lateral de la edificación, por lo tanto, la evaluación de los daños de estos elementos es muy esencial.

En la evaluación rápida se realiza inspección visual de los daños en los elementos estructurales, no se realiza ninguna medición. Se ha separado la inspección de daños, como inspección en elementos verticales e inspección en elementos horizontales.

Cuando se evalúe edificaciones de concreto armado, se inspecciona el daño en las columnas, placas o muros de ductilidad limitada (MDL), según corresponda. Cuando se evalúe edificaciones de albañilería, se inspecciona el daño en los muros estructurales. De evaluarse una edificación mixta se inspecciona columnas o placas y también muros.

### **Columnas, placas o MDL**

Una vez identificado el sistema estructural se debe inspeccionar las columnas o placas o MDL según corresponda.

Para determinar la presencia de daño se debe considerar las especificaciones de la tabla 4.4:

*Tabla 4.4 Identificación de daño en columnas placas, evaluación rápida*

<u>No</u>	No se observa ningún tipo de daño en elementos estructurales verticales. Excepcionalmente puede presentarse fisuras casi imperceptibles solo en el revestimiento.
<u>Si</u>	Presencia de fisuras fácilmente perceptibles en los elementos verticales de concreto armado como es el caso de columnas (figura 4.16), placas, muros de ductilidad limitada. Se aprecia desprendimiento del recubrimiento. Exposición de las barras de refuerzo.



Figura 4.16 – Fisuras en columna y desprendimiento de recubrimiento

Continuación tabla 4.4

<u>Existe</u> <u>duda</u>	Existen pequeñas fisuras en los elementos estructurales verticales, estas no pueden ser percibidas con facilidad (figura 4.17). No se tiene certeza sobre el grado del daño en estos elementos estructurales
------------------------------	--

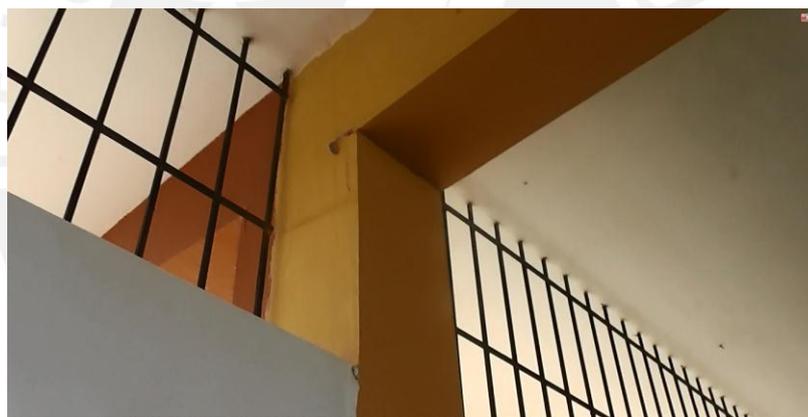


Figura 4.17 – Pequeñas fisuras en las columnas

**Muros estructurales de albañilería**

Cuando la edificación es de sistema estructural de albañilería, se inspecciona el daño en los muros y elementos de refuerzo o confinamiento según corresponda

Para determinar la presencia de daño se debe considerar las especificaciones de la tabla 4.5:

Tabla 4.5 Identificación de daño en muros estructurales de albañilería, evaluación rápida

<u>No</u>	No se observa ningún tipo de daño en los muros ni elementos de refuerzo ni confinamiento. Excepcionalmente puede presentarse fisuras casi imperceptibles solo en el revestimiento
-----------	---

<u>Si</u>	Presencia de grietas en los muros (figura 4.18. Es común que las grietas son de forma horizontal o de forma diagonal Se aprecia desprendimiento del recubrimiento
-----------	--



*Figura 4.18 – Grietas en muros*

*Continuación tabla 4.5*

<u>Existe duda</u>	Existen fisuras en algunos muros estructurales de la edificación (figura 4.19), sin embargo no se tiene certeza del grado de daño, además no se sabe si lo muros dañados afectan a la seguridad de la edificación
------------------------	---



*Figura 4.19 – Grietas en muros [8]*

## Vigas y losas

Tabla 4.6 Identificación de daño en vigas y losas, evaluación rápida

<u>No</u>	No se observa ningún tipo de daño en las vigas ni losas de entpiso Excepcionalmente puede presentarse fisuras casi imperceptibles solo en el revestimiento
<u>Si</u>	Presencia de grietas en vigas (figura 4.20). Es común que las gritis se den cerca al nudo del encuentro viga-columna. Se aprecia desprendimiento del recubrimiento. Puede presentar exposición del acero de refuerzo



Figura 4.20 – Grietas en vigas

Continuación tabla 4.6

<u>Existe duda</u>	Existen fisuras en algunas vigas (figura 4.21) o en las losas, sin embargo no se tiene certeza del grado de daño, además, no se sabe si las vigas o losas dañadas afectan a la seguridad de la edificación
------------------------	--



Figura 4.21 – fisuras delgadas en vigas

c) Daños geotécnicos

El suelo soporta toda la carga de la edificación, cuando se producen daños, afecta a la estabilidad de la subestructura y superestructura.

En la evaluación rápida, los aspectos geotécnicos se inspeccionan de forma visual. El daño en el suelo se manifiesta mediante algún tipo de desplazamiento horizontal o vertical. Se puede observar grietas, asentamientos, deslizamiento o movimientos.

Para determinar la presencia de daño se debe seguir las siguientes especificaciones:

**Grietas, asentamientos y movimiento del suelo o deslizamiento de talud**

Para evaluar si existe daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.7:

*Tabla 4.7 Identificación de daño en el suelo, evaluación rápida*

<u>No</u>	No se observa ningún tipo en el suelo de fundación.
<u>Si</u>	Se observa grietas, asentamientos, deslizamiento o movimientos del suelo (figura 4.22)
<u>Existen dudas</u>	Existe muy poco daño en el suelo, no se conoce si este afecta a la seguridad de la edificación.



*Figura 4.22 – Daños geotécnicos*

d) Daños No estructurales

Los elementos estructurales no aportan considerablemente a la resistencia sísmica de la edificación; sin embargo, la caída de estos, representa peligro para los habitantes.

La inspección de los elementos no estructural es visual. Se debe seguir las siguientes especificaciones

**Elementos no estructurales en peligro de caer**

Para evaluar si existe daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.8:

*Tabla 4.8 Identificación de daño no estructural, evaluación rápida*

<u>No</u>	No se observa daño en elementos no estructurales.
<u>Si</u>	Se observa daño en los elementos no estructurales (figura 4.23). Puede dañarse, tabiques, parapetos, coberturas entre otros elementos que no forman parte de la estructura
<u>Existen dudas</u>	Existe muy poco daño en elementos no estructurales, no se sabe si los elementos representan peligro.



*Figura 4.23 – Elementos no estructurales dañados [18]*

**Otros peligros (daño en instalaciones, derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)**

Para evaluar si existe daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.9:

*Tabla 4.9 Identificación de otros daños, evaluación rápida*

<u>No</u>	No se observa otros peligros en instalaciones, derrames tóxicos, líneas rotas, ni otros.
<u>Si</u>	Se observa daño como; rotura de instalaciones, derrame de elementos tóxicos (figura 4.24)
<u>Existen dudas</u>	El daño es menor, no se sabe si representa peligro.



*Figura 4.24 – Daños en instalaciones [6]*

#### 4.2.3. Clasificación global de la edificación

La edificación se califica como Segura cuando no hay daño en ninguno de los aspectos inspeccionados, excepcionalmente puede existir daños menores no relevantes, donde se debe recomendar la intervención en zonas específicas. Se califica como Cuestionable cuando exista duda en la inspección. Se califica como Insegura cuando exista daño que represente peligro para la habitabilidad.

Se debe tener en cuenta que la calificación final de la seguridad debe primar el juicio del evaluador, que de acuerdo a su experiencia califica la seguridad, siguiendo los lineamientos de la metodología.

### 4.3. Evaluación detallada

El objetivo de la evaluación detallada es determinar con mayor precisión en comparación de la evaluación rápida, la seguridad de las edificaciones.

El tiempo de evaluación de cada edificación puede durar entre 30 minutos a 1 hora y media, dependiendo de las características de la edificación a evaluar y del daño que se observa.

Es aplicada a las edificaciones que obtuvieron el calificativo de cuestionable en la evaluación rápida y no se pudo determinar si la edificación es segura o insegura para su uso inmediato. Las edificaciones del tipo A y B según establece la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones son evaluadas directamente con la metodología detallada.

#### 4.3.1. Ficha de Inspección

Al igual que en la evaluación rápida, la ficha de inspección es la herramienta más importante para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones. Mediante el uso de la ficha se llega al dictamen sobre la seguridad post sismo de la edificación.

La ficha consta de tres hojas donde se divide en 6 secciones, tal como se muestra en el anexo 6 y es descrita en los siguientes párrafos.

En la parte superior central de la ficha se muestra el título y el nombre del nivel de evaluación (*figura 4.25*). En la parte izquierda se muestra el logotipo de la entidad y en la parte derecha se muestra un código QR que debe estar registrada en la web de la entidad.

Ficha de Inspección Postsísmica  
Evaluación Detallada



*Figura 4.25 - Parte superior de ficha de inspección detallada*

El código QR tiene similar objetivo de la ficha de evaluación rápida descrita en el capítulo 4.2.1.

- *Sección 1 de la ficha de inspección, se describe aspectos de la ubicación y descripción de la edificación (figura 4.26).*

1. **Ubicación y descripción de la edificación.**

Dirección _____		Zonificación <input type="text"/>	
Distrito _____		Provincia _____	
Nombre de la edificación _____		Departamento _____	
Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezzanine) _____		Bloque _____	
<b>Tipología de construcción y sistema estructural:</b>			
Concreto armado: Pórtico <input type="checkbox"/> , Muros estructurales <input type="checkbox"/> , Muros de ductilidad limitada <input type="checkbox"/> , Otro _____			
Albañilería : Simple <input type="checkbox"/> , Confinada <input type="checkbox"/> , Armada <input type="checkbox"/> , Otro _____			
<b>Uso:</b>			
Edificación evaluada anteriormente con metodología rápida:		Edificación Evaluada directamente con metodología detallada:	
Vivienda <input type="checkbox"/>	Oficina <input type="checkbox"/>	Hotel <input type="checkbox"/>	Restaurante <input type="checkbox"/>
Depósito e instalaciones <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Establecimiento de salud <input type="checkbox"/>	Terminal terrestre <input type="checkbox"/>
		Biblioteca <input type="checkbox"/>	Centro comercial <input type="checkbox"/>
		Cine <input type="checkbox"/>	Cine <input type="checkbox"/>
		Instalación importante <input type="checkbox"/>	Instalación importante <input type="checkbox"/>
		Otro <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
		Institución educativa <input type="checkbox"/>	Museo <input type="checkbox"/>
		Cárcel <input type="checkbox"/>	Teatro <input type="checkbox"/>
		Estadio <input type="checkbox"/>	Almacén importante <input type="checkbox"/>

Figura 4.26 - Sección 1 de la ficha de inspección (ubicación y descripción)

**Dirección**, precisar la calle, avenida, jirón o pasaje donde se ubica la edificación, especificar la manzana y el número que corresponde a la edificación. En caso se desconozca la dirección, debe anotarse lugares de referencia. Considerar distrito, provincia y departamento donde se ubica la edificación.

**Zonificación**, especificar el código de distrito, código de provincia, código de departamento y código de zona, en ese orden descrito en los cuatro casilleros existentes.

**Número de pisos**, debe contarse los que estén sobre el terreno, considerando azotea y mezzanine si existiese.

**Tipología de construcción y sistema estructural**, Se debe identificar si la edificación es de concreto armado o albañilería, también reconocer su sistema estructural. En el capítulo II de la investigación se describe las características de cada tipología según su sistema estructural.

Si la edificación pertenece a otra tipología (acero, madera u otro) se puede usar la ficha de inspección solo de carácter referencial.

**Uso**, Si la edificación fue evaluada en el nivel rápido, identificar el uso de la edificación que puede estar dentro del tipo C y D establecido en la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, a este tipo de edificaciones pertenece vivienda, oficina, hotel, restaurante, depósito e instalaciones que no contengan materiales peligrosos y otras edificaciones similares que estén dentro de ésta clasificación.

La evaluación detallada se aplica directamente sin necesidad de una evaluación rápida, a las edificaciones de tipo A y B por ser edificaciones esenciales (establecimiento de salud sin dispositivos modernos, local municipal, central de comunicación, estación de bomberos, cuartel de las fuerzas armadas y policía, institución educativa, institutos superiores tecnológicos y universidades, edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, almacén de archivos importantes) y edificaciones importantes (cines, teatros, estadios,

coliseos, centros comerciales, terminal de buses, establecimiento penitenciarios, museos, bibliotecas, depósito de grano y otros almacenes importantes para el abastecimiento) respectivamente según establece la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones.

- *Sección 2 de la ficha de inspección*, se describe el daño observado en la edificación, los criterios de inspección y evaluación son descritos en el capítulo 4.3.2 del presente manual.
- *Sección 3 de la ficha de inspección*, se describe la clasificación global de la edificación, los criterios para dar el dictamen de habitabilidad son descritos en el capítulo 4.3.3 del presente manual.
- *Sección 4 de la ficha de inspección*, se describe las recomendaciones que se debe dar para asegurar la seguridad de los ocupantes.
- *Sección 5 de la ficha de inspección*, se coloca los datos y rubrica del inspector y ocupante (figura 4.27). Cuando no se contacte con el dueño o algún ocupante de la edificación evaluada se debe rellenar NE que significa no encontrado.

**5. Inspectores y ocupante.**

Nombre del inspector: _____	Código de inspector: _____	Firma: _____
Nombre del inspector: _____	Código de inspector: _____	Firma: _____
Nombre del ocupante: _____		Firma: _____

Figura 4.27 - Sección 5 de la ficha de inspección, Inspector y ocupante

- *Sección 6 de la ficha de inspección*, se dibuja un croquis en planta de la edificación, donde se debe dibujar los elementos estructurales que puedan identificarse, también debe especificarse las zonas de la edificación que han sufrido daño.

**6. Croquis.**

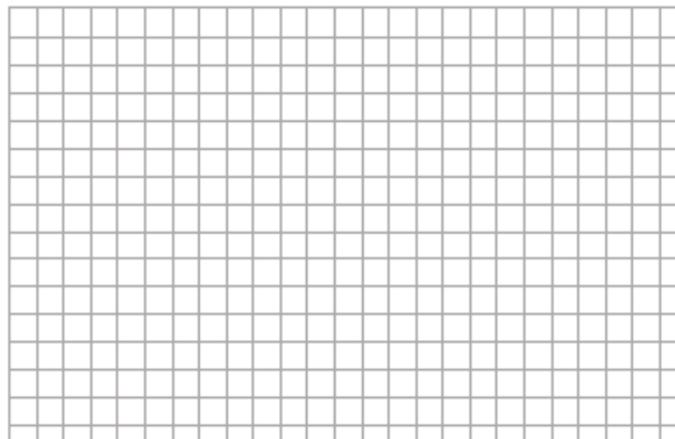


Figura 4.28 - Sección 6 de la ficha de inspección, croquis

#### 4.3.2. Criterio de evaluación de Daño

Durante la inspección de la edificación, el daño es observado con mayor minuciosidad y detenimiento que en la evaluación rápida.

Los criterios a inspeccionar están divididos como daños generales, daños estructurales, daños geotécnicos y daños no estructurales.

##### a) Daños Generales

La inspección de daños generales en este nivel de evaluación (detallada), se realiza de forma similar que en la evaluación rápida.

Edificaciones del tipo A y B son evaluadas directamente la metodología detallada, por tal razón, es necesario evaluar a la edificación desde una perspectiva general.

#### **Colapso total o parcial de la edificación**

Para calificar el nivel de daño se debe considerar los aspectos de la tabla 4.10:

*Tabla 4.10 Identificación del colapso total o parcial, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u>	No se observa colapso parcial ni total en ninguno de los componentes estructurales y no estructurales de la edificación.  Se observa el colapso parcial de algunos componentes no estructurales (muros no estructurales, ventanas, cielo raso, etc.), que no representan peligro para los ocupantes. Los elementos colapsados pueden ser removidos fácilmente para dar continuidad a la ocupación de la edificación.
<u>Moderado</u>	Se observa el colapso de elementos no estructurales que aparentemente son peligrosos para los ocupantes o son difícil de ser removidos  Cuando no pueda ser evaluado con claridad los elementos estructurales aparentemente colapsados. Por ejemplo en la figura 4.10 la edificación de la derecha se observa el colapso de muros que no se puede identificar si se trata de muros estructurales
<u>Severo</u>	Se observa el colapso parcial ( <i>figura 4.11</i> ) o total ( <i>figura 4.12</i> ) de elementos estructurales y/o no estructurales. Los elementos colapsados son peligrosos para los ocupantes

### **Inclinación de la edificación o un entrepiso**

Para calificar el nivel de daño se debe considerar los aspectos de la tabla 4.11:

*Tabla 4.11 Identificación de la inclinación, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u> <u>/Menor</u>	No se observa inclinación de la edificación ni de ningún entrepiso  Puede presentarse mínima inclinación de algún elemento no estructural, que no afecte en ningún sentido la estructura, además no significa peligro para sus ocupantes
<u>Moderado</u>	Cuando la distorsión de entrepiso está en el rango de 0.5% a 1.5%.  No se tiene certeza que exista inclinación en la edificación, existe aparente inclinación
<u>Severo</u>	Se observa inclinación de toda la edificación (figura 4.13) o algunos entrepisos (figura 4.14)

### **Edificación fuera de su cimentación**

Para calificar el nivel de daño se debe considerar los siguientes aspectos:

*Tabla 4.12 Identificación de edificación fuera de cimentación, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u>	No se observa ninguna evidencia de separación de la edificación con su cimentación.
<u>Moderado</u>	Se observa la separación de la superestructura de su cimentación (subestructura), sólo en una zona localizada de la edificación (figura 4.29), bajo columna o bajo un muro de poca longitud; sin embargo, no existe inclinación ni colapso de la edificación.  No se puede precisar si la edificación es inestable y peligrosa para los ocupantes debido al poco daño que se observa.
<u>Severo</u>	La edificación está separada de su cimentación en sentido horizontal y/o vertical. Por lo general, cuando se observa en la edificación este tipo de daño (severo), también se observa inclinación o colapso parcial o total (figura 4.15).



*Figura 4.29 – Edificación fuera de su cimentación, desplazamiento lateral*

#### b) Daños Estructurales

En la evaluación detallada la caracterización del daño en elementos estructurales es analizado con mayor minuciosidad en comparación de la evaluación rápida

Para la inspección de daños se ha clasificado en los siguientes aspectos:

- Columnas, placas de concreto armado y MDL
- Muros estructurales de albañilería
- Losas y techos
- Vigas
- Uniones

La calificación de la inspección de cada aspecto citado anteriormente, conlleva a determinar el nivel de daño, pudiendo ser ninguno, menor, moderado o severo

### *Columnas, placas de concreto armado y MDL*

En el capítulo 3 se ha descrito la forma de identificar y calificar el daño en elementos verticales de concreto armado, basado en el índice de capacidad residual.

Para calcular el índice de capacidad residual es necesario identificar el tipo o clase de daño que tienen los elementos de concreto armado. En las figura 4.31 al 4,34 se aprecia las apariencias típicas que se puede encontrar en cada clase de daño. Considerando las formas de fisuras y los anchos de fisura descrito en la tabla 3.1, se realiza el conteo de elemento dañados en cada clase, luego se sigue el procedimiento descrito en el capítulo 3 para finalmente calcular la capacidad residual y por ende el nivel de daño en conjunto de los elementos verticales



*Figura 4.31 – Daño clase 3. A la izquierda, fisuras menores a 2mm. A la derecha se muestra el desprendimiento del recubrimiento*



*Figura 4.32 – Daño clase 4. Exposición de acero de refuerzo, desprendimiento de acero de refuerzo, grietas mayor a 2 mm.*



Figura 4.33 – Daño clase 5. Pandeo de acero de refuerzo de columnas, desprendimiento del recubrimiento [57]



Figura 4.34 – Daño clase 5. Pandeo de acero de refuerzo en placas, desprendimiento del recubrimiento [23]

El daño en las columnas está relacionada con el índice de capacidad residual y se considerara lo establecido en la tabla 4.13:

Tabla 4.13 Daño en función de capacidad residual en elementos verticales de concreto armado [41]

<u>Ninguno</u>	Índice de capacidad residual $R = 100\%$
<u>Menor</u>	Índice de capacidad residual $R \geq 95\%$
<u>Moderado</u>	Índice de capacidad está en el rango $80\% \leq R < 95\%$
<u>Severo</u>	Índice de capacidad residual $R < 80\%$

### **Daño en losas y techos**

Las losas contribuyen a la integridad del sistema estructural. Cuando las losas se dañan, disminuye o se pierde la concepción del diafragma rígido

Las losas transmiten cargas de gravedad hacia las vigas, por lo tanto, cuando se dañan no pueden transmitir cargas adecuadamente, convirtiéndose en un peligro para los ocupantes de la edificación

En la mayoría de las de edificaciones peruanas, las losas están compuestas de viguetas de concreto reforzado y materiales como el ladrillo o tecnopor que aligeran el peso. Algunas edificaciones tienen losas macizas de concreto armado

La inspección de las losas es visual, para determinar el nivel de daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.14.

*Tabla 4.14 Identificación de daño en losas y techos, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u>	No se observa ninguna fisura ni deformaciones verticales ni horizontales.
<u>Menor</u>	Se observar fisuras muy finas menores a 1 mm solo en algunas zonas, estas fisuras
<u>Moderado</u>	Se observa pocas fisuras menores a 2mm en la losa, Se observa desprendimiento del recubrimiento en algunas zonas. No se tiene la certeza que el daño sea severo.
<u>Severo</u>	Se observa fisuras mayores a 2 mm aproximadamente, desprendimiento del recubrimiento, deformaciones verticales, exposición del acero de refuerzo, de tratarse de una losa aligerada presenta desprendimiento del ladrillo o tecnopor

### **Daño en vigas**

El daño en las vigas se determina mediante la observación de las grietas, pueden desarrollarse grietas por flexión, por cortante, por torsión, desprendimiento del recubrimiento y tracción, tal como se muestra en la figura 4.35

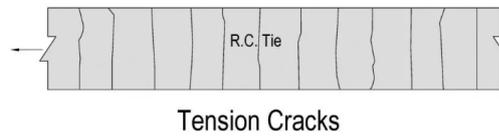
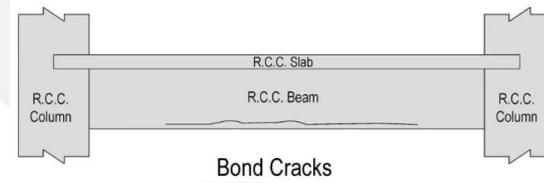
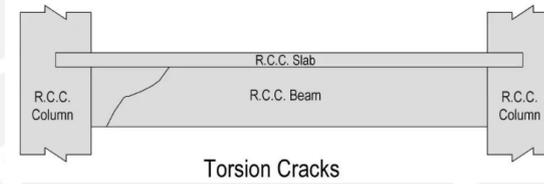
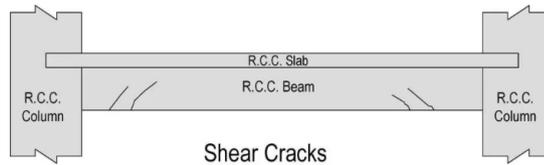
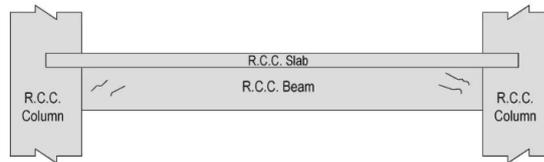
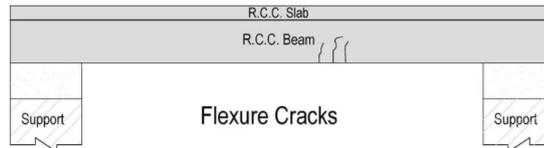
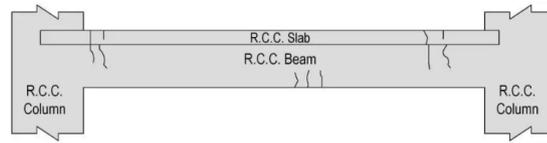


Figura 4.35 - Tipos de falla en la viga [22]

Para determinar el nivel de daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.15:

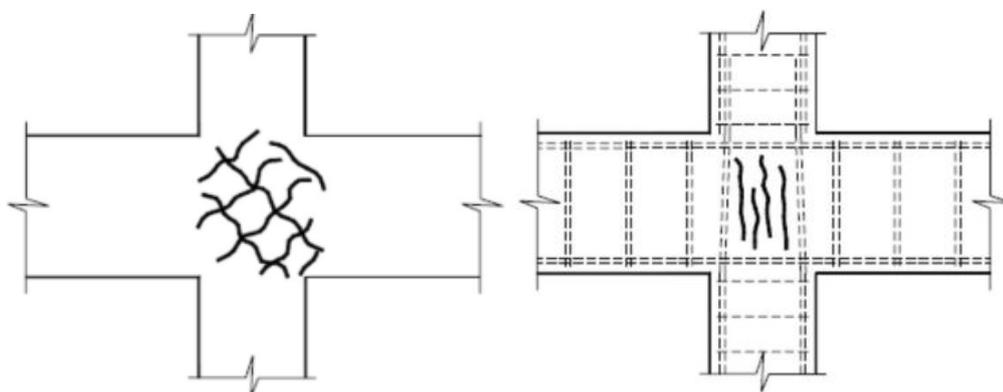
*Tabla 4.15 Identificación de daño en vigas, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u>	No se observa ningún tipo de grieta en las vigas.
<u>Menor</u>	Se observan fisuras muy finas menores a 1 mm y que no son predominantes en la viga, además la cantidad de vigas agrietadas debe ser mínima, además, las pequeñas fisuras presentes no deben ser por corte
<u>Moderado</u>	Se observa pocas fisuras entre 1 a 2 mm aproximadamente en las vigas, o cuando se observa desprendimiento del recubrimiento en algunas zonas. No se tiene la certeza que el daño sea severo
<u>Severo</u>	Se observa fisuras mayores a 2 mm y en gran proporción, desprendimiento del recubrimiento, deformaciones verticales, exposición del acero de refuerzo, pandeo de los refuerzos.

### **Daño en uniones**

La integridad de los nudos es muy importante para asegurar el buen comportamiento sísmico de las edificaciones. Desde una perspectiva de comportamiento inelástico de la edificación el nudo debe ser el último elemento estructural en fallar.

En sismos pasados se ha observado la característica de las grietas que se presenta en el nudo o zona panel como se muestra en la figura 4.36. En la parte superior de la figura 1 se observa el daño producto de corte por falta de refuerzo transversal. En la parte inferior se observa el daño producto de la falta de refuerzo transversal o producto de la baja resistencia del concreto.



*Figura 4.36 - Apariencias típicas de grietas en nudos*

El daño se ha caracterizado en función a la presencia y magnitud de las grietas existentes en los nudos como se describe en la tabla 4.16.

*Tabla 4.16 Identificación de daño en uniones, evaluación detallada*

<u>Ninguno</u>	No se observa ningún tipo de grieta ni deformaciones en los nudos o zona panel
<u>Menor</u>	Se observan fisuras muy finas menores a 1 mm y que no sean predominantes, además la cantidad de nudos agrietados debe ser mínimo.
<u>Moderado</u>	Se observa pocas fisuras entre 1 a 2 mm o cuando se observa desprendimiento del recubrimiento en algunas zonas. No se tiene la certeza que el daño sea severo
<u>Severo</u>	Se observa fisuras mayores a 2 mm aproximadamente y en gran proporción, desprendimiento del recubrimiento, deformaciones verticales, exposición del acero de refuerzo, pandeo de los refuerzos, ver (figura 4.37)



*Figura 4.37 - Apariencia típica de daño severo en nudo*

c) Daños geotécnicos

La evaluación de los daños geotécnicos es cualitativa. De ser necesario, se establecen los lineamientos para la evaluación cuantitativa, con la finalidad del nivel de daño.

Los aspectos que se deben evaluar son el asentamiento y el deslizamiento del talud

Asentamientos

El asentamiento puede darse de tres formas, figura 4.38. En la izquierda se muestra el asentamiento uniforme donde no se aprecia inclinación de la edificación. En el centro y figura 4.39 se muestra el asentamiento diferencial, se caracteriza por observarse inclinación de la edificación. En la derecha se muestra asentamiento diferencial solo de un sector de la edificación, por lo que se produce fractura.

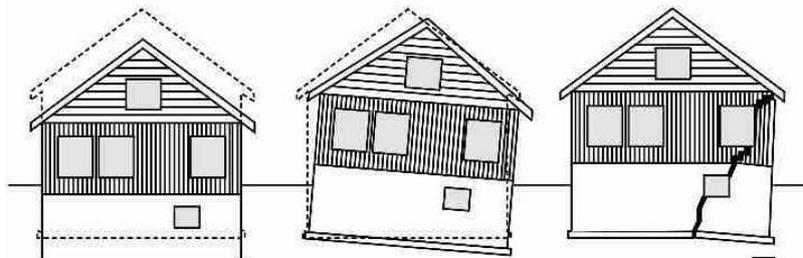


Figura 4.38 - Tipos de asentamiento [48]



Figura 4.39 - Asentamiento diferencial e inclinación de la edificación

Se mide la inclinación y asentamiento de la edificación. Para calificar el nivel de daño se debe seguir las especificaciones de la tabla 4.17.

Tabla 4.17 Identificación de daño en suelos, evaluación detallada [41]

$\vartheta$ (rad)		ASENTAMIENTO S (m)			
		0.05	0.1	0.3	
Inclinación	1/150	Ninguno	Menor	*	*
	1/75	Menor	Moderado	Moderado	*
	1/30	Moderado	Moderado	Severo	Severo
		Severo	Severo	Severo	Severo

#### 4.3.3. Clasificación global de la edificación

La edificación se calificará como Segura cuando el daño de todos los aspectos corresponda a ninguno o menor. Cuando exista daños con calificativo menor se recomendará la intervención en esos aspectos. Excepcionalmente algún daño moderado en poca proporción y que no represente peligro para su habitabilidad, puede ser considerado como segura. Se calificará como Insegura cuando la calificación de los parámetros sea severo. Se calificará como Cuestionable cuando el daño califique como moderado o cuando exista duda en la inspección (figura 4.40)

### 3. Clasificación global.

La edificación se calificará como **Segura** cuando el daño de todos los aspectos corresponda a ninguno o menor. Cuando exista daños con calificativo menor se recomendará la intervención en esos aspectos. Excepcionalmente algún daño moderado en poca proporción y que no represente peligro para su habitabilidad, puede ser considerado como segura. Se calificará como **Insegura** cuando la calificación de los parámetros sea severo. Se calificará como **Cuestionable** cuando el daño califique como moderado o cuando exista duda en la inspección.

**Edificación Segura**       **Edificación Insegura**       **Edificación cuestionable**

Figura 4.40 – Sección 3 de la ficha evaluación rápida

Se debe tener en cuenta que la calificación final de la seguridad debe primar el juicio del evaluador, que de acuerdo a su experiencia califica la seguridad, siguiendo los lineamientos de la metodología.

## CAPÍTULO V

### Aplicación de la metodología en edificaciones de Yurimaguas y Lagunas, tras el sismo del 26 de mayo del 2019

Se ha aplicado la metodología de evaluación post sismo, en las edificaciones de los distritos de Yurimaguas y Lagunas, de la provincia del Alto Amazonas, departamento de Loreto, luego del sismo del 26 de mayo del 2019. Sismo de magnitud Mw 8.0 y que alcanzo intensidades de VI – VII según la escala de Mercalli.

La finalidad de la aplicación fue calibrar o ajustar las herramientas que componen la metodología planteada. Además, analizar el funcionamiento de la misma.

#### 5.1. Características del evento sísmico

El 26 de mayo, a las 2:41 a.m. el Centro Sismológico Nacional del Instituto Geofísico del Perú (IGP), emitió un reporte preliminar de un sismo de 7.5 magnitud momento (Mw), registrado a 70 km de la localidad de Lagunas, Alto Amazonas en la región Loreto, con una intensidad de V - VI en la escala de Mercalli (figura 5.1) y con una profundidad de 141 km.

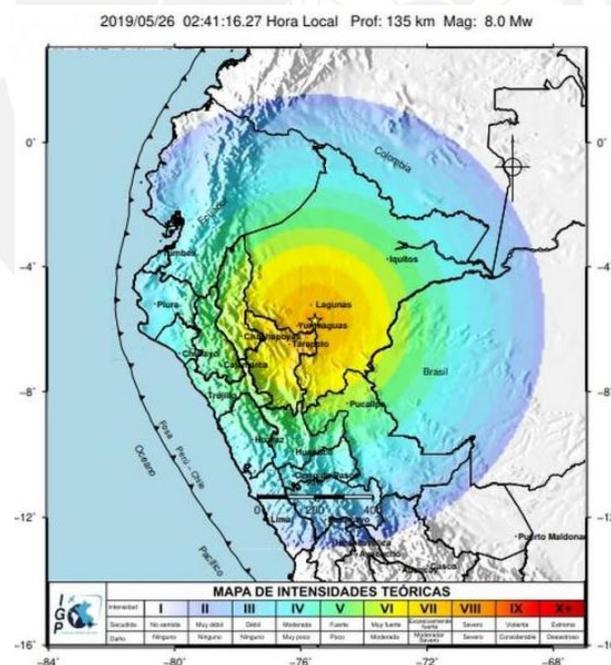


Figura 5.1 – Mapa de intensidades [25]

Mientras que el Servicio Geológico de los Estados Unidos, informaron sobre el evento con los siguientes valores: magnitud 8.0 Mw, registrado a 78 km al Sur este de Lagunas, a una profundidad de 122.6 km, con intensidades de VII - IX en la escala Mercalli en la zona epicentral (figura 5.2).

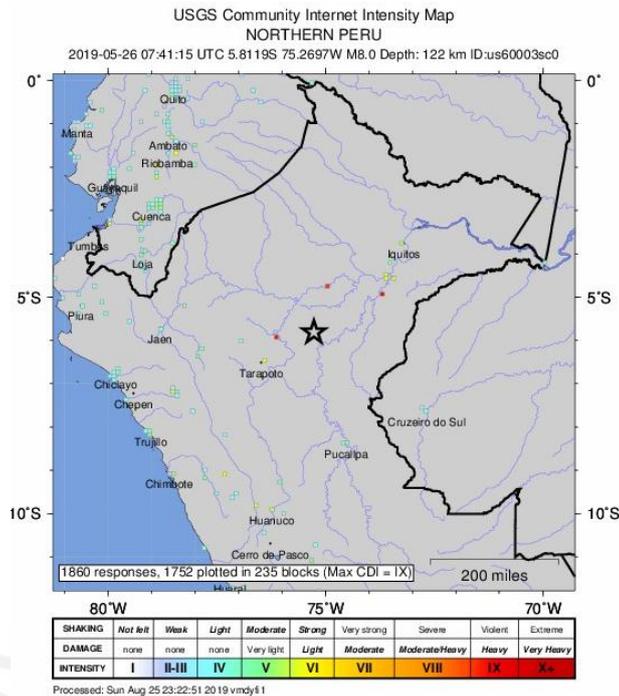


Figura 5.2 – Mapa de intensidades [54]

## 5.2. Descripción de las edificaciones en Yurimaguas y Lagunas

### Edificaciones en Yurimaguas

El distrito de Yurimaguas tiene como provincia a Alto Amazonas (figura 5.3), departamento de Loreto.



Figura 5.3 - Ubicación de la provincia de Alto Amazona

El Censo del 2017 elaborado por el INEI, reporta que, el 47,73% de las edificaciones tienen paredes de material predominante de ladrillo o bloque de cemento, 46.93% de madera, 0.22% de piedra o sillar con cal o cemento, 1.45% de adobe, 0.21% de tapia, 0.19% de quincha, 0.18% piedra con barro, 3.1% de triplay.

En el radio urbano de Yurimaguas (zona de evaluación), la tipología predominante de construcción de las edificaciones es la albañilería, constituido por bloques de arcilla cocida, adobe o tapial (figura 5.4). Las edificaciones de concreto armado están en segundo lugar. Finalmente, las edificaciones de madera. Sin embargo, según se aleja del radio urbano, la cantidad de edificaciones de madera aumentan.

Puesto que el interés de la evaluación con la metodología propuesta son las edificaciones de concreto reforzado y albañilería, se ha evaluado las edificaciones que se encuentran dentro del radio urbano. En un reporte preliminar (evaluación 0) no se ha tenido reporte de edificaciones dañadas de madera, lo que convierte más consistente la evaluación con la metodología propuesta.



*Figura 5.4 - Edificaciones en el radio urbano de Yurimaguas*

### *Edificaciones en Lagunas*

Las edificaciones en el distrito de lagunas tienen características similares a las edificaciones del distrito de Yurimaguas. Se observa que dentro del radio urbano predominan las edificaciones de albañilería y concreto armado (figura 5.5). Fuera del radio urbano la predominancia de las edificaciones de madera aumenta sustancialmente.



Figura 5.5 - Edificaciones en el radio urbano de Lagunas [44]

### 5.3. Aplicación de la Metodología de evaluación

La aplicación de la metodología se realizó durante los días del 27 al 30 de mayo. En los distritos de Yurimaguas y Lagunas, zonas que fueron reportadas de forma preliminar por medios de comunicación, con la mayor cantidad de daño en las edificaciones. El proceso desarrollado se describe a continuación:

#### Evaluación Nivel Inicial (Nivel 0)

Tal como se ha descrito en los capítulos anteriores, previo a la aplicación de la evaluación rápida y detallada, se desarrolla la evaluación inicial, denominada evaluación “nivel 0”. Utilizando reportes de diversas fuentes, como; medios de comunicación, reportes de habitantes, redes sociales, etc., se identifica las áreas donde debe aplicarse la evaluación rápida y detallada.

El 27 de mayo (un día después de ocurrido el movimiento sísmico), se arribó a la ciudad de Yurimaguas. La decisión de dirigirnos a realizar la aplicación de la metodología en esa zona, fue basándose en reportes, de medios televisivos, redes sociales y radios locales. A la llegada a la ciudad, se hizo el reconocimiento de la zona, identificando las áreas donde el movimiento sismo ocasiono daño en las edificaciones.

El 28 de mayo, luego de una reunión con el jefe de INDECI de la provincia del Alto Amazonas, se dispuso inspeccionar edificaciones identificadas o necesarias para su dictamen inmediato de la seguridad.

En la secretaria de la oficina de INDECI, se ha registrado reporte vía telefónica y presencial, información por parte de los ocupantes, cuyas edificaciones estaban posiblemente dañadas. El listado de las edificaciones reportadas con posibles daños, desde el día 26 de mayo hasta el 29 de mayo.

Del total de edificaciones dañadas en la ciudad de Yurimaguas, se hizo la elección de 30 edificaciones para evaluar con la metodología, se ha esquematizado en el plano catastral de la ciudad para su mejor identificación (figura 5.6).

De las 30 edificaciones, 12 son de uso comercial, 5 instituciones educativas, 2 hoteles, 1 tanque de agua de institución educativa, 2 viviendas, 3 edificaciones son de uso vivienda combinada con otros usos, 3 restaurantes, 2 recreacionales, 1 banco, 1 centro de salud. El detalle de las edificaciones evaluadas se describe en la tabla 5.1



Figura 5.6 - Zonificación del área de aplicación, edificaciones aplicadas evaluación rápida y detallada (fuente: adaptado del plano catastral de Municipalidad Distrital de Yurimaguas)

Tabla 5.1 – Características de las edificaciones evaluadas en Yurimaguas

Edificación N°	Tipo de evaluación	Nombre referencial	Uso	Dirección	Tipología	Sistema estructural
1	Rápida	Heladería	Comercio	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Albañilería	Simple
2	Rápida	Amazon - agencia de viaje	Comercio	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Albañilería	Simple
3	Rápida		Comercio	Calle Bolívar- intersección con calle Adolfo Morey	Albañilería	Simple
4	Rápida	Agencia de viaje- amazonia	Comercio	Calle tnt Cesar López	Albañilería	Simple
5	Rápida	Hotel los ángeles	Hotel	Calle tnt Cesar López	Mixta	Dual - albañilería confinada
6	Rápida		Comercio	Calle tnt Cesar López- intersección con Mariscal	Albañilería	Simple
7	Rápida	Estudio contable	Comercio	Calle Progreso - intersección con Mariscal Castilla	Albañilería	Simple
8	Rápida	Poseidón	Hotel	Calle Progreso - intersección con Tnt Cesar López	Mixto	Pórticos - Albañilería confinada
9	Detallada	Tecnológico - Bloque 1	IE	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Mixto	Pórticos - Albañilería confinada
10	Detallada	Tecnológico - Bloque 2	IE	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Mixto	Pórticos - Albañilería confinada
11	Detallada	Tecnológico - Bloque 3	Tanque elevado	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Concreto Armado	Pórticos
12	Rápida	Restaurante - Letelier	Restaurante	Calle Huallaga - intersección con Bolívar	Concreto Armado	Pórticos
13	Rápida		Vivienda	Calle Huallaga - intersección con Bolívar	Mixto	Pórticos - Albañilería confinada
14	Rápida	Copias Susy	Comercio	Calle Progreso	Albañilería	Simple
15	Rápida	Antojitos	Restaurante - vivienda	Calle Huallaga - intersección con Manco Cápac	Albañilería	Albañilería confinada
16	Detallada	Palacio Gourmet	Restaurante	Calle Huallaga - intersección con Mariscal Castilla	Concreto Armado	Pórticos
17	Rápida		Vivienda	Calle las Begonias cerca a plaza las flores	Albañilería	Simple
18	Rápida	Bata	Comercio	Calle Sargento Lores	Albañilería	Albañilería confinada
19	Rápida	Movistar	Comunicación	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Mixta	Pórticos - Albañilería confinada
20	Rápida	San José/Frente al IPD	Comercio - vivienda	Av. Atanasio Jáuregui	Albañilería	Albañilería confinada
21	Detallada	San José/Frente al IPD	Comercio - vivienda	Av. Atanasio Jáuregui	Albañilería	Albañilería confinada
22	Rápida		Comercio	Calle Sargento Lores - Intersección con Arica	Albañilería	Simple
23	Rápida	BCP	Banco	Calle Progreso - Intersección Huallaga	Concreto Armado	Muros estructurales
24	Rápida		Comercio	Calle Arica	Albañilería	Simple
25	Detallada	CLASS AGUAMIRO	Centro de Salud		Mixta	Pórticos - Albañilería confinada
26	Detallada	IPD	Recreacional	Av. Calle Monseñor Atanasio Jáuregui	Concreto Armado	Pórticos
27	Rápida	IPD	Recreacional	Av. Calle Monseñor Atanasio Jáuregui	Mixta	Pórticos - Albañilería confinada
28	Rápida	Colegio Industrial 029 - Bloque 3	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Pórticos - Albañilería confinada
29	Detallada	Colegio Industrial 029 - Bloque 1	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Pórticos - Albañilería confinada
30	Detallada	Colegio Industrial 029 - Bloque 2	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Pórticos - Albañilería confinada

El día 30 de mayo, acompañando a la comisión de la unidad de gestión educativa local de Alto Amazonas, liderada por el director de la UGEL alto amazonas, se coordinó aplicar la metodología propuesta, en las instituciones educativas de la localidad de Tamarate y el distrito de Lagunas. Los directores de cada institución educativa del distrito de Lagunas informaron sobre las ocurrencias de posibles daños (figura 5.7)



Figura 5.7 – Reunión entre el Ing. Max Porras, tesista de la PUCP; Personal técnico de INDECI; Director de la UGEL del Alto Amazonas y su personal técnico; Directores de las instituciones educativas de Lagunas

Del total de edificaciones dañadas en el Distrito de lagunas se ha elegido, algunas instituciones educativas y edificaciones, tal como se muestra en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 – Características de las edificaciones evaluadas en Lagunas

Ítem	Tipo de evaluación	Nombre referencial	Uso	Dirección	Tipología	Sistema estructural
31	Rápida	Puesto de Salud Tamarate	Centro de Salud	CP Tamarate	Concreto Armado	Pórticos
32	Rápida	Albergue	Albergue	CP Tamarate	Madera	
33	Rápida	Tienda	Comercio	CP Tamarate	Madera	
34	Detallada	IE Tamarate - bloque 1	IE	CP Tamarate	Concreto Armado	Pórticos
35	Detallada	IE Tamarate - bloque 2	IE	CP Tamarate	Concreto Armado	Pórticos
36	Rápida	IE 62017	IE	Frente de la Plaza de Armas	Mixta	Pórticos - Albañilería
37	Rápida		Vivienda	Frente de la Plaza de Armas - esquina	Albañilería	
38	Detallada	Colegio Misional Goretti - Bloque 1	Tanque elevado	Frente de la Plaza de Armas	Concreto Armado	Pórticos - Albañilería
39	Detallada	Colegio Misional Goretti - Bloque 2	IE	Av. Amazonas s/n	Mixta	Pórticos - Albañilería
40	Detallada	Colegio Misional Goretti - Bloque 3	IE	Av. Amazonas s/n	Mixta	Pórticos - Albañilería

### Evaluación Rápida y Detallada

La evaluación en el distrito de Yurimaguas se realizó los días 28 y 29 de mayo. La inspección se realizó en forma conjunta con, inspector técnico, de INDECI del Alto Amazonas (figura 5.8), quien tuvo la disposición de para acompañar durante los días de evaluación. La inspección se realizó utilizando las herramientas de la metodología planteada en la investigación, que consiste en la aplicación de fichas de evaluación rápida y detallada. En el Anexo 7 se muestra algunas de las fichas de inspección, con la cual se determinó la seguridad de las edificaciones.



*Figura 5.8 – Inspección de edificación junto con el personal de INDECI*



*Figura 5.9 – Evaluación de la seguridad en edificaciones de Yurimaguas*

De la evaluación de las 30 edificaciones en la ciudad de Yurimaguas se dictaminó la seguridad post sismo. 17 edificaciones son seguras para su uso inmediato, algunas de ellas necesitan intervención en daños menores, que no afecta a la seguridad de la edificación. 12 edificaciones son inseguras. 1 edificación fue cuestionable, sin embargo, con la evaluación detallada se determinó que es una edificación segura, pero que requiere intervención de daños. El detalle se muestra en la tabla 5.3

Tabla 5.3 – Evaluación de seguridad de edificaciones en Yurimaguas

Edificación N°	Tipo de evaluación	Uso	Dirección	Tipología	Dictamen
1	Rápida	Comercio	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Albañilería	Insegura
2	Rápida	Comercio	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Albañilería	Segura
3	Rápida	Comercio	Calle Bolívar- intersección con calle Adolfo Morey	Albañilería	Insegura
4	Rápida	Comercio	Calle tnt Cesar López	Albañilería	Segura
5	Rápida	Hotel	Calle tnt Cesar López	Mixta	Segura
6	Rápida	Comercio	Calle tnt Cesar López- intersección con Mariscal	Albañilería	Insegura
7	Rápida	Comercio	Calle Progreso - intersección con Mariscal Castilla	Albañilería	Insegura
8	Rápida	Hotel	Calle Progreso - intersección con Tnt Cesar López	Mixto	Segura
9	Detallada	IE	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Mixto	Insegura
10	Detallada	IE	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Mixto	Insegura
11	Detallada	Tanque elevado	Km 3.5 carretera Yurimaguas - Tarapoto	Concreto Armado	Insegura
12	Rápida	Restaurante	Calle Huallaga - intersección con Bolívar	Concreto Armado	Segura
13	Rápida	Vivienda	Calle Huallaga - intersección con Bolívar	Mixto	Segura
14	Rápida	Comercio	Calle Progreso	Albañilería	Segura
15	Rápida	Restaurante - vivienda	Calle Huallaga - intersección con Manco Cápac	Albañilería	Insegura

Continuación de la Tabla 5.3

Edificación N°	Tipo de evaluación	Uso	Dirección	Tipología	Dictamen
16	Detallada	Restaurante	Calle Huallaga - intersección con Mariscal Castilla	Concreto Armado	Segura
17	Rápida	Vivienda	Calle las Begonias cerca a plaza las flores	Albañilería	Segura
18	Rápida	Comercio	Calle Sargento Lores	Albañilería	Segura
19	Rápida	Comunicación	Calle Bolívar- intersección con tnt Cesar López	Mixta	Segura
20	Rápida	Comercio - vivienda	Av. Atanasio Jáuregui	Albañilería	Cuestionable
21	Detallada	Comercio - vivienda	Av. Atanasio Jáuregui	Albañilería	Segura
22	Rápida	Comercio	Calle Sargento Lores - Intersección con Arica	Albañilería	Insegura
23	Rápida	Banco	Calle Progreso - Intersección Huallaga	Concreto Armado	Segura
24	Rápida	Comercio	Calle Arica	Albañilería	Insegura
25	Detallada	Centro de Salud		Mixta	Segura
26	Detallada	Recreacional	Av. Calle Monseñor Atanasio Jáuregui	Concreto Armado	Segura
27	Rápida	Recreacional	Av. Calle Monseñor Atanasio Jáuregui	Mixta	Segura
28	Rápida	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Insegura
29	Detallada	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Segura
30	Detallada	IE	Av. Alfonso Ugarte	Mixta	Insegura

La evaluación en el distrito de Lagunas se realizó el día 30 de mayo. La inspección se realizó en forma conjunta con el inspector técnico de INDECI del Alto Amazonas y acompañados del personal técnico de la UGEL del Alto Amazonas. La inspección se realizó utilizando las herramientas de la metodología planteada en la investigación (fichas de evaluación rápida y detallada).

De la evaluación de las 10 edificaciones en el distrito de Lagunas, se dictaminó la seguridad post sismo, teniendo como resultado: 5 edificaciones son seguras para su uso inmediato, algunas de ellas necesitan intervención en daños menores que no afecta a la seguridad de la edificación; 5 edificaciones son inseguras. El detalle la evaluación se muestra en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 – Evaluación de seguridad de edificaciones en Lagunas

Ítem	Tipo de evaluación	Uso	Dirección	Tipología	Dictamen
31	Rápida	Centro de Salud	CP Tamarate	Concreto Armado	Segura
32	Rápida	Albergue	CP Tamarate	Madera	Insegura
33	Rápida	Comercio	CP Tamarate	Madera	Segura
34	Detallada	IE	CP Tamarate	Concreto Armado	Segura
35	Detallada	IE	CP Tamarate	Concreto Armado	Insegura
36	Rápida	IE	Frente de la Plaza de Armas	Mixta	Segura
37	Rápida	Vivienda	Frente de la Plaza de Armas - esquina	Albañilería	Insegura
38	Detallada	Tanque elevado	Frente de la Plaza de Armas	Concreto Armado	Insegura
39	Detallada	IE	Av. Amazonas s/n	Mixta	Segura
40	Detallada	IE	Av. Amazonas s/n	Mixta	Insegura

La finalidad de la aplicación fue la calibración de las herramientas de la metodología y verificar el adecuado funcionamiento. Los resultados del dictamen de la seguridad de la edificación, son producto de la elección aleatoria de estas. Además, la elección se realizó sobre edificaciones reportadas con posibles daños. En una evaluación por zona, no necesariamente predominan las edificaciones inhabitables.

Respecto al tiempo de evaluación, se calculó en cada nivel de evaluación (figura 5.10). En la evaluación rápida el tiempo promedio de evaluación es 19 minutos, presentado un máximo de 30 minutos y un mínimo de 10 minutos. Para la evaluación detallada se tiene un tiempo promedio de evaluación de 56 minutos, con un máximo de 71 minutos y un mínimo de 46 minutos.

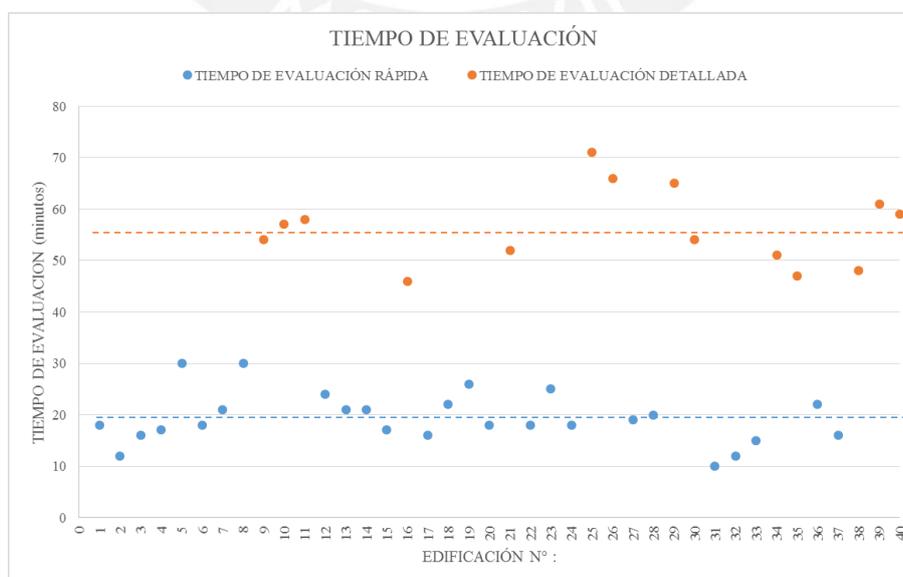


Figura 5.10 – Tiempo de evaluación

## CAPÍTULO VI

### Conclusiones y Recomendaciones

---

#### CONCLUSIONES

Se ha propuesto una metodología para la evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones de concreto reforzado y albañilería en el Perú. La metodología presenta dos niveles de aplicación, rápida y detallada.

La evaluación rápida está diseñada para ser aplicada luego de que ocurra un sismo que cause daños considerables. La finalidad es determinar en el menor tiempo posible la seguridad de las edificaciones. Del resultado de la evaluación puede indicarse si la edificación es “segura”, “insegura” o “existen dudas” en su evaluación.

En las edificaciones donde el calificativo es cuestionable, es decir, existen dudas en la evaluación, debe aplicarse la evaluación detallada para determinar la seguridad de la edificación. De formar similar que en la evaluación rápida, se puede dictaminar si la edificación es “segura”, “insegura” o “existen dudas” en la evaluación. Se recomienda emplear directamente la evaluación detallada en las edificaciones del tipo A y B (esenciales e importantes) según establece el reglamento nacional de edificaciones.

En cada nivel de evaluación post sismo de la seguridad de la edificación, se usa una ficha. En ella, se considera aspectos para dictaminar el daño. A mayor daño presente la edificación, mayor será la probabilidad de que sea insegura. Se considera la inspección de daños generales, daños estructurales, daños geotécnicos y daños no estructurales. La evaluación del daño en la evaluación rápida, es conciso, pudiendo calificar cada aspecto de daño como “sí”, “no” o “existen dudas”. Mientras que en la evaluación detallada el análisis es mayor, pudiendo calificar cada aspecto de daño como “ninguna” “menor” “moderado” “severo”.

Con la finalidad de que, el evaluador o inspector de la seguridad de la edificación pueda entender la correcta aplicación de la metodología, así como el uso de las fichas que la componen, se ha elaborado un manual de evaluación. Se describe las principales consideraciones de la metodología, así como el uso de las fichas de inspección en cada nivel. Con el manual, se tiene una guía para poder identificar los niveles de daño en cada aspecto a inspeccionar. Finalmente se describe la forma de cómo llegar a obtener un dictamen general de seguridad.

El 26 de mayo del 2019 ocurrió un sismo de Mw 8.0, cuyo epicentro fue en Lagunas - Loreto. Se aplicaron las fichas de evaluación, que pertenecen a la metodología propuesta, con la finalidad de calibrar y verificar el adecuado funcionamiento. La aplicación se desarrolló en los distritos de Yurimaguas y Lagunas. En total se evaluaron 40 edificaciones. 30 edificaciones evaluadas en el distrito de Yurimaguas y 10 edificaciones en el distrito de Lagunas. Se precisa que la tendencia del porcentaje de edificaciones seguras e inseguras puede variar en una evaluación por zona, en este

caso, la evaluación tuvo la finalidad de la calibración, por lo cual, se empleó los reportes preliminares de las edificaciones reportadas como aparentemente dañadas.

En las edificaciones de Yurimaguas se observó que (figura 6.1), 17 edificaciones son seguras para su uso inmediato, algunas de ellas necesitan intervención en daños menores, que no afecta a la seguridad de la edificación. Una edificación calificó como cuestionable en la evaluación rápida, sin embargo, se dictaminó como segura en la evaluación detallada, 12 edificaciones son inseguras para su uso inmediato.

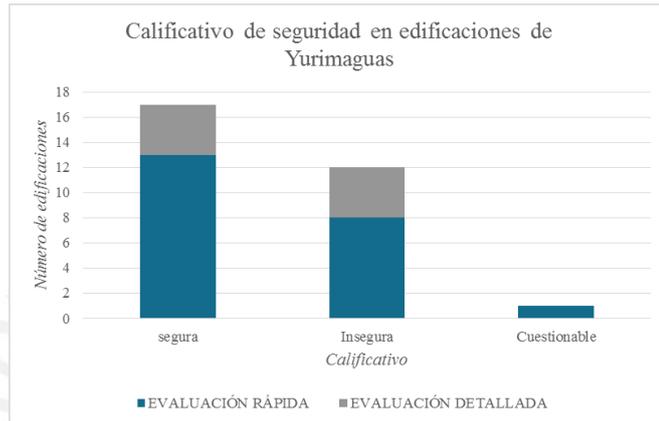


Figura 6.1 – Resumen de evaluación en Yurimaguas

En las edificaciones de Lagunas se observó que (figura 6.1), 17 edificaciones son seguras para su uso inmediato, algunas de ellas necesitan intervención en daños menores, que no afecta a la seguridad de la edificación. Una edificación calificó como cuestionable en la evaluación rápida, sin embargo, se dictaminó como segura en la evaluación detallada, 12 edificaciones son inseguras para su uso inmediato.

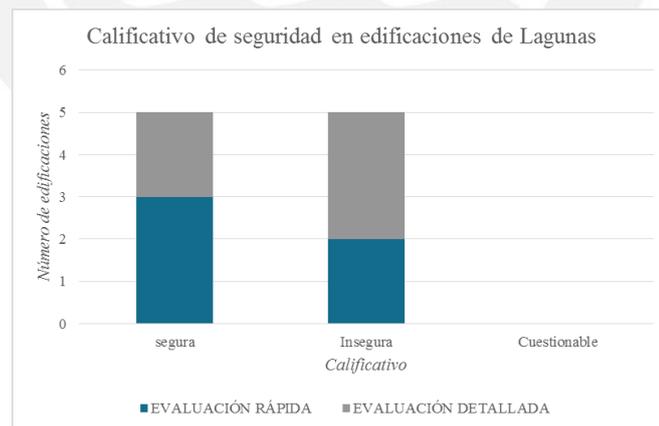


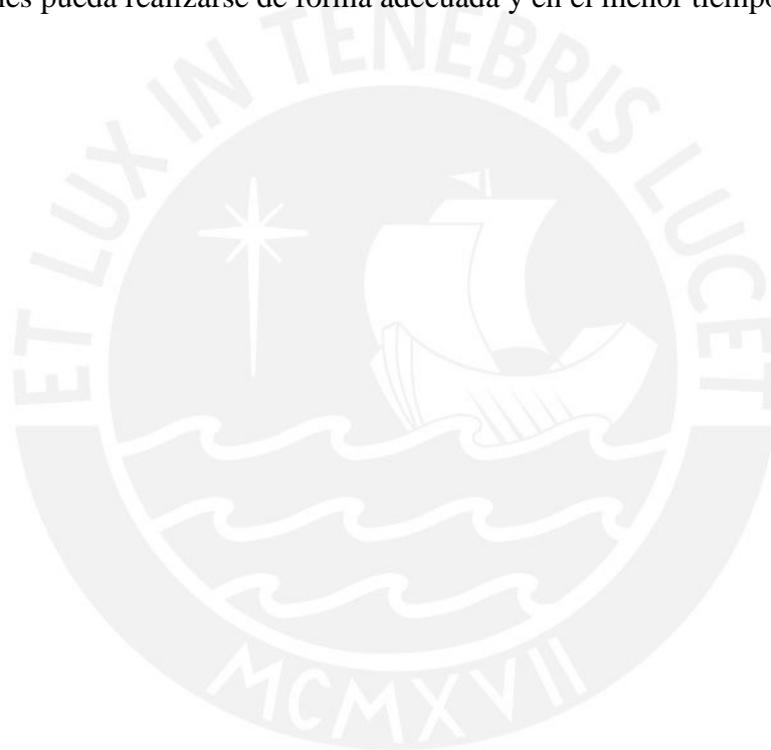
Figura 6.2 – Resumen de evaluación en Lagunas

Respecto al tiempo de evaluación, se calculó en cada nivel de evaluación (figura 5.10). En la evaluación rápida el tiempo promedio de evaluación es 19 minutos, presentado un máximo de 30 minutos y un mínimo de 10 minutos. Para la evaluación detallada se tiene un tiempo promedio de evaluación de 56 minutos, con un máximo de 71 minutos y un mínimo de 46 minutos.

Con la metodología planteada, la cual fue aplicada y calibrada en un caso real, se contribuye al sistema de evaluación post sismo de la seguridad de las edificaciones en Perú, dentro del contexto, de la gestión de riesgos de desastre.

### RECOMENDACIONES

A los órganos del estado, encargados de la gestión de riesgos de desastres, se recomienda incluir la metodología planteada, como parte de un sistema de evaluación post sismo en Perú. Así mismo, formar una red de evaluadores que deben estar capacitados en cursos y talleres, en todos los departamentos del Perú, con la finalidad que, luego de un sismo, la respuesta referente a la evaluación de la seguridad de las edificaciones pueda realizarse de forma adecuada y en el menor tiempo posible.



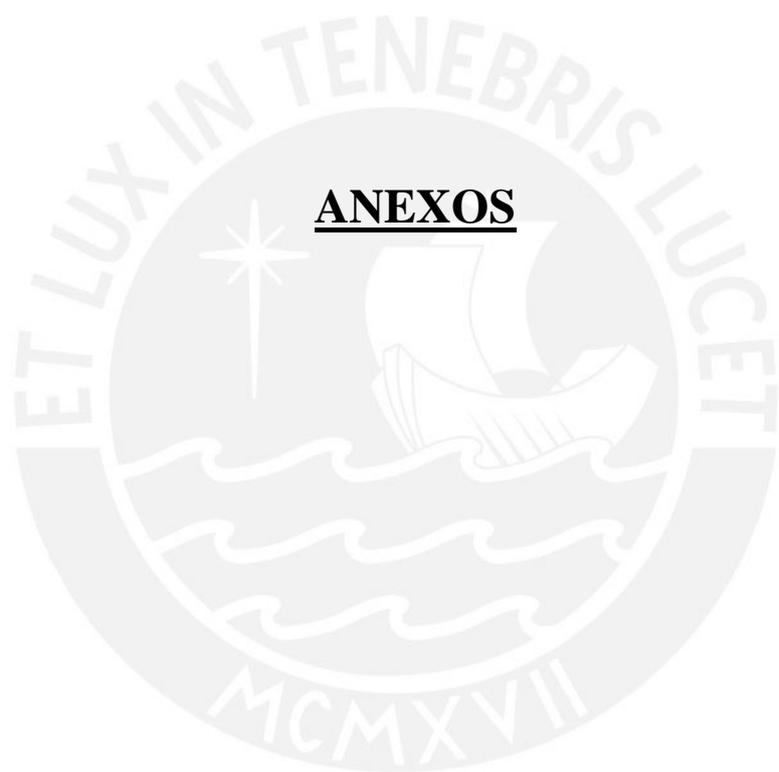
## REFERENCIAS

- [1] Aceros Arequipa. Boletín Construyendo. Pórtico de Concreto Armado con Tabique Aislado. Recuperado y Adaptado de (<http://www.acerosarequipa.com>).
- [2] Applied Technology Council (ATC), (1989a). Procedures for post earthquake safety evaluation of buildings, ATC-20, California – U.S.
- [3] Applied Technology Council (ATC), (1989b). Field manual: post earthquake safety evaluation of buildings, ATC-20-1, California – U.S.
- [4] Aragón C. (2013). Evaluación sistematizada multinivel de la seguridad estructural de las edificaciones (tesis de maestría). Universidad Autónoma de México.
- [5] Araoz, A., & Velezmoro P, J. (2012). Reforzamiento de viviendas existentes construidas con muros confinados hechos con ladrillos pandereta - segunda etapa (tesis). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [6] Building Performance (2016). Practice Advisory 19: Improving earthquake performance of non-structural elements. Recuperado de (<https://www.building.govt.nz>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [7] Arhinova. Galería Revit. Recuperado y Adaptado de (<https://www.cadtobim.com/>).
- [8] Campos, V. (2016). Daños post-sismo en edificaciones residenciales en Bahía de Caráquez, Ecuador. Recuperado de (<http://edificacionesdecalidad.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [9] Carreño, M. L. (2006). Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya Escola Tècnica Superior D'enginyers de Camins, Canals i Ports.
- [10] Centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED)). (2013). Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios. Recuperado de <http://www.cenapred.unam.mx/>. México.
- [11] Centro nacional de prevención de desastres (CENAPRED)). (2014). Metodología para la evaluación de la seguridad estructural de edificios. Reunión Nacional de Geólogos 2014. Recuperado de <http://www.cenapred.unam.mx/>. México.
- [12] Chema Perú. Sistema constructivo de Albañilería Confinada. Recuperado y Adaptado de (<https://www.facebook.com/ChemaPeru>).
- [13] CivilDigital. Typical RC Framed Building Components. Recuperado y Adaptado de (<https://civildigital.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [14] Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Mallorca. Evaluación de Daños en Sant Llorenç. Recuperado y Adaptado de (<https://www.coaatmca.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].

- [15] Compact. Customer protection with QR codes. Recuperado de (<https://www.bitzer-compact.de/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [16] Cuevas, O. y Gilmore, A. (2008). “Evaluación basada en desplazamientos de edificaciones de mampostería confinada”. Revista de ingeniería sísmica No. 79 25-48.
- [17] Dorbath, L., Cisternas, A. y Dorbath, C. (1990). Assesment of the size of large and great historical earthquakes in Peru. Seism. Aoc. Am.
- [18] EFE (2017). Familias en México temen que torres dañadas por sismo colapsen sobre edificio. Recuperado de (<https://www.efe.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [19] El universal. (2011, 8 abril). Réplica más fuerte desde terremoto de Japón mata a dos personas [Comunicado de prensa]. Recuperado de [www.eluniversal.com](http://www.eluniversal.com).
- [20] Diario Correo. Recuperado de (<https://diariocorreo.pe/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [21] Free Press (2019). Over 100 kids trapped in Nigeria school collapse. Recuperado de (<https://www.freepressjournal.in/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [22] Gharpedia. Types & Summary of Cracks in Reinforced Concrete Beams. Recuperado de (<https://gharpedia.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [23] Ingeniería sísmica y la construcción civil (2010). Tipos de falla en los muros de concreto de edificios chilenos en el sismo del 27 de febrero de 2010. Recuperado de (<http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [24] Instituto Geofísico del Perú (IGP), (2017), IGP
- [25] Instituto Geofísico del Perú (IGP), (2019), IGP reportó sismo de M 8.0 en Loreto. Recuperado de: <https://portal.igp.gob.pe/igp-reporto-sismo-m-80-loreto>
- [26] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), (2019). Lima – Perú. <https://www.indeci.gob.pe/>
- [27] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), (2019). Informe de emergencia N° 576. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe>.
- [28] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), (2007). Ficha de Evaluación de Estructuras. *Solicitado en forma física a la institución.*
- [29] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), (2018). Manual de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN Perú). Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe>.
- [30] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), (2018). Lineamientos para la respuesta. Recuperado de <https://www.indeci.gob.pe>
- [31] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), (2017). Censos nacionales 2017. Recuperado de <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>.

- [32] Kostack Studio (2019). Acting Loads Simulation on 11-Story Building Collapsed in 2014, Moulivakkam, Chennai, India. Recuperado de <https://www.youtube.com/>.
- [33] La Hora (2016). Terremoto en Ecuador: daños en el centro de Portoviejo. Recuperado de (<https://lahora.com.ec/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [34] Leguia, G. (2018). Evaluación de la Resistencia al Corte y Flexión de Muros de Albañilería Confinada Artesanal con Carga Dinámica Cíclica. Universidad Nacional San Cristóbal de huamanga.
- [35] Ley N° 29664. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 19 de febrero de 2011.
- [36] Maeda, M., & Kang, D. E. (2009). Post-Earthquake Damage Evaluation of Reinforced Concrete Buildings. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 7(3), 327–335. <https://doi.org/10.3151/jact.7.327>.
- [37] Meli et al, (2011). Seismic design guide for low-rise confined masonry buildings. Earthquake Engineering Research Institute and International Association for Earthquake Engineering, Oakland.
- [38] Ministerio de Educación. Eje de Infraestructura. Recuperado de <http://www.minedu.gob.pe/>. [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [39] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Proceso de Gestión Reactiva, Seminario “Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres Gestión Reactiva del Riesgo. Recuperado de (<http://ww3.vivienda.gob.pe/>).
- [40] Morales, N., Soto, & Zavala, C. (2008). Terremotos en el litoral central del Perú. *Simposio de Emergencias y Desastres*, Lima – Perú.
- [41] Nakano, Y., & Maeda, M., & Kuramoto, H., & Murakami, M. (2004). Guideline for post-earthquake damage evaluation and rehabilitation of RC buildings in Japan.
- [42] New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE). (2009). Building Safety Evaluation During a State of Emergency Guidelines for Territorial Authorities. Recuperado de <https://canterbury.royalcommission.govt.nz/>.
- [43] Pari, S., & Manchego, J. (2017). Análisis Experimental de Muros de Albañilería Confinada en Viviendas de Baja Altura en Lima, Perú (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [44] Perú Noticias. Yurimaguas, Loreto: se registró sismo de 8 grados según informe del IGP. Recuperado de (<http://perunoticias.net/>).
- [45] Pichincha Universal (2018). Terremoto en Taiwán podría ser antesala de uno más fuerte. Recuperado de (<http://www.pichinchauniversal.com.ec/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [46] Reglamento Nacional de edificaciones. Norma E.030, Diseño Sismorresistente (2018). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima – Perú.

- [47] Saito, T, & Thakur, S (2012). Post-Earthquake Quick Risk Inspection System For Buildings.
- [48] Structural Issues for Home Inspectors, course. What Are The Three Types Of Settlement. Recuperado de (<https://forum.nachi.org/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [49] Tavera, H, & Cuya, A (2019). Estimación del riesgo por exposición a partir de mapas de isosistas en Perú (Actualización CENSO 2017). Instituto geofísico del Perú, Lima – Perú.
- [50] Terrones, T, & Montoya, H, (2003). Evaluación post-sísmica de la seguridad estructural de edificios en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- [51] The Constructor Civil Engineering Home. Types of Structural Members. Recuperado y Adaptado de (<https://civilsnapshot.com/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [52] The Constructor Civil Engineering Home. Types of Buildings Structural Systems. Recuperado y Adaptado de (<https://theconstructor.org/>).
- [53] United States Geological Survey (USGS), (1996). This dynamic earth: the story of plate tectonics.
- [54] United States Geological Survey (USGS), (2019). Latest Earthquakes. Recuperado de: [https://earthquake.usgs.gov/archive/product/dyfi/us60003sc0/us/1566775383183/us60003sc0\\_ciim\\_geo.jpg](https://earthquake.usgs.gov/archive/product/dyfi/us60003sc0/us/1566775383183/us60003sc0_ciim_geo.jpg)
- [55] Wikipedia. Partially collapsed building, Vargas 1999. Recuperado de (<https://fr.wikipedia.org>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [56] Wikipedia. Terremoto de Chile en 2010. Recuperado de (<https://fr.wikipedia.org>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].
- [57] World Institute for disaster risk management (2001). El terremoto del 23 de junio del 2001 en el Sur del Perú. Recuperado de (<http://www.drmonline.net/>). [Último acceso: 2019 Noviembre 17].



**ANEXOS**

**Anexo 1. Categoría de las edificaciones según Norma E.030**

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Anexo 2 - Cartel para edificación Segura

# INSPECCIONADA

## LA OCUPACIÓN PERMITIDA

Esta edificación ha sido inspeccionada (como se indica a continuación) y no se ha encontrado ningún peligro aparente.

Inspeccionado Solo exterior

Inspeccionado Exterior e interior

Reporte cualquier condición insegura a las autoridades locales; Una inspección detallada puede ser requerida.

Comentarios del inspector:

---

---

---

Nombre y Dirección de la edificación:

---

---

---

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

(Precaución: Después de la inspección puede aumentar los daños y el riesgo.)

Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:

Entidad

Nombre del Inspector / Código

---

---

---

No remover, alterar, o cubrir este cartel a menos que sea autorizado por la entidad responsable

Anexo 3 - Cartel para edificación Cuestionable

# USO RESTRINGIDO

<p>Precaución: esta edificación ha sido inspeccionada y se ha encontrado daños como se describe a continuación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Fecha: _____</p> <p>Hora: _____</p> <p>(Precaución: Réplicas después de la inspección pueden incrementar el daño y el riesgo.)</p>
<p>Entrada, ocupación y uso legal son restringidos indicados a continuación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Entidad</p>
<p>Nombre y Dirección de la edificación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Nombre del Inspector / Código</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

**No Remover, Alterar, o Cubrir este Cartel a menos que sea autorizado por la Entidad Responsable**

Anexo 4 - Cartel para edificación Insegura

# **I N S E G U R O**

**No entrar ni ocupar  
(Este cartel no es una orden de demolición)**

<p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encuentra que ha sido dañada y no es seguro su habitabilidad como se describe a continuación.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>Fecha: _____ Hora: _____</p>
<p>_____</p>	<p>Esta edificación fue inspeccionada bajo condiciones de emergencia para:</p>
<p>No ingrese, excepto con autorización por escrito por la entidad responsable</p>	<p>_____</p>
<p>La entrada puede ocasionar muerte o la lesión.</p>	<p style="text-align: center;">Entidad</p>
<p>Nombre y Dirección de la Edificación:</p>	<p>Nombre del Inspector / Código</p>
<p>_____</p>	<p>_____</p>
<p>_____</p>	<p>_____</p>

**No Remover, Alterar, o Cubrir este Cartel a menos que sea autorizado por la Entidad Responsable**

## Anexo 5. Ficha de evaluación rápida

### Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida



#### 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección _____	Zonificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distrito _____	Provincia _____	Departamento _____			
Nombre de la edificación _____	Bloque _____				
Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanine) _____					
<b>Tipología de construcción y sistema estructural:</b>					
Concreto armado :	Pórtico <input type="checkbox"/>	Muros estructurales <input type="checkbox"/>	Muros de ductilidad limitada <input type="checkbox"/>	Otro _____	
Albañilería :	Simple <input type="checkbox"/>	Confinada <input type="checkbox"/>	Armada <input type="checkbox"/>	Otro _____	
<b>Uso:</b>					
Vivienda <input type="checkbox"/>	Oficina <input type="checkbox"/>	Hotel <input type="checkbox"/>	Restaurante <input type="checkbox"/>	Depósito o instalación no peligroso <input type="checkbox"/>	Otros _____

#### 2. Daño observado.

Daños generales:	Si	No	Existen Dudas	No corresponde
Colapso total o parcial de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inclinación de la edificación o 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>				
Columnas o placas o MDL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muros estructurales de albañilería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas y losas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Daños geotécnicos:</b>				
Grietas, asentamientos y movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Daños no estructurales:</b>				
Elementos no estructurales en peligro de caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otros peligros (daño en instalaciones, derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

#### 3. Clasificación global.

La edificación se califica como **Segura** cuando no hay daño en ninguno de los aspectos inspeccionados, excepcionalmente puede existir daños menores no relevantes, donde se debe recomendar la intervención en zonas específicas. Se califica como **Cuestionable** cuando exista duda en la inspección. Se califica como **Insegura** cuando exista daño que represente peligro para la habitabilidad.

**Edificación Segura**       **Edificación Cuestionable**       **Edificación insegura**

#### 4. Recomendaciones.

Necesita poner cintas de seguridad en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Necesita Intervención de menores daños en: \_\_\_\_\_

Requiere evaluación detallada:      Sí       No

Otras: \_\_\_\_\_

#### 5. Inspector y ocupante.

Nombre del inspector: \_\_\_\_\_ Código de inspector: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre del ocupante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

## Anexo 6. Ficha de evaluación detallada

### Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Detallada



#### 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección \_\_\_\_\_ Zonificación

Distrito \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_ Departamento \_\_\_\_\_

Nombre de la edificación \_\_\_\_\_ Bloque \_\_\_\_\_

Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezzanine) \_\_\_\_\_

**Tipología de construcción y sistema estructural:**

Concreto armado : Pórtico  , Muros estructurales  , Muros de ductilidad limitada  , Otro \_\_\_\_\_

Albañilería : Simple  , Confinada  , Armada  , Otro \_\_\_\_\_

**Uso:**

<i>Edificación evaluada anteriormente con metodología rápida:</i>	<i>Edificación Evaluada directamente con metodología detallada:</i>
Vivienda <input type="checkbox"/>	Establecimiento de salud <input type="checkbox"/> Institución educativa <input type="checkbox"/>
Oficina <input type="checkbox"/>	Terminal terrestre <input type="checkbox"/> Museo <input type="checkbox"/>
Hotel <input type="checkbox"/>	Biblioteca <input type="checkbox"/> Cárcel <input type="checkbox"/>
Restaurante <input type="checkbox"/>	Centro comercial <input type="checkbox"/> Teatro <input type="checkbox"/>
Depósito e instalaciones <input type="checkbox"/>	Cine <input type="checkbox"/> Estadio <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/> _____	Instalación importante <input type="checkbox"/> Almacén importante <input type="checkbox"/>
	Otro <input type="checkbox"/> _____

#### 2. Daño observado.

<b>Daños generales:</b>	Ninguno/Menor	Moderado	Severo	
Colapso total o parcial de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inclinación de la edificación o 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>	Ninguno	Menor	Moderado	Severo
Columnas, placas de concreto armado y MDL*	<input type="checkbox"/> R=100%	<input type="checkbox"/> R≥95%	<input type="checkbox"/> 80%≤R<95%	<input type="checkbox"/> R<80%
Muros estructurales de Albañilería**	<input type="checkbox"/> R=100%	<input type="checkbox"/> R≥95%	<input type="checkbox"/> 80%≤R<95%	<input type="checkbox"/> R<80%
Losas o techos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uniones (viga—columna, viga—placa, muro—losa o viga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños geotécnicos:</b>	Ninguno	Menor	Moderado	Severo
Asentamientos***	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños no estructurales:</b>	Ninguno/Menor	Moderado	Severo	
Parapetos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Muros no estructurales y tabiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Revestimientos y vidrios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Cielo raso y luminaria	<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"/>	

#### 3. Clasificación global.

La edificación se calificará como **Segura** cuando el daño de todos los aspectos corresponda a ninguno o menor. Cuando exista daños con calificativo menor se recomendará la intervención en esos aspectos. Excepcionalmente algún daño moderado en poca proporción y que no represente peligro para su habitabilidad, puede ser considerado como segura. Se calificará como **Insegura** cuando la calificación de los parámetros sea severo. Se calificará como **Cuestionable** cuando el daño califique como moderado o cuando exista duda en la inspección.

**Edificación Segura**  **Edificación Insegura**  **Edificación cuestionable**

## Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Detallada

**\* Daño en columnas y placas de concreto armado.**

Tipo de elemento	columna frágil S	columna dúctil M	Muros W	Muros CW	Muros CWC
Nivel de daño	■	■	▬	▬	▬
0					
1					
2					
3					
4					
5					
Sumatoria (original)					

Indice de capacidad residual

$$A_0 = S_0 + M_0 + W_0 + 2CW_0 + 6CWC_0$$

$$A_1 = 0.95S_1 + 0.95M_1 + 0.95W_1 + 1.9CW_1 + 5.7CWC_1$$

$$A_2 = 0.6S_2 + 0.75M_2 + 0.6W_2 + 1.2CW_2 + 3.6CWC_2$$

$$A_3 = 0.3S_3 + 0.5M_3 + 0.3W_3 + 0.6CW_3 + 1.8CWC_3$$

$$A_4 = 0.1M_4$$

$$A_5 = 0$$

A <sub>0</sub>	
A <sub>1</sub>	
A <sub>2</sub>	
A <sub>3</sub>	
A <sub>4</sub>	
A <sub>5</sub>	
Σ	
A <sub>org</sub>	

$$R = \frac{\sum_{j=0}^5 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

$$A_{org} = S_{sum} + M_{sum} + W_{sum} + 2CW_{sum} + 6CWC_{sum}$$

R=

**\*\* Daño muros de albañilería.**

Tipo	Muro Mq	Muro Mr	Muro Ms	Muro Mt
Nivel de daño	1 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m	> 6 m
0				
1				
2				
3				
4				
Sumatoria (original)				

Indice de capacidad residual

$$A_0 = Mq_0 + 2(Mr_0) + 3(Ms_0) + 4(Mt_0)$$

$$A_1 = 0.9Mq_1 + 1.8(Mr_1) + 2.7(Ms_1) + 3.6(Mt_1)$$

$$A_2 = 0.5Mq_2 + 1(Mr_2) + 1.5(Ms_2) + 2(Mt_2)$$

$$A_3 = 0.1Mq_3 + 0.2(Mr_3) + 0.3(Ms_3) + 0.4(Mt_3)$$

$$A_4 = 0$$

A0	
A1	
A2	
A3	
A4	
Σ	
A <sub>org</sub>	

$$R = \frac{\sum_{j=0}^4 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

$$A_{org} = Mq_{sum} + 2(Mr_{sum}) + 3(Ms_{sum}) + 4(Mt_{sum})$$

R=

**\*\*\* Daño por asentamiento.**

Asentamiento = \_\_\_\_\_ m  
Inclinación = \_\_\_\_\_ rad

θ (rad)	ASENTAMIENTO S (m)				
	0.05	0.1	0.3		
Inclinación	1/150	Ninguno	Menor	*	*
	1/75	Menor	Moderado	Moderado	*
	1/30	Moderado	Moderado	Severo	Severo
		Severo	Severo	Severo	Severo

**4. Recomendaciones.**

Necesita poner cintas de seguridad en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Necesita Intervención de menores daños en: \_\_\_\_\_

Requiere evaluación de ingeniería:  Sí  No

Otras: \_\_\_\_\_

**5. Inspectores y ocupante.**

Nombre del inspector: \_\_\_\_\_ Código de inspector: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre del inspector: \_\_\_\_\_ Código de inspector: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre del ocupante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

**Ficha de Inspección Postsísmica  
Evaluación Detallada**

**6. CROQUIS.**

A large grid for drawing a sketch, consisting of 20 columns and 30 rows of small squares.

## Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida

### 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección Intersección Calle Bolívar - Adolfo Marey Zonificación 01 01 01 02  
 Distrito Lorimoguas Provincia Alto Amazonas Departamento Loreto  
 Nombre de la edificación \_\_\_\_\_ Bloque Doico  
 Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanine) 2

#### Tipología de construcción y sistema estructural:

Concreto armado : Pórtico  , Muros estructurales  , Muros de ductilidad limitada  , Otro \_\_\_\_\_  
 Albañilería : Simple  , Confinada  , Armada  , Otro Tepal - ladrillo

#### Uso:

Vivienda  , Oficina  , Hotel  , Restaurante  , Depósito o instalación no peligroso  , Otros Comercio

### 2. Daño observado.

Daños generales:	Si	No	Existen Dudas	No corresponde
Colapso total o parcial de la edificación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inclinación de la edificación o un entrepiso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificación fuera de su cimentación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños estructurales:</b>				
Columnas o placas o MDL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muros estructurales de albañilería	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas y losas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños geotécnicos:</b>				
Grietas, asentamientos y movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños no estructurales:</b>				
Elementos no estructurales en peligro de caer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros peligros (daño en instalaciones, derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3. Clasificación global.

La edificación se califica como **Segura** cuando no hay daño en ninguno de los aspectos inspeccionados, excepcionalmente puede existir daños menores no relevantes, donde se debe recomendar la intervención en zonas específicas. Se califica como **Cuestionable** cuando exista duda en la inspección. Se califica como **Insegura** cuando exista daño que represente peligro para la habitabilidad.

Edificación Segura  Edificación Cuestionable  Edificación insegura

### 4. Recomendaciones.

Necesita poner cintas de seguridad en las siguientes áreas: todos los arcesos

Necesita Intervención de menores daños en: \_\_\_\_\_

Requiere evaluación detallada: Sí  No

Otras: \_\_\_\_\_

### 5. Inspector y ocupante.

Nombre del inspector: Max Porras Cristóbal Código de inspector: 01 Firma: [Firma]

Nombre del ocupante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

# Ficha de Inspección Postsísmica

## Evaluación Rápida

### 6. Panel fotográfico



*Evaluación del frente de la edificación*



*Daño en muros de adobe y albañilería*



*Inclinación del muro, grietas muy profundas*

# Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida



## 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección \_\_\_\_\_ Zonificación

Distrito Noromaguas Provincia Alto Amazonas Departamento Loreto

Nombre de la edificación Restaurante - Antojitos Bloque \_\_\_\_\_

Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezanine) \_\_\_\_\_

**Tipología de construcción y sistema estructural:**

Concreto armado : Pórtico  , Muros estructurales  , Muros de ductilidad limitada  , Otro \_\_\_\_\_

Albañilería : Simple  , Confinada  , Armada  , Otro \_\_\_\_\_

Uso:

Vivienda  , Oficina  , Hotel  , Restaurante  , Depósito o instalación no peligroso  , Otros \_\_\_\_\_

## 2. Daño observado.

Daños generales:	Si	No	Existen Dudas	No corresponde
Colapso total o parcial de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Inclinación de la edificación o un entrepiso	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Edificación fuera de su cimentación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Daños estructurales:</b>				
Columnas o placas o MDL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Muros estructurales de albañilería	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas y losas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Daños geotécnicos:</b>				
Grietas, asentamientos y movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Daños no estructurales:</b>				
Elementos no estructurales en peligro de caer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otros peligros (daño en instalaciones, derrames tóxicos, líneas rotas, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## 3. Clasificación global.

La edificación se califica como Segura cuando no hay daño en ninguno de los aspectos inspeccionados, excepcionalmente puede existir daños menores no relevantes, donde se debe recomendar la intervención en zonas específicas. Se califica como Cuestionable cuando exista duda en la inspección. Se califica como Insegura cuando exista daño que represente peligro para la habitabilidad.

Edificación Segura  Edificación Cuestionable  Edificación insegura

## 4. Recomendaciones.

Necesita poner cintas de seguridad en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Necesita Intervención de menores daños en: \_\_\_\_\_

Requiere evaluación detallada: Sí  No

Otras: Una vez reparado los posibles peligros a punto de caer → cambia calificación

## 5. Inspector y ocupante.

Nombre del inspector: Max Porras Cristobal Código de inspector: 01 Firma: [Firma]

Nombre del ocupante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

# Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Rápida

## 6. Panel fotográfico



*Edificación antes del sismo (fuente: googlemaps)*



*Daño en muros del tercer nivel, zona de escalera*

# Ficha de Inspección Postsísmica

## Evaluación Detallada



### 1. Ubicación y descripción de la edificación.

Dirección Km 3.5 Carretera Surimaguas-T Zonificación 

01	01	01	04
----	----	----	----

Distrito Surimaguas Provincia Alto Amazonas Departamento Loreto

Nombre de la edificación Tecnológico Surimaguas Bloque 1

Número de pisos sobre el terreno (incluyendo azotea y mezzanine) 2

**Tipología de construcción y sistema estructural:**

Concreto armado : Pórtico  , Muros estructurales  , Muros de ductilidad limitada  , Otro \_\_\_\_\_

Albañilería : Simple  , Confinada  , Armada  , Otro \_\_\_\_\_

**Uso:**

<b>Edificación evaluada anteriormente con metodología rápida:</b>	<b>Edificación Evaluada directamente con metodología detallada:</b>
Vivienda <input type="checkbox"/>	Establecimiento de salud <input type="checkbox"/>
Oficina <input type="checkbox"/>	Institución educativa <input checked="" type="checkbox"/>
Hotel <input type="checkbox"/>	Terminal terrestre <input type="checkbox"/>
Restaurante <input type="checkbox"/>	Museo <input type="checkbox"/>
Depósito e instalaciones <input type="checkbox"/>	Biblioteca <input type="checkbox"/>
Otro <input type="checkbox"/> _____	Cárcel <input type="checkbox"/>
	Centro comercial <input type="checkbox"/>
	Teatro <input type="checkbox"/>
	Cine <input type="checkbox"/>
	Estadio <input type="checkbox"/>
	Instalación importante <input type="checkbox"/>
	Almacén importante <input type="checkbox"/>
	Otro <input type="checkbox"/> _____

### 2. Daño observado.

<b>Daños generales:</b>	Ninguno/Menor	Moderado	Severo
Colapso total o parcial de la edificación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inclinación de la edificación o un entrepiso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificación fuera de su cimentación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños estructurales:</b>	Ninguno	Menor	Moderado
Columnas, placas de concreto armado y MBL*	<input type="checkbox"/> <small>R=100%</small>	<input type="checkbox"/> <small>R≥95%</small>	<input type="checkbox"/> <small>80%≤R&lt;95%</small>
Muros estructurales de Albañilería**	<input type="checkbox"/> <small>R=100%</small>	<input checked="" type="checkbox"/> <small>R≥95%</small>	<input type="checkbox"/> <small>80%≤R&lt;95%</small>
Losas o techos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Uniones (viga-columna, viga-placa, muro-losa o viga)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños geotécnicos:</b>	Ninguno	Menor	Moderado
Asentamientos***	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento de talud	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Daños no estructurales:</b>	Ninguno/Menor	Moderado	Severo
Parapetos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muros no estructurales y tabiques	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revestimientos y vidrios	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cielo raso y luminaria	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Instalaciones eléctricas, agua, desagüe, gas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 3. Clasificación global.

La edificación se calificará como Segura cuando el daño de todos los aspectos corresponda a ninguno o menor. Cuando exista daños con calificativo menor se recomendará la intervención en esos aspectos. Excepcionalmente algún daño moderado en poca proporción y que no represente peligro para su habitabilidad, puede ser considerado como segura. Se calificará como Insegura cuando la calificación de los parámetros sea severo. Se calificará como Cuestionable cuando el daño califique como moderado o cuando exista duda en la inspección.

Edificación Segura       Edificación Insegura       Edificación cuestionable

# Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Detallada

**\* Daño en columnas y placas de concreto armado.**

Tipo de elemento	columna frágil S	columna dúctil M	Muros W	Muros CW	Muros CWC
Nivel de daño	☐	☐	▬	▬	▬
0	8				
1					
2	2				
3	2				
4	2				
5					
Sumatoria (original)	16				

Índice de capacidad residual

$$A_0 = S_0 + M_0 + W_0 + 2CW_0 + 6CWC_0$$

$$A_1 = 0.95S_1 + 0.95M_1 + 0.95W_1 + 1.9CW_1 + 5.7CWC_1$$

$$A_2 = 0.6S_2 + 0.75M_2 + 0.6W_2 + 1.2CW_2 + 3.6CWC_2$$

$$A_3 = 0.3S_3 + 0.5M_3 + 0.3W_3 + 0.6CW_3 + 1.8CWC_3$$

$$A_4 = 0.1M_4$$

$$A_5 = 0$$

A <sub>0</sub>	8
A <sub>1</sub>	
A <sub>2</sub>	2.4
A <sub>3</sub>	0.6
A <sub>4</sub>	
A <sub>5</sub>	
Σ	

$$R = \frac{\sum_{j=0}^5 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

$$A_{org} = S_{org} + M_{org} + W_{org} + 2CW_{org} + 6CWC_{org}$$

A <sub>org</sub>	11
------------------	----

R = 68.7%

**\*\* Daño muros de albañilería.**

Tipo	Muro Mq	Muro Mr	Muro Ms	Muro Mt
Nivel de daño	1 - 2 m	2 - 4 m	4 - 6 m	> 6 m
0			3	
1			2	
2				
3				
4				
Sumatoria (original)			5	

Índice de capacidad residual

$$A_0 = Mq_0 + 2(Mr_0) + 3(Ms_0) + 4(Mt_0)$$

$$A_1 = 0.9Mq_1 + 1.8(Mr_1) + 2.7(Ms_1) + 3.6(Mt_1)$$

$$A_2 = 0.5Mq_2 + 1(Mr_2) + 1.5(Ms_2) + 2(Mt_2)$$

$$A_3 = 0.1Mq_3 + 0.2(Mr_3) + 0.3(Ms_3) + 0.4(Mt_3)$$

$$A_4 = 0$$

A <sub>0</sub>	9
A <sub>1</sub>	5.4
A <sub>2</sub>	
A <sub>3</sub>	
A <sub>4</sub>	
Σ	14.4

$$R = \frac{\sum_{j=0}^4 A_j}{A_{org}} \times 100 \quad (\%)$$

$$A_{org} = Mq_{org} + 2(Mr_{org}) + 3(Ms_{org}) + 4(Mt_{org})$$

A <sub>org</sub>	15
------------------	----

R = 96%

**\*\*\* Daño por asentamiento.**

Asentamiento = \_\_\_\_\_ m  
Inclinación = \_\_\_\_\_ rad

		ASENTAMIENTO S (m)			
		0.05	0.1	0.3	
Inclinación	1/150	Ninguno	Menor	*	*
	1/75	Menor	Moderado	Moderado	*
	1/30	Moderado	Moderado	Severo	Severo
		Severo	Severo	Severo	Severo

**4. Recomendaciones.**

Necesita poner cintas de seguridad en las siguientes áreas: Perimetro de edificación

Necesita Intervención de menores daños en: \_\_\_\_\_

Requiere evaluación de ingeniería:  Sí  No

Otras: Para determinar reforzamiento o demolición

**5. Inspectores y ocupante.**

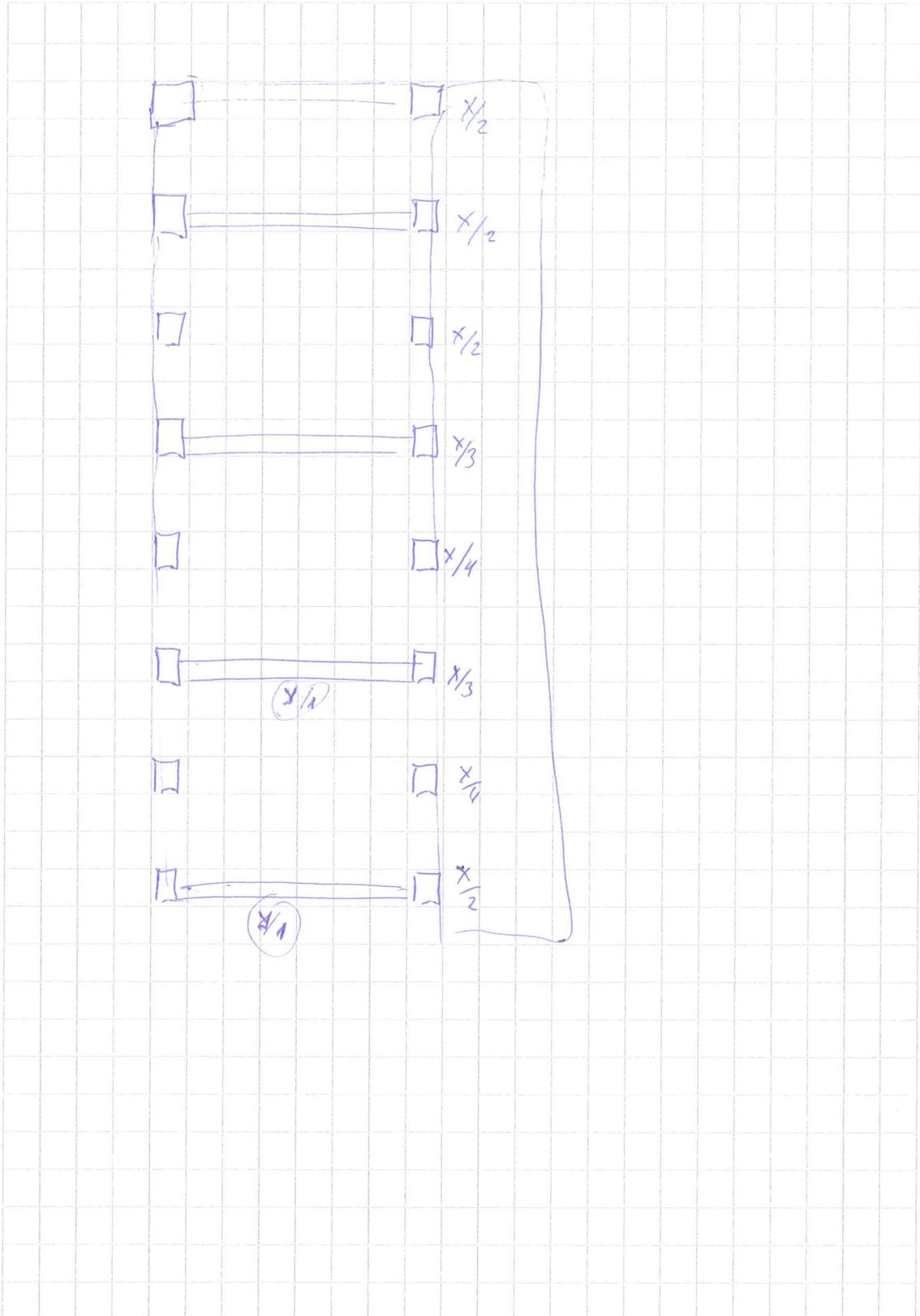
Nombre del inspector: Max Porras Cristobal Código de inspector: 01 Firma: [Firma]

Nombre del inspector: \_\_\_\_\_ Código de inspector: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Nombre del ocupante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

# Ficha de Inspección Postsísmica Evaluación Detallada

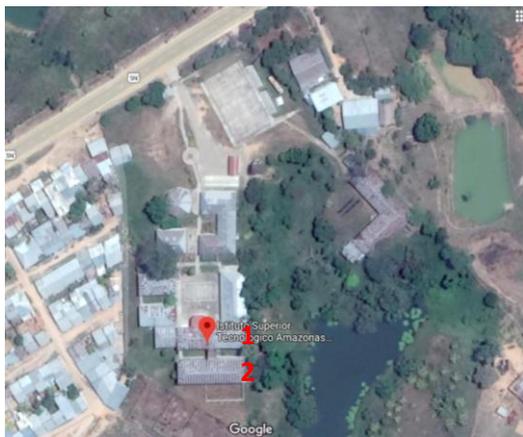
## 6. CROQUIS.



# Ficha de Inspección Postsísmica

## Evaluación Detallada

### 7. Panel fotográfico



*Bloques evaluados (fuente: google maps)*



*vista posterior del bloque 1 (aulas)*



*Evaluación del interior del bloque 1*



*Daño tipo IV en columnas de concreto reforzado*



*fisuras tipo corte, en vigas*



*medición de ancho de fisura en vigas*