

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**ANÁLISIS DE CASOS Y DISEÑO DE GUÍA PRE Y POST EVENTOS  
SÍSMICOS**

**Análisis de casos**

**Cristian Aurelio Aguirre López**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, 1 de Septiembre de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Título Trabajo de Titulación**

**Cristian Aurelio Aguirre López**

Calificación:		
Nombre del profesor, Título académico		Juan Carlos Pantoja , M.Sc.
<b>Firma del profesor</b>		

Quito, 1 de Septiembre de 2017



## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Cristian Aurelio Aguirre López

Código: 00104697

Cédula de Identidad: 1718860321

Lugar y fecha: Quito, Septiembre de 2017

## **RESUMEN**

Este trabajo de titulación pretende reducir el riesgo sísmico que existe en el Ecuador mediante el análisis de distintos casos de estudio de eventos sísmicos históricos presentados en Northridge en Estados Unidos; Maule en Chile; Tohoku en Japón y Pedernales en Ecuador. En este documento se comparan en detalle los ejes estructural, económico y social presentados en cada evento sísmico, así como las patologías estructurales de los mismos, con el fin de entender las razones de los efectos presentados en cada caso. Posteriormente, se presenta el diseño de dos Guías de Identificación de Patologías (H-01) para el análisis de casos Pre y Post-eventos sísmicos. Estas guías tienen la finalidad de realizar una evaluación rápida de las estructuras existentes, de tal manera que se pueda verificar si existen deficiencias en el sistema constructivo, en la resistencia a carga lateral o en conexiones y, así, determinar patologías estructurales con problemas de piso blando, columnas cortas o losa plana que puedan afectar las edificaciones tras eventos sísmicos. El objetivo del uso de estas guías es el de reducir posibles daños estructurales en caso de un evento sísmico.

**Palabras Clave:** Sismo, estructuras, evaluación sísmica, patologías, prevención de daños, Ecuador.

## **ABSTRACT**

The present document aims to reduce the seismic risk that exists in Ecuador by analyzing different case studies of historical seismic events presented at Northridge in the United States; Maule in Chile; Tohoku in Japan and Pedernales in Ecuador. This document presents a detailed comparison of the structural, economic and social scopes of each seismic event, as well as their structural pathologies in order to understand the reasons of the effects presented in each case. Subsequently, the document describes the design of two Pathology Identification Guides (H-01) created for the analysis of Pre and Post-seismic event cases. The purpose of these guides is to carry out a rapid evaluation of the existing structures, so that it can be verified if there are deficiencies in the construction system, the lateral load resistance or in connections and, thus, to determine structural pathologies with problems of soft floor, short columns or flat slab that can affect the buildings after seismic events. The objective of the use of these guides is to reduce possible structural damage in case of a seismic event.

**Keywords:** Earthquake, Structures, Seismic Evaluation, Pathologies, Damage Prevention, Ecuador

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>11</b>
1. Introducción.....	11
1.1 Descripción de términos generales.....	11
1.2 Definiciones generales.....	15
1.3 Terremotos históricos.....	20
1.3.1 Efectos directos de terremotos.....	21
1.3.2 Efectos secundarios .....	22
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>23</b>
2. Casos de estudio.....	23
2.1 Terremoto de Northridge (1994) .....	24
2.1.1 Eje estructural.....	25
2.1.1.1 Aspectos sismológicos.....	25
2.1.1.2 Aspectos geotécnicos.....	28
2.1.1.3 Desempeño de las estructuras post-evento sísmico.....	29
2.1.1.4 Comportamiento de edificios.....	29
2.1.1.5 Impacto en estructuras esenciales.....	34
2.1.1.6 Impacto en estructuras especiales .....	36
2.1.1.7 Comportamiento de puentes .....	36
2.1.2 Eje económico.....	38
2.1.3 Eje social.....	43
2.2 Terremoto de Concepción Chile (2010) .....	45
2.2.1 Eje estructural.....	46
2.2.1.1 Aspectos sismológicos.....	46
2.2.1.2 Aspectos geotécnicos.....	51
2.2.1.3 Desempeño de las estructuras post-evento sísmico.....	52
2.2.1.4 Comportamiento de edificios.....	52
2.2.1.5 Impacto en estructuras esenciales.....	54
2.2.1.6 Impacto en estructuras especiales .....	55
2.2.2 Eje económico.....	56
2.2.3 Eje social.....	61
2.3 Terremoto de Tohoku (2011) .....	64
2.3.1 Eje estructural.....	65
2.3.1.1 Aspectos sismológicos.....	65
2.3.1.2 Aspectos geotécnicos.....	68
2.3.1.3 Desempeño de las estructuras post-evento sísmico.....	72
2.3.1.4 Comportamiento de edificios.....	73
2.3.1.5 Impacto en estructuras esenciales.....	74
2.3.2 Eje económico.....	77
2.3.3 Eje social.....	81
2.4 Terremoto de Muisne-Pedernales (2016) .....	84
2.4.1 Eje estructural.....	85
2.4.1.1 Aspectos sismológicos.....	85
2.4.1.2 Aspectos geotécnicos.....	94
2.4.1.3 Desempeño de las estructuras post-evento sísmico.....	94

2.4.1.4 Comportamiento de edificios.....	95
2.4.1.5 Impacto en estructuras esenciales.....	103
2.4.2 Eje económico.....	105
2.4.3 Eje social.....	107
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>108</b>
<b>3. COMPARACIÓN DE CASOS .....</b>	<b>108</b>
3.1 Recapitulación de datos generales de casos de estudio.....	108
3.2 Metodologías de evaluación empleadas en los casos de estudio.....	109
3.3 Discusión.....	124
3.3.1 Piso blando caso Estados Unidos.....	124
3.3.2 Columna corta caso Estados Unidos.....	125
3.3.3 Losa plana caso Estados Unidos.....	125
3.4 Finalización de casos de estudio.....	126
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>131</b>
<b>4. Diseño de guía Post y Pre evento sísmico.....</b>	<b>131</b>
4.1 Justificación.....	131
4.2 Aplicación del TIER1 en proyectos reales .....	132
4.3 Aplicación del FEMA P-154 en proyectos reales.....	141
4.4 GUÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS (H-01) POST EVENTO SISMICO.....	147
4.4.1 Limites de las guías post evento sísmico H-01 .....	147
4.4.2 Manual de guías H-01 (post evento sísmico).....	150
4.5 GUÍAS DE EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES (H-01).....	159
4.5.1 Sistema de ponderación.....	159
4.5.2 Limites de las guías de evaluación de edificaciones existentes.....	165
4.5.3 Manual guías H-01 (Pre evento sísmico).....	171
4.6 Resultado de los ejemplos propuestos.....	211
4.7 Conclusiones y recomendaciones.....	214
4.8 Futuras acciones.....	217
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>218</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Lista de placas tectónicas más importantes y de mayor tamaño en el mundo.....	15
<b>Tabla 2.</b> Escala Mercalli modificada.....	18
<b>Tabla 3.</b> Terremotos más importantes ocurridos en el mundo clasificados por magnitud.....	20
<b>Tabla 4.</b> Terremotos más importantes según el número de muertes.....	21
<b>Tabla 5.</b> Tsunamis más fuertes registrados.....	22
<b>Tabla 6.</b> Información general sobre el terremoto de Northridge.....	24
<b>Tabla 7.</b> Aceleraciones registradas en el terremoto de Northridge y distancia al epicentro...	26
<b>Tabla 8.</b> Daños económicos del terremoto de Northridge, descripción de costos directos.....	40
<b>Tabla 9.</b> Estimación de pérdidas indirectas en billones de dólares.....	40
<b>Tabla 10.</b> Distribución de FEMA para diferentes sectores.....	42
<b>Tabla 11.</b> Presupuesto para agencias gubernamentales.....	43
<b>Tabla 12.</b> Información general sobre el terremoto de Maule.....	45
<b>Tabla 13.</b> Registro de aceleraciones, velocidades, desplazamientos Chile.....	48
<b>Tabla 14.</b> Daño en edificaciones por terremoto de Maule, Chile.....	53
<b>Tabla 15.</b> Resumen de daños por el terremoto y tsunami de Chile 2010.....	61
<b>Tabla 16.</b> Información general sobre el terremoto de Tohoku.....	64
<b>Tabla 17.</b> Registro de PGAs en las estaciones Japón 2011.....	67
<b>Tabla 18.</b> Resumen de daños generados por el tsunami de Tohoku.....	82
<b>Tabla 19.</b> Información general sobre el terremoto de Northridge.....	85
<b>Tabla 20.</b> RENAC PGA.....	87
<b>Tabla 21.</b> Daños económicos en Ecuador, descripción de costos directos.....	106
<b>Tabla 22.</b> Estimación de pérdidas indirectas en billones de dólares.....	106
<b>Tabla 23.</b> Datos de casos de estudio.....	108
<b>Tabla 24.</b> Ficha técnica TIER1.....	134
<b>Tabla 25.</b> Parámetros del modelo TIER3.....	135
<b>Tabla 26.</b> Lista de irregularidades verticales según NEC P-154.....	160
<b>Tabla 27.</b> Lista de irregularidades verticales FEMA P-154.....	161
<b>Tabla 28.</b> Lista completa de irregularidades verticales H-01.....	135
<b>Tabla 29.</b> Lista de irregularidades en planta según NEC P-154.....	163
<b>Tabla 30.</b> Lista de irregularidades en planta FEMA P-154.....	164
<b>Tabla 31.</b> Lista completa de irregularidades en planta H-01.....	165

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Descripción gráfica de epicentro e hipocentro.....	13
<b>Figura 2.</b> Tipos de ondas internas.....	14
<b>Figura 3.</b> Tipos de ondas superficiales.....	14
<b>Figura 4.</b> Falla Northridge.....	25
<b>Figura 5.</b> Registro de aceleración Hospital Country Sylmar.....	27
<b>Figura 6.</b> Registro de aceleración Cesar Hill.....	27
<b>Figura 7.</b> Espectro, área epicentral de Northridge.....	28
<b>Figura 8.</b> Falla en columnas del primer piso en San Fernando Valley.....	30
<b>Figura 9.</b> Falla por piso blando en San Fernando Valley.....	30
<b>Figura 10.</b> Falla en cabeza de columnas en San Fernando Valley.....	31

<b>Figura 11.</b> Colapso sobre parqueaderos en San Fernando Valley.....	31
<b>Figura 12.</b> Sherman Oak.....	32
<b>Figura 13.</b> Hollywood Boulevard.....	33
<b>Figura 14.</b> Edificio en Santa Mónica.....	33
<b>Figura 15.</b> Hospital de Santa Mónica.....	34
<b>Figura 16.</b> Estadio Atlantic.....	35
<b>Figura 17.</b> Parqueadero CSUN.....	35
<b>Figura 18.</b> San Francisco Valley.....	37
<b>Figura 19.</b> Antelope Valley.....	37
<b>Figura 20.</b> Simi Valley Freeway.....	38
<b>Figura 21.</b> Comparación de PIB mundial.....	39
<b>Figura 22.</b> Estaciones de monitoreo en Chile.....	46
<b>Figura 23.</b> Registro de magnitudes por fallas en las costas de Chile.....	47
<b>Figura 24.</b> Registros del 27 de febrero de 2010 del Terremoto Maule.....	49
<b>Figura 25.</b> Espectro de respuesta en Concepción y Viña del Mar.....	50
<b>Figura 26.</b> Efecto desprendimiento lateral y licuefacción.....	51
<b>Figura 27.</b> Edificio Alto Río, 15 pisos y altura de 38m.....	54
<b>Figura 28.</b> Hospital de Talca.....	54
<b>Figura 29.</b> Hospital de Parral.....	55
<b>Figura 30.</b> Puente sobre el río Maule.....	56
<b>Figura 31.</b> Destrucción de las viviendas tras el tsunami en Maule.....	57
<b>Figura 32.</b> Vista de Maule tras el tsunami.....	58
<b>Figura 33.</b> PIB de Chile correspondiente al año 2010.....	58
<b>Figura 34.</b> PIB de Chile desde el año 1960 al 2015.....	59
<b>Figura 35.</b> Distribución de estaciones.....	65
<b>Figura 36.</b> Distribución de PGAs Japón 2011(Componente Horizontal).....	66
<b>Figura 37.</b> Gráfica de aceleraciones estación MYG 004: N-S,EW,UD, respectivamente.....	67
<b>Figura 38.</b> Comparación de pseudo velocidades de Tohoku vs Kobe.....	68
<b>Figura 39.</b> Licuefacciones, Tokyo Bay (izquierda). Disneyland (derecha).....	69
<b>Figura 40.</b> (a) Zonas de afectación del tsunami, (b) recurrencia de tsunamis.....	69
<b>Figura 41.</b> Antes del tsunami en Arada, Sendai-Japón.....	70
<b>Figura 42.</b> Después del tsunami en Arada, Sendai- Japón.....	70
<b>Figura 43.</b> Aceleraciones Fukushima.....	71
<b>Figura 44.</b> Daños a reactores Fukushima.....	72
<b>Figura 45.</b> Volcamiento de una edificación en Onagawa.....	73
<b>Figura 46.</b> Estructura de madera desplazada por tsunami.....	74
<b>Figura 47.</b> Hospital de Minamisanriku.....	74
<b>Figura 48.</b> Medida de prevención contra tsunamis, Dique.....	75
<b>Figura 49.</b> Rompeolas en Japón.....	75
<b>Figura 50.</b> Estructuras de protección y defensas costeras.....	76
<b>Figura 51.</b> PIB de Japón desde el año 2008 al 2013.....	78
<b>Figura 52.</b> Cambio en el crecimiento económico de las prefecturas de Japón cercanas al Epicentro.....	79
<b>Figura 53.</b> El crecimiento económico de Tohoku con respecto a Japón.....	79
<b>Figura 54.</b> Estimación de daños directos.....	80
<b>Figura 55.</b> Instituto Geofísico – IG-EPN, mapa de Sismos y réplicas de Muisne correspondiente al año 2016.....	86
<b>Figura 56.</b> Aceleraciones presentadas en diferentes puntos de la costa del Ecuador.....	88
<b>Figura 57.</b> Historia de aceleraciones, velocidades y desplazamientos del componente EW	

para Pedernales.....	89
<b>Figura 58.</b> Aceleraciones en Guayaquil.....	90
<b>Figura 59.</b> Aceleraciones en Quito.....	91
<b>Figura 60.</b> Aceleraciones en Manta.....	92
<b>Figura 61.</b> Aceleraciones en Pedernales.....	93
<b>Figura 62.</b> Edificación en Manta colapsada por piso blando.....	96
<b>Figura 63.</b> Edificio en Portoviejo colapsada por piso blando.....	96
<b>Figura 64.</b> Edificio de Manta, con rótulas plásticas en la cabeza de columnas del primer piso.....	97
<b>Figura 65.</b> Losa plana.....	97
<b>Figura 66.</b> Punzonamiento de columna.....	98
<b>Figura 67.</b> Mampostería daños post evento sísmico.....	99
<b>Figura 68.</b> Fisuras diagonales en mampostería post evento sísmico.....	99
<b>Figura 69.</b> Columna corta en pisos (cuarto y quinto).....	100
<b>Figura 70.</b> Detalle de falla por columna corta.....	100
<b>Figura 71.</b> Licuefacción en el litoral del Ecuador producto del terremoto Muisne-Pedernales.....	101
<b>Figura 72.</b> Puerto de Manta daños severos por Licuefacción.....	102
<b>Figura 73.</b> Efecto de golpeteo de edificaciones.....	102
<b>Figura 74.</b> Efecto de golpeteo de estructuras.....	103
<b>Figura 75.</b> Hospital del IESS.....	104
<b>Figura 76.</b> Linus Pauling antes del terremoto.....	104
<b>Figura 77.</b> Linus Pauling después del terremoto.....	105
<b>Figura 78.</b> Guía de evaluación parte 1 “ Datos generales”.....	110
<b>Figura 79.</b> Guía de evaluación parte 2 “ colección de datos versión rápida”.....	111
<b>Figura 80.</b> Guía de evaluación parte 3 “ Recopilación de datos”.....	112
<b>Figura 81.</b> Guía de evaluación parte 4 “ Obtención del color”.....	113
<b>Figura 82.</b> Guía de evaluación parte 5 “ Todos los documentos”.....	105
<b>Figura 83.</b> Guía de evaluación Chile parte 1 “ Datos generales”.....	116
<b>Figura 84.</b> Guía de evaluación Chile parte 2 “ Clasificación de daños”.....	117
<b>Figura 85.</b> Guía de evaluación Tohoku parte 1 “ Datos generales”.....	119
<b>Figura 86.</b> Ejemplo real de posteo Tohoku.....	119
<b>Figura 87.</b> Inspeccionado, color verde.....	121
<b>Figura 88.</b> Uso Restringido, color amarillo.....	121
<b>Figura 89.</b> Inseguro prohibido el ingreso y ocupación, color rojo.....	122
<b>Figura 90.</b> Formulario de Evaluación Rápida.....	123
<b>Figura 91.</b> Modelo del edificio de ejemplo.....	133
<b>Figura 92.</b> Desplazamiento vs cortante basal (Curvas PushOver dirección X con carga).....	136
<b>Figura 93.</b> Desplazamiento vs cortante basal (Curvas PushOver dirección Y con carga).....	137
<b>Figura 94.</b> Puntajes Básicos, modificadores y puntaje final S.....	144
<b>Figura 95.</b> Ficha técnica post evento página frontal.....	148
<b>Figura 96.</b> Ficha técnica post evento página posterior.....	149
<b>Figura 97.</b> Ejemplo ficha técnica post evento página frontal.....	158
<b>Figura 98.</b> Ficha técnica PRM para estructuras existentes página frontal.....	167
<b>Figura 99.</b> Ficha técnica PRM para estructuras existentes página posterior.....	168
<b>Figura 100.</b> Ficha técnica PRM para estructuras existentes página frontal.....	169
<b>Figura 101.</b> Ficha técnica PRM para estructuras existentes página posterior.....	170



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Los terremotos son eventos naturales causados por movimientos súbitos en las capas de la corteza terrestre, que pueden ocurrir en cualquier momento y sin previo aviso, generando el mayor número de personas fallecidas, además de incontables pérdidas estructurales y económicas.

La característica principal de los terremotos es que son imprevisible en cuanto a sus causas y consecuencias ,Por lo tanto, a finales de los siglo XIX y XX, respectivamente los institutos American Society of Civil Engineers ASCE 41-13, Applied Technology Council ATC-20, Federal Emergency Management Agency FEMA P-154, crearon las metodologías más reconocidas de evaluación de estructuras pre y post evento sísmico .

A través del presente proyecto de investigación, se analizan y comparan los impactos económicos, sociales y estructurales en cuatro casos de terremotos ocurridos alrededor del mundo: Northridge, Estados Unidos en el año 1994; Maule, Chile en el año 2010; Tohoku, Japón en año 2011; y , Pedernales, Ecuador en el año 2016 y en conjunto con las metodologías de evaluación existentes para el análisis de las estructuras pre y post evento sísmico creadas por las instituciones anteriormente mencionadas, se propone una guía de evaluación rápida pre y post evento sísmico para su implementación en Ecuador.

### 1.1 Descripción de términos generales

#### ¿Qué es un terremoto?

Es un movimiento súbito originado por la liberación de esfuerzos acumulados en zonas de inestabilidad geológica, que producen movimientos de la tierra debido al desplazamiento repentino de rocas en la corteza (Bolt, 2003).

### **¿Cuál es el origen de un terremoto?**

Los terremotos pueden tener los siguientes orígenes, que a su vez permiten su clasificación en cuatro categorías:

- Terremotos tectónicos, se producen cuando se rompen o fracturan las rocas en el interior de la tierra como respuesta a las fuerzas geológicas.
- Terremoto volcánico, se genera por las fuerzas tectónicas de las rocas, no siendo necesaria una erupción volcánica ya que no siempre ocurren conjuntamente.
- Terremoto de colapso, se produce por el colapso de cavernas o minas.
- Terremoto de explosión, se produce debido a la explosión de aparatos químicos o explosiones nucleares causadas por el hombre (Bolt, 2003).

### **¿Cómo se clasifican los terremotos según su profundidad?**

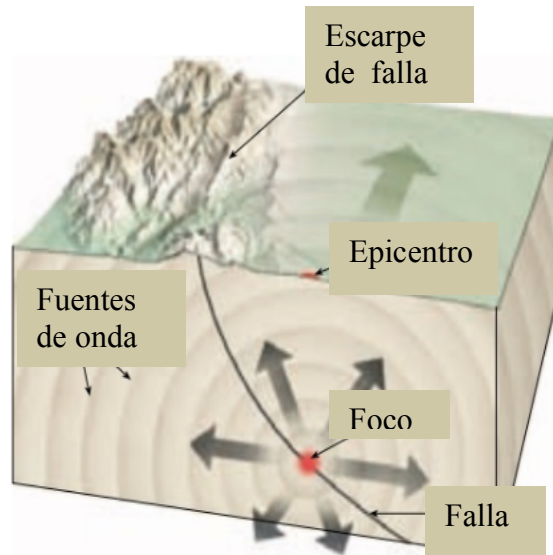
- Terremotos Superficiales: 5 - 70 km.
- Terremotos Intermedios: 70-300 km.
- Terremotos Profundos: 300 - 700 km (Tarbuck, & Lutgens, 2005).

### **¿Cuáles son los daños que produce un terremoto?**

- Fallas en las columnas y las vigas por la fuerza cortante y por el momento flector.
- Asentamiento de la estructura.
- Destrucción de elementos no estructurales (muros y ventanas).
- Volcamiento de la estructura por licuefacción del suelo de cimentación.
- Incendios.
- Inestabilidad en taludes.
- Tsunamis.

## ¿Epicentro e Hipocentro?

- El hipocentro o foco se define como la zona en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla (en el foco se propagan las ondas sísmicas).
- El epicentro es el punto más cercano en la superficie terrestre situado directamente encima del hipocentro.



**Figura 1.** Descripción gráfica de epicentro e hipocentro (Fuente: Tarbuck, & Lutgens, 2005).

## ¿Qué son las ondas sísmicas?

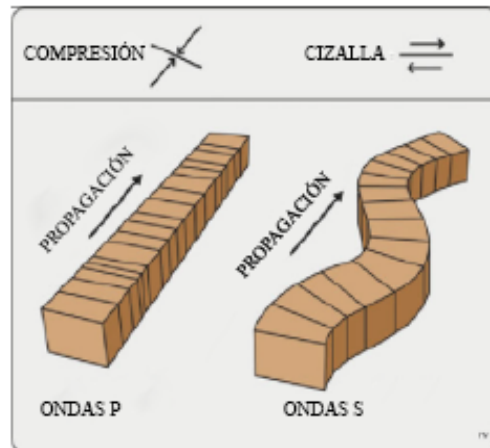
Durante la ruptura de las rocas en un evento sísmico, la energía se disipa en contorno, generando: fracturación en estratos rocosos, deformaciones en las capas superficiales de la tierra, calor por el efecto de fuerzas friccionantes y ondas sísmicas.

## ¿Qué ondas sísmicas existen?

### Ondas internas:

- **Ondas P** (compresión): consiste en la transmisión de compresiones y refracciones de la roca, de forma similar a la propagación del sonido, en donde las partículas se mueven en el sentido de propagación.

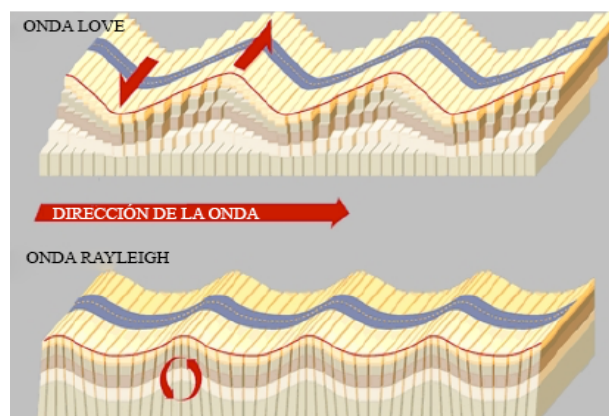
- **Ondas S (corte):** consiste en la propagación de ondas de cizalla, donde las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la perturbación.



**Figura 2.** Tipos de ondas internas (Fuente: Varela,2014)

### Ondas superficiales

- **Ondas Rayleigh:** Se forman en la superficie de la Tierra y hacen que las partículas se desplacen según una trayectoria elíptica retrógrada.
- **Ondas Love:** Similar a las ondas S, pero solo ocurre en el plano de la superficie terrestre.



**Figura 3.** Tipos de ondas superficiales (Fuente: IGEO ,2013)

## 1.2 Definiciones generales

### Placas Tectónicas

Al final de la época paleozoica y comienzos de la mesozoica la tierra estaba conformada por un solo continente llamado "PANGEA". Este mega continente se fragmentó, cerca de 230 millones de años atrás debido al constante movimiento de la tierra; este fenómeno se conoce como el ciclo de las rocas. El ciclo de las rocas muestra que la superficie de la Tierra se encuentra dividida en capas, donde la capa más externa se llama corteza terrestre. La corteza a su vez se encuentra separada en masas gigantescas que se mueven sobre la astenosfera llamadas Placas Tectónicas. Estudios geotécnicos y geológicos determinan la dirección y velocidad en la cual se mueven las placas. El movimiento de estas placas, ocasionan colisiones que generan terremotos, cordilleras y volcanes. En la Tabla 1 se presenta una lista de las seis placas tectónicas más importantes.

**Tabla 1.** Lista de placas tectónicas más importantes y de mayor tamaño en el mundo

<b>Placas Primarias</b>	<b>Placas Secundarias</b>	<b>Microplacas</b>
Placa Norteamericana	Cocos	Birmania
Placa Sudamericana	Nazca	Yangtze
Placa Euroasiática	Filipina	Timor
Placa Africana	Arábica	Cabeza de Pájaro
Placa Antártica	Escocesa	Panamá
Placa Pacífica	Caribe	

(Tarbuck, & Lutgens, 2005)

El contacto entre placas puede ocurrir de tres formas diferentes, dependiendo del sentido y dirección de las placas, las formas son:

- **Convergentes o Destructivos (Subducción):** La subducción se da cuando dos placas con bordes comunes se acercan y colisionan, una de las placas desciende y se introduce debajo de la otra. Este fenómeno ocurre cuando el borde de una placa oceánica, que es densa y delgada, choca contra una placa continental, más densa y más gruesa. La primera se introduce por debajo de la segunda, se ablanda y se funde en el manto destruyendo litosfera oceánica. El resultado de la destrucción de litosfera crea Fosas oceánicas.
- **Divergente o constructivos:** Esta segunda falla se produce cuando dos placas con bordes comunes se alejan o divergen, al alejarse dejan que el magma salga y creando litosfera oceánica. Al resultado de esta nueva litosfera se la conoce como Dorsales oceánicas.
- **Transformante:** La tercera falla se produce cuando dos placas se desplazan uno al lado del otro, de forma lateral. Uno de los ejemplos más conocidos de bordes transformantes es la falla de San Andrés, en California, producida por el desplazamiento lateral de la placa Pacífica y la Norteamericana (Bolt,1993).

### **El cinturón de fuego**

El cinturón de fuego del pacífico es el sitio donde se libera más energía sísmica en el mundo. Se ubica en el océano pacífico extendiéndose sobre 40.000 km. Se estima que el 80% de los terremotos con magnitudes superiores a 8 Mw ocurren en él. También es conocido por tener el 75% de los volcanes activos e inactivos en el mundo (Bolt,1993).

## Magnitud Sísmica

“ La magnitud es un número que caracteriza el tamaño relativo de un terremoto. La magnitud se basa en la medición del movimiento máximo registrado por un sismógrafo” (USGS, s.f).

Las escalas para medir magnitud más importantes son:

- Escala de Richter (ML): La escala ML es la más conocida, ya que fue propuesta por Charles F. Richter. Esta escala puede ser usada en diferentes partes del mundo, usando registros de otros instrumentos.
- Ms: “Su valor se obtiene a partir de la amplitud máxima, observada en los sismogramas, de las ondas superficiales onda Rayleigh con períodos de oscilación entre 18 y 22 segundos. Esta escala permite determinar magnitudes de sismos más grandes, pero también sufre una saturación cuando se trata de sismos con magnitudes mayores de 8.3 - 8.7.”(UNAM, s.f)
- Mb: “Su valor se obtiene a partir de la amplitud máxima, observada en los sismogramas, de las ondas de internas con períodos de oscilación de 1 segundo. Un problema de esta magnitud es que se satura a magnitudes de 6.5 - 6.8; es decir, no es posible determinar Mb para sismos con magnitud superior a estos valores.”(UNAM, s.f)
- Escala de magnitud momento (Mw): “Esta magnitud se determina a partir del momento sísmico, que es una cantidad proporcional al área de ruptura (tamaño de la falla geológica que rompió) y al deslizamiento que ocurre en la falla.”(UNAM, s.f)

La Magnitud, es el parámetro más importante de clasificación de los sismos. El sismo con magnitud más grande registrada en el mundo ocurrió en Valdivia, Chile con una magnitud de Mw 9.5.

## Intensidad sísmica

La segunda escala más conocida es la de Mercalli modificada, la cual se utiliza para relacionar la intensidad con los daños provocados por el sismo en diferentes sitios. Esta escala se basa en doce efectos los cuales se encuentran detallados en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Escala Mercalli modificada

<b>Grado</b>	<b>Efectos</b>
<b>I</b>	Imperceptible. Lo registran los sismógrafos
<b>II</b>	Lo perciben personas en reposo, en los pisos superiores
<b>III</b>	Se percibe en el interior de los edificios. Puede no reconocerse como un sismo. Los objetos colgados oscilan levemente. Vibraciones como las que producen los camiones ligeros al pasar
<b>IV</b>	Se percibe en el interior de los edificios, reconociéndose que se trata de un sismo. Los objetos colgantes oscilan y las puertas y ventanas crujen. Se perciben vibraciones como las ocasionadas por el paso de un camión pesado. En la parte superior de este grado crujen las cabriadas y paredes de madera y tintinean los vasos y la loza.
<b>V</b>	Se percibe a la intemperie; se puede estimar su duración. Quienes duermen, se despiertan. Los líquidos se mueven; algunos se vuelcan. Los objetos pequeños inestables se desplazan o se caen. Las puertas oscilan, se cierran y se abren. Los relojes de péndulo pueden pararse, alterar su funcionamiento o arrancar si estaban detenidos.
<b>VI</b>	Lo perciben todos. Muchos se asustan y salen al descubierto. Las personas caminan inseguras. Las ventanas, platos y artículos de vidrio se rompen. Los adornos, libros y objetos similares se caen de los estante. Algunos cuadros se caen de las paredes. Las campanas pequeñas repican (la de la iglesia, escuela). Los árboles y arbustos se sacuden visiblemente, o se los oye crujir.



- VII** Es difícil permanecer de pie. Lo notan los conductores de automóviles. Los objetos colgados trepidan. Los muebles se rompen. Daños en la mampostería D. Las chimeneas débiles se rompen al nivel de techo. Caen los revoques, los ladrillos se aflojan; las piedras revestimientos, cornisas, los parapetos sin contrafuertes y los ornamentos arquitectónicos también caen. Algunas grietas en la mampostería C.
- VIII** Se hace difícil conducir un automóvil. Se daña la mampostería C y en parte se cae. Algún daño en la mampostería B; ninguno en la mampostería A. Caen los revoques y algunos muros de mampostería. Caída y torsión de chimeneas de las casas y de las fábricas, monumentos, torres, tanques elevados. Las casas con estructura de madera salen de sus cimientos si no están ancladas; los muros de relleno son arrojados hacia afuera.
- IX** Pánico general. Se destruye la mampostería D; se daña fuertemente la mampostería C, algunas veces con colapso completo. Se daña la mampostería B. Las estructuras no ancladas se desplazan de los cimientos. Los marcos crujen. Serios daños en depósitos para líquidos. Se rompen las tuberías enterradas. Grietas importantes en el terreno. Expulsión de arena y lodo en los terrenos aluvionales, conformación de cráteres de arena.
- X** Se destruye la mayoría de las estructuras de mampostería incluso sus cimientos y también algunas estructuras de madera bien construidas y algunos puentes. Serios daños en presas, diques, terraplenes. Grandes derrumbes.
- XI** Rieles muy doblados. Tuberías enterradas completamente destruidas. Grandes grietas en la tierra.
- XII** Catástrofe. Destrucción total. Grandes masas de rocas desplazadas. Cambios de niveles del terreno. Objetos arrojados al aire.

---

(Bolt,1993)

### 1.3 Terremotos Históricos:

Los registros sísmicos más antiguos provienen de China y datan de hace 3.000 años. Crónicas describen el impacto de los terremotos a ciudades. Los terremotos son eventos cíclicos que tienen periodos de retorno, los cuales estiman el tiempo que se demora un evento en volver a ocurrir En la Tabla 3 se presenta una lista de terremotos históricos.

**Tabla 3.** Terremotos más importantes ocurridos en el mundo clasificados por magnitud (Mw).

Lugar	País	Año	Magnitud (Mw)
Valdivia	Chile	1960	9.5
Alaska	Alaska	1964	9.2
Sumatra	Sumatra	2004	9.0
Tohoku	Japón	2011	9.0
Esmeraldas	Ecuador	1906	8.8
Maule	Chile	2010	8.8
Sumatra del norte - Indonesia	Indonesia	2005	8.7
Islas Rata	Alaska	1965	8.7
Islas Andreanof	Alaska	1957	8.6
Assam	Tibet	1957	8.6

(USGS,s.f)

### 1.3.1 Efectos directos de terremotos

Existen múltiples efectos ocasionados durante un terremoto, sin embargo el principal daño generado por un sismo, es el impacto generado en las estructuras, debido al colapso que puede presentarse en la construcción provocando múltiples pérdidas humanas.

En la Tabla 4 se presentan los siete terremotos con mayor número de muertes registradas en el mundo.

**Tabla 4.** Terremotos más importantes según el número de muertes

<b>Número de muertes (estimado)</b>	<b>Año</b>	<b>Evento</b>	<b>Locación</b>	<b>Fecha</b>
1. 830.000	1556	Terremoto de Shaanxi	China	Enero 23, 1556
2. 650.000	1976	Terremoto de Tangshan	China	Julio 28, 1976
3. 280.000	2004	Terremoto del Océano Índico	Indonesia	Diciembre 26, 2004
4. 273,400	1920	Terremoto de Haiyuan 1920	China	Diciembre 16, 1920
5. 250,000	526	Terremoto de Antioquía 526	Imperio Bizantino (Ahora Turquía)	Mayo 25, 526
6. 260,000	115	Terremoto de Antioquía	Imperio Romano (Ahora Turquía)	Diciembre 13, 115
7. 230,000	1138	Terremoto de Alepo	Dinastía Zengid (ahora Siria)	Octubre 11, 1138

(USGS, s.f)

### 1.3.2 Efectos Secundarios

Los terremotos pueden generar múltiples daños en la región, principalmente ocasionados sus efectos secundarios como los Tsunami o Maremoto, que es un efecto producido por el colapso entre fallas tectónicas.

Un tsunami (del japonés TSU: puerto o bahía, NAMI: ola) es una ola o serie de olas que se producen en una masa de agua al ser empujada violentamente por una fuerza que la desplaza verticalmente. Los tsunamis solo pueden ocurrir si cumple con los siguientes factores:

- La falla se debe encontrar en el mar
- La falla debe ser por una falla de subducción
- Un sismo de magnitud mayor a 7.0 Mw.

En la Tabla 5 se presenta una lista de los tsunamis más fuertes registrados,

**Tabla 5.** Tsunamis más fuertes registrados

<b>Terremoto y Tsunami</b>	<b>Año</b>	<b>Magnitud (Mw)</b>	<b>Número de muertes</b>
Papúa, Nueva Guinea	1998	7.0	2.183
Golfo Moro, Filipinas	1976	7.9	5.000
Valdivia, Chile	1960	9.5	6.000
Tohoku, Japón	2011	9.0	25.000
Océano Índico, Sumatra	2004	9.3	230.000

(USGS,s.f)

# CAPÍTULO II

## 2. Casos de estudio

En esta sección, se analizan cuatro casos de estudio de terremotos: tres internacionales tales como el evento de Northridge, Estados Unidos en el año 1994; Maule, Chile en el año 2010, Tohoku, Japón en el año 2011, y el terremoto ocurrido el 16 abril 2016 en Pedernales Ecuador. El objetivo del estudio es encontrar patologías y similitudes del sismo ocurrido en Ecuador con el resto de los casos. Los parámetros a analizar son el eje estructural, económico y social.

En el eje estructural, se presentan patologías de estructuras y daños recurrentes debido a los terremotos en cada uno de los casos. El eje económico es un parámetro que muestra el nivel de afectación de las ciudades o países debido a los terremotos e indica los daños directos e indirectos ocasionados. Finalmente, el eje social se utiliza para evidenciar los esfuerzos del Gobierno por mitigar los efectos de los terremotos y sus afectaciones a la población de cada país.

Los parámetros de análisis para los casos de estudios fueron los siguientes: países en el cinturón de fuego con problemas de subducción, terremotos históricos con magnitudes mayores a 8.0 (Mw), daños económicos altos y coyunturas sociales importantes.

## 2.1 Terremoto Northridge (1994)

### Descripción general del terremoto

Northridge, es un condado en Los Ángeles, California (EEUU) ubicado a 242 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con el censo realizado por L.A. Department of City Planning en el 2008, tiene una población de 61.993 habitantes. El lunes 17 de enero de 1994 a las 4:30:55 a.m. (hora local), ocurre un terremoto de magnitud 6.7 en la Escala de Richter, este terremoto se siente en toda la región de California hasta llegar a México, ocasionando la muerte de más de cincuenta personas, colapsan varios puentes principales de la ciudad y miles de personas quedan damnificadas. (Todd et.al, 1994)

### Información general

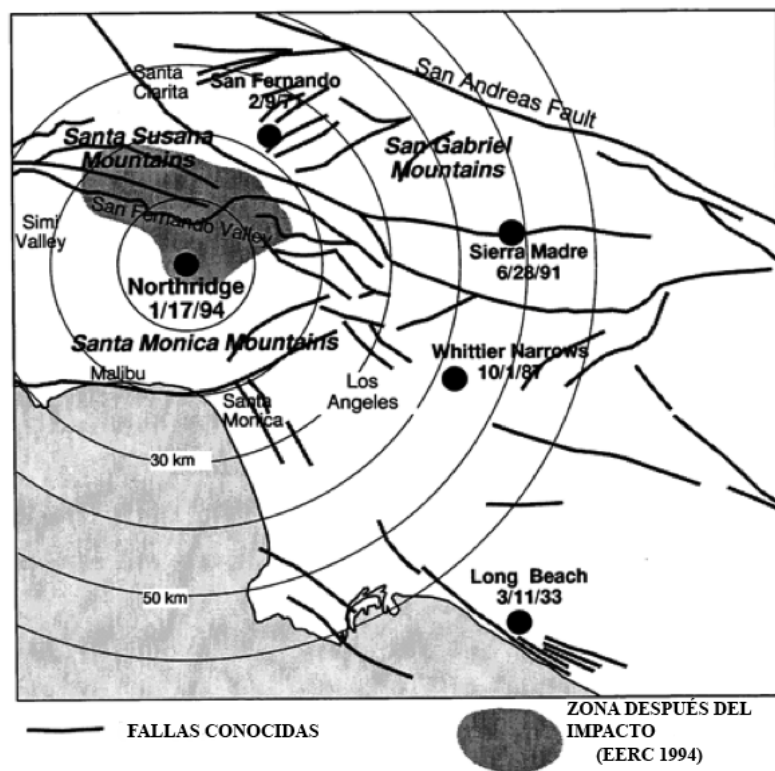
**Tabla 6.** Información general sobre el terremoto de Northridge

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Duración del evento	1 min
Sacudida más fuerte	15 seg en el área epicentral
Epicentro	Valle de San Fernando
Aceleración	Excedió 1g
Profundidad	15-20 km (superficial)
Hora del evento	4:31 a.m.
Número de personas muertas	58
Número de personas ingresadas al hospital por lesiones leves:	16,000
Número de personas temporalmente o permanentemente desplazadas (sin hogar)	80,000 - 125,000

## 2.1.1 Eje Estructural

### 2.1.1.1 Aspectos sismológicos

El epicentro del terremoto es ubicado en  $34^{\circ}12'N$   $118^{\circ}32'W$  a 30 km noreste de Los Ángeles CA, el evento se produce a las 4:31 a.m. hora local. The National Earthquake information Center, determina un sismo con  $M_s=6.8$ , también se determina la profundidad el foco fue a 15-20 km, lo cual indica un sismo superficial. El terremoto de Northridge se produjo por una falla diferente a la falla de San Andrés. La falla que cual originó el sismo de Northridge se puede evidenciar en la Figura 4 (Todd et.al, 1994).



**Figura 4.** Falla Northridge (Fuente: Todd, 1994)

Durante el terremoto de Northridge, más de 100 estaciones se encontraban operando y registraron aceleraciones de 0.25g a 0.4g (Todd et.al, 1994). En el área epicentral las aceleraciones excedieron el 1g, provocando el colapso de varias estructuras especiales, esenciales y no esenciales. En Estructuras de mediana altura durante el evento se registraron

períodos de 0.1 a 0.5 segundos, tomando en cuenta que el sismo es superficial los edificios bajos se veían más afectados que los edificios de mayor altura. En la universidad de California (Cal State) Northridge se registraron aceleraciones de 0.68g, causando severos daños en varias edificaciones y el colapso de un edificio de parqueaderos (Todd et.al, 1994). En la interestatal de Santa Monica Freeway, se registra aceleraciones de 0.78g, de igual manera el intercambiador Antelope Freeway registra aceleraciones de 0.81g, provocando daños y posterior cierre por reparaciones de las autopistas (Todd et.al, 1994). En la autopista Golden State Freeway se registraron aceleraciones de 0,82g, lo cual produjo colapso de la estructura. En la siguiente tabla se presenta una lista de las aceleraciones registradas en toda la zona de Los Angeles, CA.

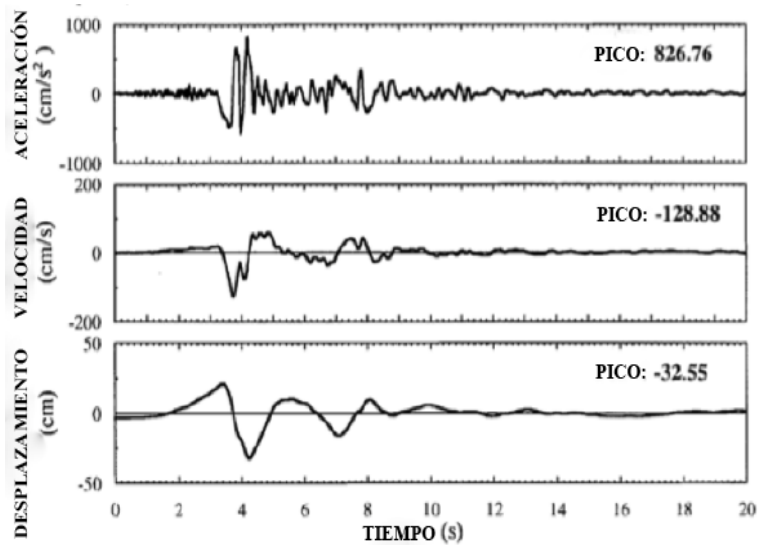
**Tabla 7.** Aceleraciones registradas en el terremoto de Northridge y distancia al epicentro

Locación	Distancia al epicentro	Aceleración máxima	
		Horiz.	Vert.
Los Angeles, Ave. Owensmouth 6301, Techo, 12 pisos	5 km	0.48g	0.48g
Los Angeles, Hospital Sepúlveda VA, Planta Baja	7 km	<b>0.94g</b>	<b>0.48g</b>
Los Angeles, Blvd. Sepulveda 5805, Techo - 9 pisos	7 km	0.76g	0.50g
Los Angeles, Blvd. Ventura 16000, Techo - 13 pisos	8 km	0.41g	0.37g
Los Angeles, Blvd. Ventura 15250, Techo - 13 pisos	8 km	0.61g	0.43g
Planta Jensen Filter, Edificio de administración, sótano	12 km	0.62g	0.40g
Planta Jensen Filter, Edificio generador, Planta Baja	12 km	0.98g	0.52g

(Todd et.al, 1994)

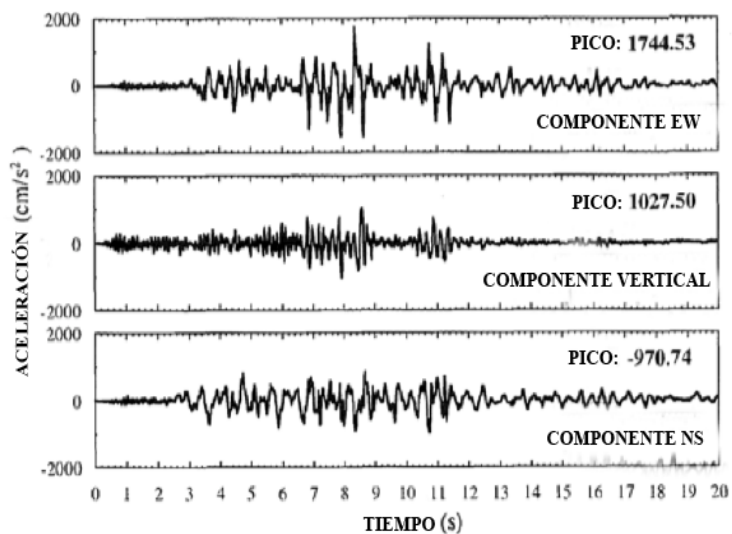


En la Figura 5 se muestran los registros de aceleraciones, velocidades y desplazamientos para el Hospital Country Sylmar. En esta imagen podemos observar que las aceleraciones no excedan el 1g.



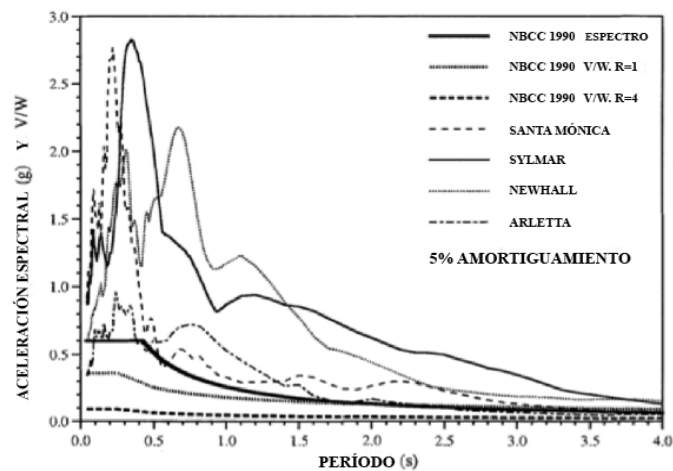
**Figura 5.** Registro de aceleración Hospital Country Sylmar (Fuente: Finn,Ventura,Schuster,1995)

En la Figura 6 se muestra los registros de aceleraciones, velocidades y desplazamientos para Cedar Hill Station en Tarzana. En esta imagen podemos evidenciar las aceleraciones que excedan el 1g.



**Figura 6.** Registro de aceleración Cesar Hill (Fuente: Finn,Ventura,Schuster,1995)

En la Figura 7 podemos evidenciar el espectro elástico de respuesta de aceleración en el área epicentral de Northridge, utilizando un amortiguamiento del 5%. En esta figura se constata la comparación del espectro de respuesta de cuatro sitios cercanos al área epicentral con el espectro de diseño del código de Canadá (National Building Code of Canada, NBCC) del año 1990. De esta manera se infiere que las aceleraciones presentadas en el inciso anterior para Sylmar son las más grandes debido al registro de las aceleraciones, sin embargo en Santa Mónica se observó un registro de aceleraciones altas por lo cual en estos sectores es en donde se espera el mayor número de daños.



**Figura 7.** Espectro, área epicentral de Northridge (Fuente: Finn,Ventura,Schuster,1995)

### 2.1.1.2 Aspectos geotécnicos

El terremoto de 6.7 Ms produce varios efectos geotécnicos directos como la caída de rocas de las montañas aledañas de California, deslizamiento de tierra y fallas en las laderas cercanas (Todd et.al, 1994). Las montañas como Santa Susana, Santa Mónica y San Gabriel desprendieron material que cae sobre las autopistas provocando el cierre de éstas. Debido a la hora en la que ocurrió el evento no se tiene registro de ninguna víctima por la caída de rocas. Los deslizamientos de tierra causados por el terremoto son reportados a lo largo de toda la

Costa del Pacífico ocasionando daños en las estructuras en lugares como Malibu, San Fernando y Santa Marta (Todd et.al, 1994).

### **2.1.1.3 Desempeño de las estructuras post evento sísmico**

El terremoto de Northridge en la escala de Richter se considera de nivel moderado “Damage Begins, Fatalities Rare” (UNAM, s.f), lo cual significa que no debe existir colapso de estructuras. El código de construcción International Conference of Building Officials (ICBO) en el año 1991, para Los Ángeles muestra que el factor Z es de 0.4g, sin embargo, durante el evento cerca del área epicentral se registran aceleraciones excedentes a 1g, que ocasionan el colapso de las estructuras. Como se mencionó en el inciso 2.1.1.1 el terremoto es superficial lo cual induce que las estructuras más susceptibles son de mediana altura (uno a tres pisos), por otra parte varios edificios altos (más de cinco pisos), que se encontraban cerca del epicentro colapsan dejando 80,000 a 125,000 personas damnificadas luego del evento (Todd et.al, 1994).

### **2.1.1.4 Comportamiento de edificios**

#### **Edificios de uno a tres pisos**

Las áreas más afectadas durante el terremoto fueron las cercanas al epicentro, entre todas las estructuras que se encontraban en la zona aledaña de San Fernando Valley y Santa Mónica, los edificios de uno a cinco pisos presentaron los mayores daños. Las edificaciones presentan un patrón de daños, el cual se debe principalmente a la falla de la cabeza de las columnas del primer piso que provoca colapso de la estructura. Las edificaciones de uno a tres pisos presentan patologías como piso blando esto se debe al aumento de rigidez en los pisos dos y tres (Todd et.al, 1994).

## San Fernando Valley

Un conjunto domiciliario en San Fernando Valley, ubicado a 15 km del epicentro. En este lugar el problema principal se debe a la falla de las columnas del primer piso por lo cual los edificios cayeron hacia adelante y hacia atrás. En este incidente murieron 16 personas.



**Figura 8.** Falla en columnas del primer piso en San Fernando Valley (Fuente: Summer, 2017)

La Figura 9 San Fernando Valley daño a las columnas del primer piso y colapso de la estructura.



**Figura 9.** Falla por piso blando en San Fernando Valley (Fuente: Alcorn, 1994)

En la Figura 10 se observa que el daño en las columnas del primer piso genera efecto patineta el cual desplaza a los pisos superiores hacia el centro provocando colapso total de la estructura (Todd et.al, 1994).



**Figura 10.** Falla en cabeza de columnas en San Fernando Valley (Fuente: SCEDC, 1994)

En la Figura 11 se aprecia que el primer piso de San Fernando Valley era de parqueaderos con columnas muy delgadas las cuales generaron piso blando, terminando en colapso de la estructura.



**Figura 11.** Colapso sobre parqueaderos en San Fernando Valley (Fuente: Alcorn, 1994)

### **Sherman Oaks Apartment**

Un conjunto residencial llamado Sherman Oak ubicado a 17 km del epicentro. La patología de falla es la misma que la de San Fernando Valley. Las columnas no aguantaron los desplazamientos generados por el sismo, lo cual produce rótulas plásticas cerca de la base, generando que el piso de arriba colapse en los primeros pisos (Todd et.al, 1994).



**Figura 12.** Sherman Oak (Fuente: SCEDC, 1994)

### **Edificios mayores a 5 pisos.**

En la Figura 13 se muestra el daño al Edificio Hollywood Boulevard, un inmueble de 95 ft (28.9m) de altura en donde el movimiento súbito del terremoto de Northridge genera que la pesada cúpula de la estructura falle. Este edificio presenta daños por corte, grietas en forma diagonal en todos los piso, y fallas en elementos no estructurales y estructurales (Todd et.al, 1994).





**Figura 13.** Hollywood Boulevard (Fuente: SCEDC, 1994)

En la Figura 14 se muestra el daño en una edificación de seis pisos en Santa Mónica, la edificación presenta fallas en el primer piso generando que la estructura no pueda soportar la carga inmediata del piso de arriba, se desprende del piso y genera que la estructura se vaya hacia atrás. Presenta daños por cortante en las conexiones del otro edificio desprendido (Summer, 2017).



**Figura 14.** Edificio en Santa Mónica (Fuente: SCEDC, 1994)

### 2.1.1.5 Impacto en estructuras esenciales

#### Hospitales

*UCLA Medical Center, Santa Monica, California.*

El Hospital de Santa Monica presenta grietas diagonales en todos los pisos, como se observa en la Figura 15. Esto indica un comportamiento típico de estructuras durante un evento sísmico donde se recibe severo daño en las uniones (Todd et.al, 1994). El hospital no colapsó, sin embargo sufre muchos daños internos los cuales requieren reforzamiento de columnas y la conexión viga - columna en todo el edificio.



**Figura 15.** Hospital de Santa Mónica (Fuente: SCEDC, 1994)

#### Estadios

Anaheim Stadium se encuentra a 50 millas (80.5km) de Santa Monica, a pesar de esto el marcador del estadio colapsa, este evento no causó ninguna muerte ya que la hora del evento fue 4:31 am. A continuación en la Figura 16 se observa el daño producido en el estadio



## Anaheim Stadium.



**Figura 16.** Estadio Atlantic (Fuente: SCEDC, 1994)

## Edificio de Parquaderos

*California State University, Northridge (CSUN)*

La universidad tenía un parqueadero con capacidad para 2500 vehículos. Esta estructura colapsa después del sismo de Northridge. La universidad CSUN presentó daños por un monto estimado entre doscientos cincuenta millones y trescientos millones de dólares.



**Figura 17.** Parqueadero CSUN (Fuente: SCEDC, 1994)

### **2.1.1.6 Impacto en estructuras especiales**

El sismo de Northridge es conocido como el sismo de los puentes (puenteros). Esto se debe a que durante este evento sísmico, la gran mayoría de los puentes en el área de Los Ángeles sufrieron daños, llegando a la cantidad de 157 puentes dañados y varios colapsados. La caída de los puentes es el daño más costoso del sismo, ya que causó interrupciones en el tráfico debido a que los puentes estaban cerrados y la gente no podía entrar o salir de la ciudad. Esto representó un excesivo costo económico y social al país por retrasos en el sistema de transporte. Fue necesario construir nuevamente varios puentes, por lo cual se estima que el costo de reparación y reconstrucción de los mismos es de uno punto cinco billones de dólares (Todd et.al, 1994).

### **2.1.1.7 Comportamiento de puentes**

#### **The Golden State Freeway**

El puente Golden State Freeway cuenta con cinco luces, cuatro luces colapsan durante el sismo de Northridge por lo cual este puente fue demolido. El diseño de este puente fue realizado en el año 1964 y su construcción en 1967. El puente contaba con dos pilas de hormigón que sostienen el tablero de la superestructura, donde la falla más evidente fue debido al daño producido por la torsión.



**Figura 18.** San Francisco Valley (Fuente:SCEDC, 1994)



**Figura 19.** Antelope Valley (Fuente:SCEDC, 1994)

### **The Simi Valley Freeway**

El puente se encontraba muy cerca del área epicentral por lo cual recibe altas aceleraciones del terreno. El puente colapsa porque sus pilas fallan a compresión por el peso del tablero, esto se aprecia en la Figura 19, donde se puede ver la rótula plástica en la base de las columnas. El puente sufre severos daños por cortes producidos por el movimiento súbito de la tierra generando falla de corte en las bases de las columnas, por esta razón el puente fallo y fue demolido.



**Figura 20.** Simi Valley Freeway (Fuente: SCEDC, 1994)

### **2.1.2 Eje Económico**

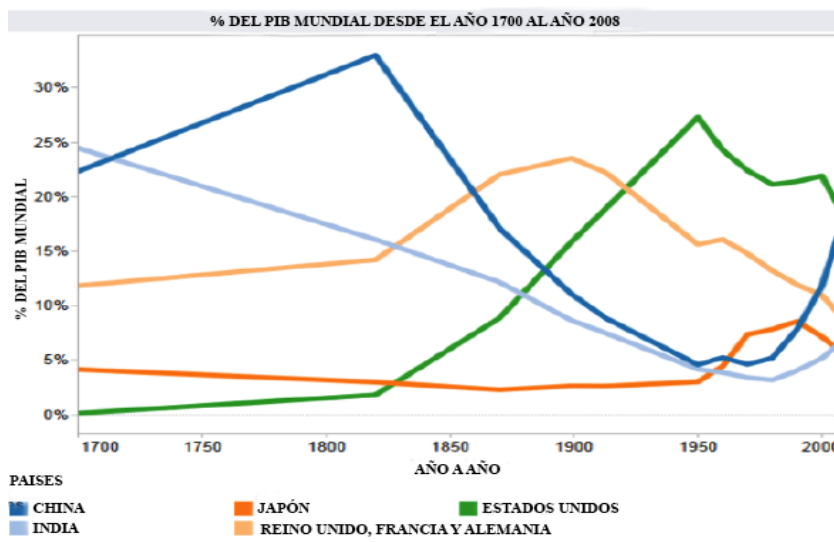
#### **Observaciones Generales**

El terremoto de Northridge es considerado uno de los desastres naturales más costosos en la historia de EEUU. Este terremoto se encuentra en el segundo puesto en la lista de desastres, luego del Huracán Katrina, el cual ocasionó mil ochocientos treinta y seis (1,836) muertes y ciento cuarenta y nueve billones de dólares en gastos por daños de acuerdo con (AccuWeather,). El costo del terremoto con motivo de los daños fue de sesenta y cinco billones de dólares, correspondiendo veinte cinco billones de dólares a daños directos y cuarenta billones de dólares a daños indirectos. No hubo muchas muertes pero doscientas mil personas quedaron (200.000) personas sin hogar (Tierney, 1997).

#### **Impacto Global Económico**

El daño en 1994 causado por el terremoto de Northridge tuvo un fuerte impacto para la economía estadounidense, ya que se alcanzaron pérdidas de sesenta y cinco billones de dólares (Pinedo, 2005).

En el año 1994 la economía de Estados Unidos representaba aproximadamente el 23% del producto bruto mundial. En la Figura 21 se compara el PIB de las cinco potencias más grandes del mundo: China, India, EEUU, Japón y Europa, conformada por Reino Unido, Francia, Alemania, durante el periodo comprendido entre los años 1700 al 2000.



**Figura 21.** Comparación de PIB (Fuente: Pinedo, 2005)

### Impacto Local

El terremoto de Northridge perjudicó varios sectores en toda la zona de Los Ángeles, CA, ocasionando con ello daños directos e indirectos. Se conocen como daños directos a los que se producen por la acción del sismo; por ejemplo, el daño que reciben las estructuras y sus elementos cuando son sometidas a altas aceleraciones. Los daños directos del terremoto se calcularon en cuarenta y uno punto ocho billones de dólares. Los daños indirectos son los que ocurren luego del evento, un ejemplo particular en el caso de Northridge es que durante el sismo varios puentes fallaron produciendo un daño en el transporte de la ciudad. Los daños indirectos fueron estimados en siete mil setecientos treinta y seis billones de dólares. En las tablas 8 y 9, respectivamente, se muestran los costos directos e indirectos, también respectivamente, causados por el terremoto.

**Tabla 8.** Daños económicos del terremoto de Northridge, descripción de costos directos.

<b>Sector</b>	<b>Pérdidas directas estimadas en billones de USD</b>	<b>Porcentaje de las pérdidas directas</b>	<b>Cantidad asegurada, en billones de USD</b>	<b>Cantidad sin seguro, en billones de USD</b>
Residencial	20.6	49.3%	9.88	10.72
Comercial/Industrial	15.2	36.4%	4.02	11.18
Infraestructura pública	6.0	14.3%	No mencionado	6.0
Agricultura	No mencionado	na	0.004	na
<b>Pérdidas directas</b>	<b>41.8</b>	<b>100%</b>	<b>13.9</b>	<b>27.9</b>

(PETAK, 2001)

De la tabla anterior se determina que las estructuras residenciales fueron las más afectadas, se puede observar cómo las estructuras residenciales fueron dañadas severamente durante el terremoto, lo que incide en el costo de los gastos ocasionados por del terremoto.

**Tabla 9.** Estimación de pérdidas indirectas en billones de dólares

<b>Sector</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor en USD</b>
Comercial	Interrupción del negocio	6.402
Residencial	Vivienda vacante	0.098
Otras agencias federales	Incumplimiento de la SBA	0.376
<b>TOTAL</b>		<b>6.876</b>

(PETAK, 2001).

De la tabla anterior es necesario recalcar que el sector más afectado fue el comercial, debido a que los puentes que conectaban a la ciudad quedaron destruidos, generando obstrucción en el transporte, por lo cual la ciudad no podía recibir ningún tipo de ayuda.

## **Plan de Reconstrucción**

California, donde fue el terremoto de Northridge, se vio severamente afectada, es por esta razón que el gobierno respondió a la emergencia por medio de agencias gubernamentales encargadas de distribuir los fondos a diferentes sectores. La cabeza era la Office of Emergency Service (OES) que se encargaba directamente de la respuesta del Estado, se realizó varias inspecciones en las estructuras poniendo un cartel de color el que mostraba la seguridad estructural de las edificaciones. Se examinaron 105.000 estructuras. Después de inspeccionar las edificaciones y los daños directos e indirectos del evento fue necesario reconstruir lo antes posible. En la siguiente sección se detallan las agencias de evaluación y reconstrucción, también se muestra a qué sectores se repartieron los fondos del gobierno (PETAK,2001).

## **Costo de reconstrucción**

Para poder diseñar un plan de reconstrucción en Estados Unidos, el Gobierno entregó trece billones dólares a diferentes agencias federales. La Federal Emergency Management Agency (FEMA) fue la entidad a la que más dinero se le reembolsó, con un total de ocho punto dieciséis billones de dólares, entre los sectores de ayuda FEMA, ayuda a asistencia individual y asistencia pública. La asistencia individual se encarga de casas temporales, inspección del desastre, reemplazo de la propiedad personal, etc. La asistencia pública se encarga del pago de las reparaciones en las estructuras, costos administrativos, etc. En la siguiente tabla, identificada con el número 10, podemos observar cómo se distribuyeron los 8.16 billones para el FEMA en pérdidas directas (PETAK, 2001).

**Tabla 10.** Distribución de FEMA para diferentes sectores.

<b>Asistencia individual</b>	
Vivienda temporal, reparaciones domiciliarias de emergencia, asistencia hipotecaria	1.193
Reemplazo de bienes personales, reparaciones permanentes, transporte, gastos médicos y funerales	0.167
Asistencia de desempleo por desastre	0.009
Servicios de inspección de viviendas	0.023
Consejería de Crisis	0.032
<b>Asistencia Pública</b>	
Pagos a los gobiernos estatales y locales por la reparación y reemplazo de infraestructura dañada, servicios de emergencia y remoción de escombros	4.578*
Asignación de misiones a otras agencias federales	0.020
Costos de administración	0.194
Medidas de mitigación de riesgos	0.741
<b>Costos totales de ayuda de FEMA</b>	<b>6.957</b>

(PETAK,2001).

\*Porcentaje estimado de los reembolsos de pérdidas directas por programas de asistencia pública = USD 4 mil millones. Esto excluye los reembolsos de pérdidas indirectas, tales como eliminación de escombros y servicios de emergencia.



Como se mencionó anteriormente, FEMA fue la agencia federal que se encargó de la asistencia del desastre, es por esta razón que existía más flujo de dinero, sin embargo, otras agencias federales estuvieron a cargo de los demás sectores. Un ejemplo es el Department of Housing and Urban Development (HUD) al cual el Gobierno le dio 0.837 billones de dólares. En la tabla 11 se muestra una lista de las agencias a las cuales el gobierno entregó dinero para cubrir diferentes sectores.

**Tabla 11.** Presupuesto para agencias gubernamentales

<b>Agencia</b>	<b>Presupuesto recibido</b>
Departamento de vivienda y desarrollo urbano	0.837 billones de USD
Departamento del Interior - obra de conservación histórica	0.05 billones de USD
Departamento de educación	255.6 millones de USD
Costos federales no contabilizados	0.864 billones de USD
<b>TOTAL</b>	<b>1.098 billones de USD</b>

(PETAK,2001).

### **2.1.3 Eje Social**

#### **Observaciones Generales**

Estados Unidos es una de las mayores potencias en el mundo, durante su historia varios fenómenos naturales han afectado a este país, como se mencionó en este trabajo el terremoto de Northridge, puesto que tuvo una magnitud de 6.7 Mw (leve), lo que ocasiono la caída de varios puentes importantes. El terremoto dejó 58 muertos, 1.500 heridos de gravedad, 16.000 heridos leves y 80.000 a 125.000 personas desplazadas, por lo que se considera la segunda

catástrofe en términos de daños económicos fue de 65 billones de dólares, en daños directos e indirectos del terremoto. Es por esta historia sísmica que Estados Unidos desarrolló programas de evacuación, entre ellos programas de evaluación que tienen como objetivo salvar vidas (evacuación) y reducir los daños estructurales creando y mejorando los códigos de la construcción (PETAK,2001).

### **Descripción de daños**

Como se puede ver en las tablas, los costos directos e indirectos muestran que las zonas cercanas al epicentro, como San Fernando Valley y Santa Marta, debieron ser indemnizadas ya que presentaron daños en sus puentes, vías de acceso y viviendas. Se estimó que el 67% de los costos directos no fueron asegurados, por lo que el gobierno debió responder por ellos, el 28% de la ayuda del gobierno se le otorgó a la agencia FEMA para mitigar los daños en el sector privado, mientras que un 56% se destinó al sector público (PETAK,2001).

### **Respuesta del Gobierno**

El presidente electo era Bill Clinton, quien se solidarizó con las víctimas de este terremoto, para poder reactivar la economía, dio préstamos bancarios con tasas muy bajas de interés y también utilizó fondos federales para mitigar el desempleo. El presidente declaró a California como zona de catástrofes, la cual requería ayuda de emergencia, y sobre todo dio prioridad a la reconstrucción de las estructuras esenciales y especiales que colapsaron durante el sismo es decir (puentes, escuelas, etc). El principal logro del presidente fue la reconstrucción de las autopistas, lo cual representó el costo más alto en inversión, ya que se necesitaba construir de manera inmediata nuevos puentes. Esto lo realizó con el objetivo de que se reactive la circulación a Northridge para activar su comercio.

## 2.2 Terremoto Concepción, Chile (2010)

### Descripción general del terremoto

El sábado 27 de febrero de 2010 a las 3:34:14 am (hora local), ocurrió un terremoto de magnitud 8,8 en la Escala de Richter, este terremoto se siente en todo el país desde concepción hasta Mendoza, Argentina. En el terremoto mueren más de 512 personas, varios edificios quedaron severamente dañados y tuvieron que ser demolidos, 2 millones de personas quedaron damnificadas.

Concepción es una ciudad que se encuentra en la Región BIO-BIO, Chile, ubicada a 340 km de la capital del país, Santiago de Chile. Es la segunda ciudad con mayor número de habitantes, 229.118 personas, de acuerdo con el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en el 2012. La región de Maule, tiene 908.097 habitantes, y es la región más afectada por este evento natural, en el que fallecen 320 personas a partir del sismo.

### Información general

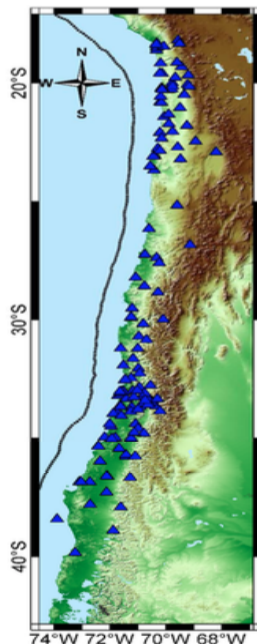
**Tabla 12.** Información general sobre el terremoto de Maule

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Duración del evento	3 min
Epicentro	Costas de la ciudad de Maule a 115 km de Concepción.
Aceleración	0.93g
Profundidad	47.4 km
Hora del evento	3:34:14 a.m.
Número de personas muertas	512
Número de personas damnificadas	2 millones
Daños económicos	30,000 millones de dólares

## 2.2.1 Eje Estructural

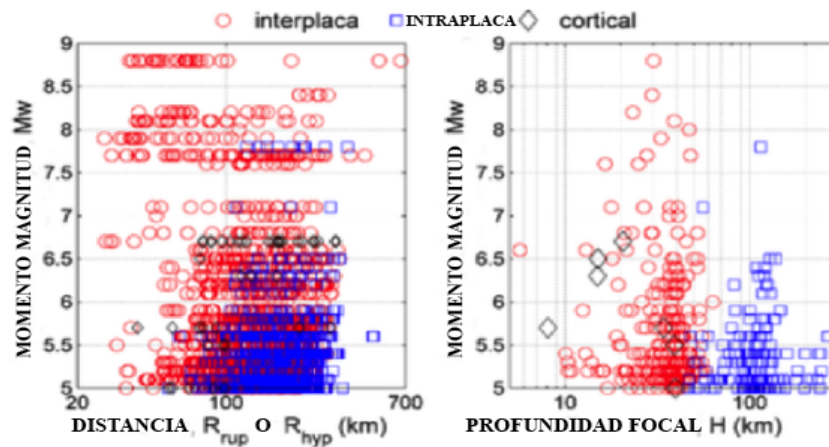
### 2.2.1.1 Aspectos sismológicos

El epicentro del terremoto fue ubicado en  $36^{\circ}12'28''\text{S}$   $72^{\circ}57'46''\text{O}$  a 115 km al noreste de Concepción, Chile. El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), determinó un sismo con  $M_w=8.8$ , también se conoció que la profundidad del foco fue a 47,4 km. El terremoto de Maule se produjo por un efecto del contacto de la placa de Nazca contra la placa Continental, produciendo un efecto de subducción. Debido al tamaño de la falla, Chile es uno de los lugares más sísmicos del mundo, el contacto de la placa de Nazca con la placa Continental genera sismos con magnitudes grandes mayores a 8.0  $M_w$  y con registro de 9.5 $M_w$ , siendo este el sismo más fuerte registrado en el mundo. Por esta razón es necesario monitorear 24 horas los movimientos y el contacto entre la placa de Nazca y placa Continental. En la Figura 22 podemos observar los efectos de subducción producidos por el contacto de estas dos placas y su sistemas de monitoreo.



**Figura 22.** Estaciones de monitoreo Chile (Fuente: Bastías, 2016)

Es necesario contar con un registro de todos los eventos producidos en Chile, fallas por el contacto de placas dentro de dichas placas o en sus extremos. Seguidamente, en la Figura 23 se muestra la recurrencia y las magnitudes registradas por eventos ocurridos en las costas de Chile.



**Figura 23.** Registro de magnitudes por fallas en las costas de Chile (Fuente: Bastías, 2016)

Dependiendo del lugar las aceleraciones son diferentes, por lo tanto resulta totalmente necesario determinar la distancia de los sectores afectados ya que debido a su distancia los daños son mayores o menores. Durante un evento sísmico influyen no solo las aceleraciones, sino que también se debe tener en consideración que la acción del suelo es un parámetro importante por el cual las condiciones de los daños pueden cambiar drásticamente.

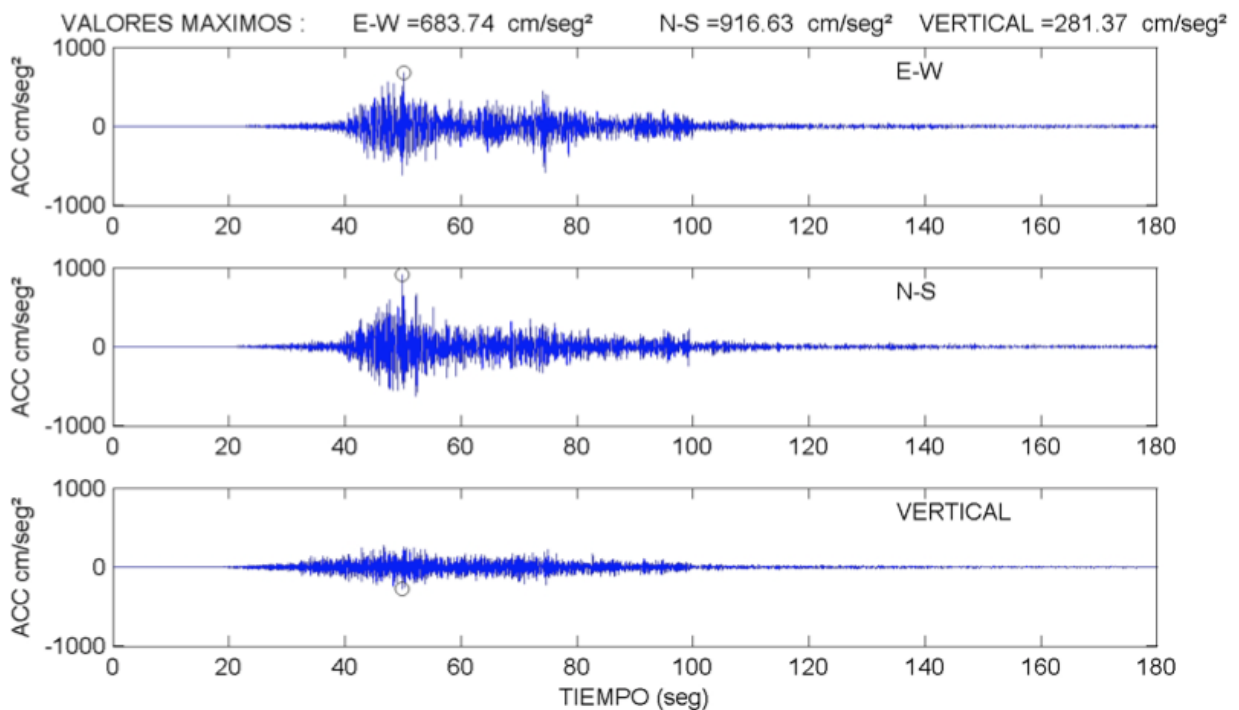
En la Tabla 13 se indica el registro de las aceleraciones, velocidades y desplazamientos producidos por el terremoto del año 2010, con un 5% de amortiguamiento. Este registro cuenta el número y nombre de las estaciones y su distancia del epicentro del evento.

**Tabla 13.** Registro de aceleraciones, velocidades y desplazamientos Chile (Boroschek, 2011)

Código de estación	Canal	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	5% amortiguamiento Psa (g)					Intensidad de área (m/s)	Duración significativa (seg)	Frecuencia central (Hz)
					0.1 s	0.2 s	1 s	2 s	3 s			
CCSP (34km)	NS	0.65	38	16	1.38	2.15	0.49	0.15	0.08	17.31	69.7	4.04
	EW	0.61	44	15	0.91	1.79	0.81	0.30	0.08	14.26	73.8	4.16
CONC (35km)	L	0.40	67	21	0.61	1.05	0.39	1.13	0.18	8.79	80.6	2.13
	T	0.28	50	16	0.39	0.67	0.35	0.51	0.14	5.72	87.9	2.54
CONT (39km)	L	0.55	44	11	0.70	1.68	0.57	0.34	0.13	19.85	59.8	2.97
	T	0.63	67	16	0.93	1.83	1.14	0.25	0.17	26.28	65.2	2.82
MAT (41km)	L	0.34	42	9	0.41	0.85	0.72	0.35	0.15	7.10	34.0	2.29
	T	0.30	28	7	0.42	0.77	0.41	0.18	0.09	4.55	35.0	2.89
LLO (51km)	L	0.32	26	4	0.85	1.08	0.32	0.08	0.05	5.00	36.2	4.36
	T	0.57	31	5	1.03	1.82	0.66	0.11	0.06	10.26	32.0	4.16
HUAL (52km)	L	0.39	39	5	1.03	1.06	0.53	0.12	0.07	7.91	61.7	4.81
	T	0.46	36	7	1.29	0.96	0.49	0.12	0.10	8.71	56.0	5.03
ANGO (54km)	NS	0.93	29	23	1.73	3.23	0.21	0.09	0.03	19.93	50.8	4.86
	EW	0.68	40	34	1.49	2.37	0.46	0.16	0.07	17.54	49.8	4.76

(Boroschek, 2011)

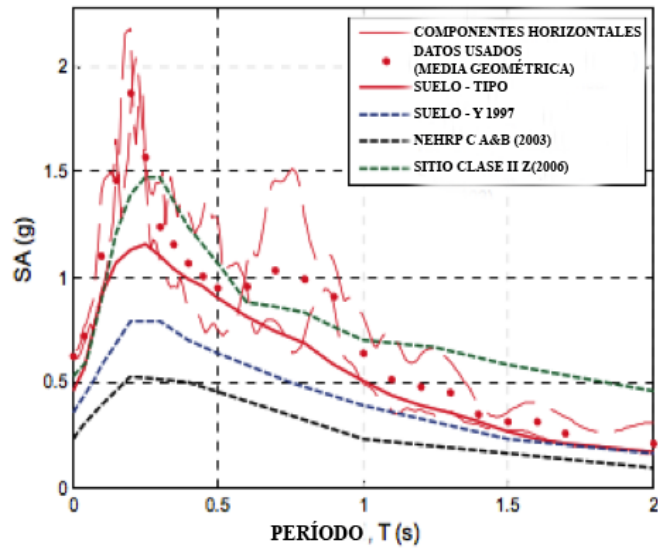
De acuerdo con el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, el PGA más grande registrado fue de 0.93g, por la estación ANGO (ANGOL) y el componente que registró esto fue N-S. En la Figura 24 se muestra la aceleración de los tres componentes que registró esta estación.



**Figura 24.** Registros del 27 de febrero de 2010 Terremoto Maule (Fuente: Boroschek, 2010)

Al conocer los lugares donde las aceleraciones fueron más grandes es necesario realizar un análisis del espectro de respuesta que presentaron algunos lugares para ver la afectación que tuvo el terremoto de 8.8. En la Figura 25 se muestra una comparación del espectro de respuesta contra el espectro de respuesta esperado, esto fue realizado por la Universidad de Chile. Los lugares donde se dio el análisis son el Colegio San Pedro de la Paz, Concepción y la zona del centro de Viña del Mar.

EQ: 27-Feb-2010 Mw=8.8 H=30 km  
CONCEPCION - COLEGIO SAN PEDRO DE LA PAZ (SUELO) Rrup=34 km



EQ: 27-Feb-2010 Mw=8.8 H=30 km  
VIÑA DEL MAR - CENTRO (SUELO) Rrup=99 km

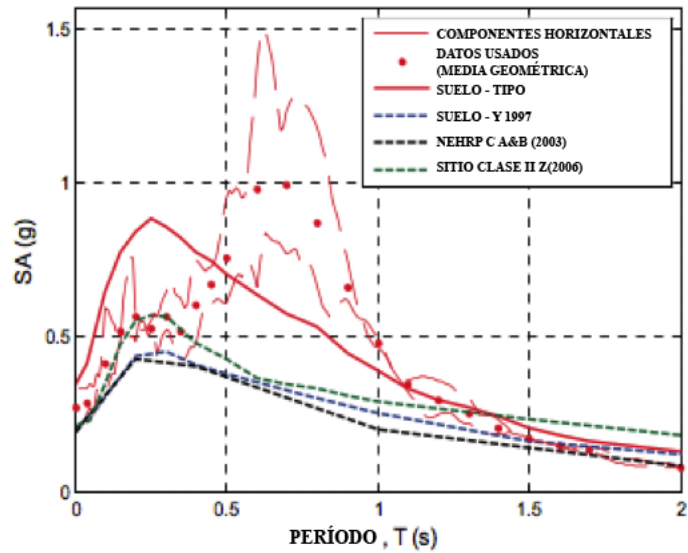


Figura 25. Espectro de respuesta Concepción y viña del mar (Fuente: Boroschek, 2012)



### 2.2.1.2 Aspectos geotécnicos

El terremoto produjo licuefacción y deslizamiento de tierra en varias zonas a lo largo de la costa, la licuefacción afectó el sistema de transporte debido a que varios de los puentes en BIO-BIO resultaron severamente dañados. En la Figura 26 podemos ver evidencia de licuefacción en el Puerto Coronel, Chile.



**Figura 26.** Efecto desprendimiento lateral y licuefacción (Fuente: Emol, 2010)

### Tsunami

El tsunami es el efecto secundario que causó más daño, generando olas de 3 a 30 metros de altura que afectaron severamente la costa Chilena. El tsunami inundó entre 59 y 458 hectáreas (has), a lo largo de toda la costa. Entre las zonas más afectadas tenemos: Tirúa, Lebu y Coliumo donde se observaron olas con alturas superiores a 20 metros en algunos casos. El tsunami dejó 524 muertos y 31 personas desaparecidas (Martínez et al, 2011).

### **2.2.1.3 Desempeño de las Estructuras pos evento sísmico**

#### **Observaciones generales**

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), basado en criterios de la Cámara Chilena de la Construcción y del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, muestra que el daño de las estructuras se debe principalmente a los métodos constructivos empleados en la zona costera de Chile, las construcciones de menos de 4 pisos son de hormigón y madera, estas estructuras se vieron destruidas ya que el sistema estructural no resistió aceleraciones cercanas al 1g. Los edificios en la zona costera de Chile son un 97% de hormigón, el sistema estructural más común era aporticado en el siguiente inciso se profundiza más de los daños a los edificios en Chile (CEPAL,2010).

### **2.2.1.4 Comportamiento de Edificios**

#### **Edificios**

El artículo de Saragoni informa que las normas de construcción de Chile para ese momento eran las NCH2369 Of. 2003 “Diseño Sísmico de estructuras e Instalaciones Industriales” , también NCH2745 Of. 2003 “Análisis y Diseño de Edificios con Aislación Sísmica” (Saragoni, 2011). Este artículo muestra que la norma vigente de construcción en Chile es rigurosa con respecto a edificaciones en zonas de subducción esto se evidencia ya que las edificaciones no fueron dañadas por el sismo, el factor de daño a las estructuras fue el tsunami, sin embargo, el artículo muestra que cinco edificaciones de más de 9 pisos colapsaron por incumplimiento de estas normas, es por esta razón que para un mejor análisis este trabajo se enfocará en edificios mayores a 9 pisos. En la Tabla 14 se muestra el total de edificios en diferentes zonas de Maule, Chile con sus respectivas alturas (Saragoni,2011).

**Tabla 14.** Daño en edificaciones por el terremoto de Maule, Chile (Saragoni, 2011)

Edificios Colapsados	5 (aproximadamente)
Edificios a Demoler	50 (estimados)
Nº total de edificios de más de 2 pisos	9.974
% de fallas en edificios de más de 2 pisos	0.5%
Nº total de edificios de más de 9 pisos o más	1.939
% de fallas en edificios de 9 pisos o más	2.8

(CEPAL,2010).

En la Tabla 14 se evidencia que durante el terremoto de Chile, el daño se generó en los edificios de más de nueve pisos, como es el caso de Alto Río el cual tenía 15 pisos. El comportamiento del edificio Alto Río se evaluará en la sección 3.2.3.2.

### **Edificios Mayores 10 pisos**

La destrucción en edificaciones mayores a diez piso se ejemplifica a través del edificio Alto Río, el cual tenía 15 pisos y una altura de 38m, construido en el año 2010 y estaba ubicado en Concepción, Chile. El edificio tenía un sistema estructural de muros de corte.

De conformidad con el Código de Chile, la deriva máxima permitida es del 1% para sistemas aporticados. En consecuencia al ocurrir el sismo de Maule en el 2010, edificio quedó destruido, tal y como se observa en la Figura 27 quedando como evidencia la falta de refuerzo vertical en la edificación, de acuerdo a la ubicación de la estructura se encontraba cerca del epicentro por lo cual fue sometida a aceleraciones altas y esfuerzos tanto horizontales como verticales, al no tener refuerzo vertical necesario la edificación era vulnerable a fracturas del refuerzo vertical provocadas por esfuerzos generados por el sismo.



**Figura 27.** Edificio Alto Río 15 pisos y altura de 38m (Fuente: Boroschek, 2010)

### **2.2.1.5 Impacto en Estructuras Esenciales**

#### **Hospitales**

##### *Hospital de Talca, Chile*

El Hospital de Talca presentó severos daños en la fachada; En la Figura 28 se pueden observar grietas a lo largo de toda la mampostería, grietas diagonales en el lado derecho, y daño en el techo de la edificación. El hospital no colapsó, sin embargo, sufrió daños internos que requieren reforzamiento de columnas y en conexiones viga-columna de todo el edificio.



**Figura 28.** Hospital de Talca (Fuente: Emol, 2010)

### *Hospital de Parral, Maule, Chile*

En la Figura 29 se observa el hospital de Parral, el edificio se encuentra fuera de plomo, y la mampostería se ve severamente afectada, con riesgo a desplomarse. En la segunda planta se observan daños graves en la conexión de viga con la columna, incluso se desplaza hacia adelante y con fisuras o grietas en la unión viga columna.



**Figura 29.** Hospital de Parral (Fuente: Martínez et al, 2011)

#### **2.2.1.6 Impacto en Estructuras Especiales**

##### **Observaciones Generales**

En la zona Maule y BÍO-BÍO los puentes colapsaron y otros quedaron inhabilitados, según la CEPAL, 25 puentes y pasarelas colapsaron, 7 sufrieron daños estructurales importantes y 47 sin daños estructurales, dando un total de 79 puentes y pasarelas afectados por el sismo de Maule. Con el colapso de puentes, ciertos lugares de Maule quedaron inaccesibles por lo cual el Ministerio de Obras Públicas (MOP) realizó varios desvíos para poder llegar a estos lugares (CEPAL,2010).



**Figura 30.** Puente sobre río Maule (Fuente: Emol, 2012)

### **2.2.2 Eje Económico**

#### **Observaciones Generales**

Chile es un país el que está constantemente en alerta sísmica, y al igual que Japón es un ejemplo de un país en cuanto a preparación ante eventos sísmicos. Chile cuenta con sistemas de evacuación y prevención muy precisos ya que a lo largo de su historia este país ha sido afectado reiteradas veces por tsunamis y sismos. El tsunami de Maule destruyó gran parte de las zonas de la costa de Chile, que originó al país un costo de 30 mil millones de dólares, lo cual representa el 11% de su Producto Interno Bruto (PIB) (CEPAL,2010). Para entender la magnitud de los daños económicos del terremoto es necesario compararlo con terremotos ocurridos en Chile como en la región de Valdivia en el año 1960 donde la magnitud fue de 9.5 Mw (más grande registrado), este terremoto provocó un tsunami que afectó a más de 20 provincias en Chile, siendo los costos de este terremoto calculados por la cantidad de 3.089 millones dólares (actuales), lo cual implica el 5.5% en el PIB actual de Chile, que en comparación representó el doble de los costos ocasionados por el terremoto de Maule,



considerado como el más grande que haya tenido en la historia Chile en términos de pérdidas económicas (CEPAL,2010).

La región de Maule, con una población de 1.006.154 de habitantes fue severamente dañada por el tsunami. Según el CEPAL, el 54% de la población tuvo daños en sus viviendas. Dentro de la región de Maule, la ciudad de Concepción fue la más afectada por el tsunami con 350 muertes registradas y con 18 daños importantes en la red vial donde el principal problema se centraba en la caída de varios puentes.



**Figura 31.** Destrucción de las viviendas tras el tsunami en Maule (Fuente: Pardo, 2010)

El epicentro fue a 90km de la ciudad de Concepción, la segunda ciudad con más habitantes en Chile (con 229.118 habitantes según el INE), lo cual tuvo el mayor impacto en toda la región del BÍO-BÍO, Concepción.

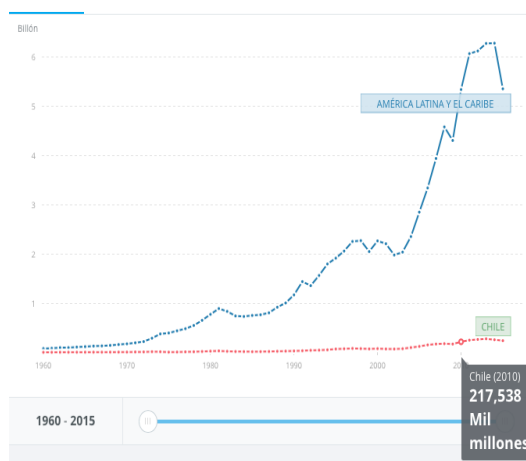
De acuerdo con el CEPAL, hubo 236.000 viviendas afectadas por el tsunami y el sismo, en las cuales 153.000 sufrieron daños menores y 83.000 con daños mayores. Durante el tsunami algunas embarcaciones fueron trasladadas desde el mar hasta el centro de la ciudad destruyéndolo todo. Sin embargo no solo estructuras quedaron dañadas en Concepción, varios puentes importantes colapsaron dejando incomunicada y sin red vial a la ciudad.



**Figura 32.** Vista de Maule tras el tsunami (Fuente: AFP, 2010)

### **Impacto Global Económico**

De acuerdo con la información del Banco Mundial, Chile está en la posición número 42 en el ranking del PIB del mundo en el año 2015 con 240.796 mil millones de dólares, sin embargo, con respecto América Latina y el Caribe, Chile con 240.796 mil millones forma el 22% del PIB de Latinoamérica. En la Figura 33 se muestra que el terremoto de Maule no tiene grandes repercusiones en la economía mundial, sin embargo, Chile es uno de los más importantes países en Latinoamérica ya que es destino de importaciones y exportaciones de países como Japón y China.



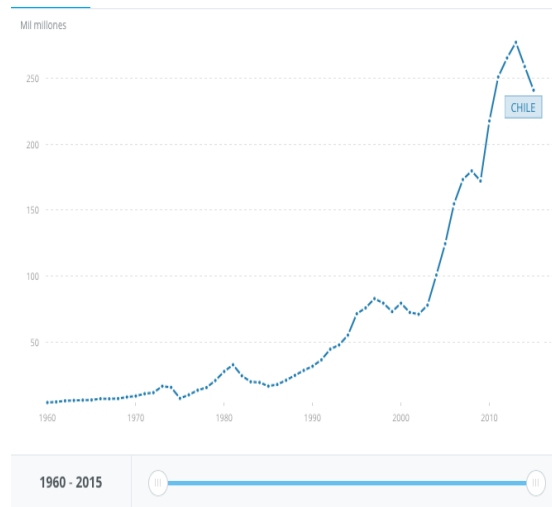
**Figura 33.** PIB de Chile correspondiente al año 2010 (Banco Mundial, 2016)



## Impacto Local

### Observaciones generales

El impacto local recibido durante este gran terremoto con relación al Producto Interno Bruto (PIB) de Chile fue de 217.538 mil millones de dólares respecto al del año anterior (2009) el Ministerio de hacienda estimó que para el año 2013, el gobierno de Chile logrará recuperar lo provocado por el terremoto. El PIB del año 2013 fue 277,079 mil millones comparando con el del 2012 que fue 265.232 mil millones, muestra un aumento en el 3.3% del PIB de Chile. En la Figura 34 se observan los cambios del PIB desde el 1960 al 2015. (Banco Mundial, 2016),



**Figura 34.** PIB de Chile desde el año 1960 al 2015 (Banco Mundial, 2016)

En la Figura 34 se puede observar un inexistente decaimiento en el PIB debido al terremoto del 2010, sin embargo, como se dijo al inicio de este trabajo varias zonas de Chile fueron muy afectadas, es por esta razón que la Tabla 16 muestra los daños comparados con sismos pasados en Chile, entre estos, el terremoto de Valdivia de 1960, con una magnitud de 9.5 Mw que dejó alrededor de 6.000 muertes.

## **Plan de Reconstrucción**

El plan de reconstrucción empezó en agosto del año 2010 (6 meses después del evento), tiene como fin ayudar a los damnificados y construir viviendas. El gobierno de Chile describe este plan como de la reconstrucción del 27 de febrero, como “la reconstrucción de todos los procesos vivenciados en los últimos años requieren ser reconocidos en sus aciertos y trabajar en sus debilidades, lo que hacemos y como lo hacemos, en especial respecto de las repercusiones de éstos en las personas y los territorios debe permitirnos tomar las medidas que permitan adecuar las estructuras, mejorar los procedimientos y desarrollar nuevas y mejores herramientas” (Forttes, 2014). Según Forttes en el año 2014, muestra que se han realizado 383 liquidaciones de contratos por incumplimiento de contratista. El incumplimiento se debe principalmente al abandono de obra de los contratistas. Se registró un avance menor en el proceso de reconstrucción en zonas de 10.000 habitantes o menos. En septiembre del 2013, el avance era de 70,6% y en las zonas con más número de habitantes era 80,3%, sin embargo, en febrero 2014 (5 meses después) los datos indican que en zonas con menos de 10.000 habitantes tenían un avance del 79% de reconstrucción mientras que en zonas de mayores habitantes 91% (Forttes, 2014).

### 2.2.3 Eje Social

#### Observaciones Generales

Chile es uno de los país más sísmicos del continente y cuenta con medidas avanzadas para la preparación y prevención sísmica, sin embargo, de acuerdo con la Agencia Nacional Policiaca de Japón, después del terremoto se estima que: 15.560 personas murieron, 5.689 quedan heridos, 5.329 desaparecidos (sin registro alguno). Igualmente, se puede estimar que después del sismo 165.000 personas quedaron viviendo en refugios, 260.000 hogares sin agua caliente y 170.000 hogares quedaron sin electricidad. Los valores mencionados anteriormente son productos del terremoto y tsunami del 2011 y no toman en cuenta sus réplicas, en este caso las réplicas causaron daños también, ya que una réplica el 8 de abril fue de Mw=7.1 (CEPAL,2010).

#### Descripción de daños

**Tabla 15.** Resumen de daños por el terremoto y tsunami de Chile 2010

Características	1939 (24 de enero)	1960 (21 y 22 de enero)	1985 (3 de marzo)	2010 (27 de febrero)
Magnitud (° Richter)	8.3	9.6	7.7	8.8
Epicentro	Chillán	Valdivia y concepción (2 terremotos y 1 maremoto)	San Antonio	Cobquecura
Área afectada	Provincias de Talca a Angol =VII-IX	13 de 25 provincias del país (entre Talca y Chiloé) = VII-X	Principalmente V, VI y RM	Desde la V a la IX región
Víctimas Fatales	30.000	60.001	177	521
Damnificados	n/a	2 millones	979.792	2 millones
Viviendas destruidas	95% de las viviendas de Chillán	45 mil	142.489	200 mil

Superficie afectada (km <sup>2</sup> )	99.207	166.220	48.186	131.006
Superficie afectada (%)	4.9%	8.3%	2.4%	6.5%
Habitantes zona terremoto	1.261.623	2.780.213	6.114.846	12.800.000
Población Total Chile	4.930.000	7.374.115	12.102.174	17.094.275
Población afectada (%)	26%	38%	50%	75%
Daño total (millones de US\$ corrientes)	1.450	3.089	2.106	30 mil millones
Stock de capital total (millones de US\$ corrientes)	n/a	56.326	106.577	278.494
Pérdida de stock de capital (%)	n/a	5.5%	2%	11%

---

(Fuente: Gobierno de Chile, 2010)

En la Tabla 15 se observa que los daños por el terremoto de Maule y el de Valdivia dejaron 2 millones de damnificados, sin embargo, debido al crecimiento poblacional, podemos ver que Chile en el año 2010 tenía una población de 17.094.275 habitantes, mientras que en el 1960 su población era de 7.374.115 esto muestra un crecimiento poblacional de 43%. El terremoto de Maule produjo 200 mil viviendas destruidas mientras que el evento de Valdivia 40 mil así siendo los dos terremotos más destructivos de la historia de Chile.

## **Respuesta del Gobierno**

El CEPAL muestra que el gobierno respaldó la reconstrucción en la zona costera de Chile, pues el país utilizó recursos propios o del sistema financiero para la reconstrucción y se tratara de hacer en el menor tiempo posible (CEPAL,2010). El presidente electo era Sebastián Piñera, quien utilizó la reconstrucción de lugares como Maule y BIO-BIO para ganar votos y obtener la presidencia, cargo que ocupó por el periodo comprendido entre los años 2010-2014, luego pasando a la presidenta Michelle Bachelet quien asumió el cargo en marzo del año 2014, continuó la reconstrucción de zonas afectadas. Paula Forttes en el 2014 menciona que “Los procesos de reconstrucción no pueden ser entendidos como tareas de un solo Gobierno, ya que muchas veces trascenderán del período que corresponda a tal o cual administración, así lo demuestra la experiencia tanto nacional como internacional. De igual modo, tampoco pueden ser utilizados con otros fines que no sean el de mejorar la situación de las personas y sus territorios” (Forttes,2014).

## 2.3 Terremoto Tohoku (2011)

### Descripción general del terremoto

Tohoku es una ciudad en Japón, que tiene una población de 61,993 habitantes. El 11 de marzo de 2011 a las 14:46:23 p.m. (hora local), la USGS determinó el desplazamiento y previa colisión de las placas del pacífico y la placa norteamericana, generando un terremoto de 9.0Mw, este terremoto se pudo sentir en toda la costa de Japón. Generó un tsunami que afectó gravemente a toda la costa del país. Una de las prefecturas más afectadas fue Miyagi , En el cual se estima que murieron más de 20.000 personas a causa del tsunami, que destruyó las edificaciones que se encontraban en las costas de Japón, sin embargo el daño causado a las centrales nucleares en la Prefectura de Fukushima es lo que convierte a este terremoto como uno de los más devastadores de toda la historia.

### Información general

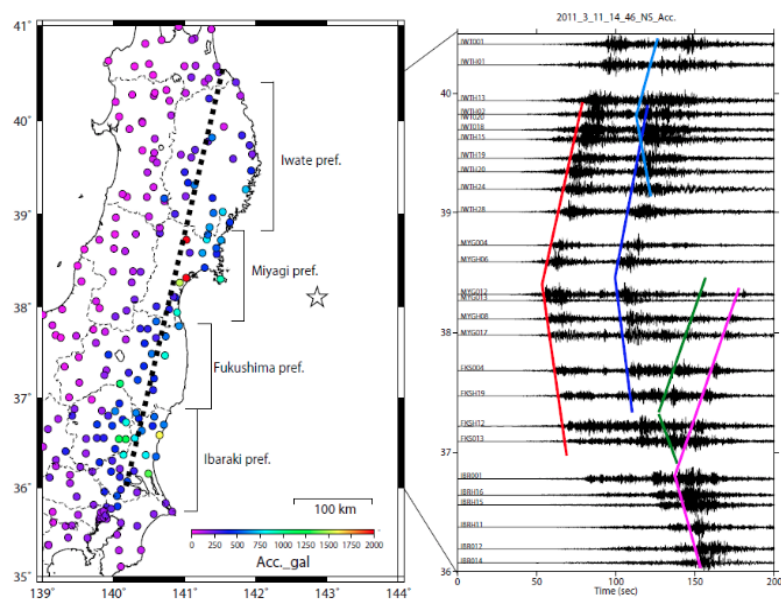
**Tabla 16.** Información general sobre el terremoto de Tohoku

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Duración del evento	6 min
Epicentro	130 km de Sendai
Aceleración	Excedió 2.78g
Profundidad	24km
Hora del evento	14:46
Número de personas muertas	20,000
Daños económicos	122 - 253 billones de dólares

## 2.3.1 Eje Estructural

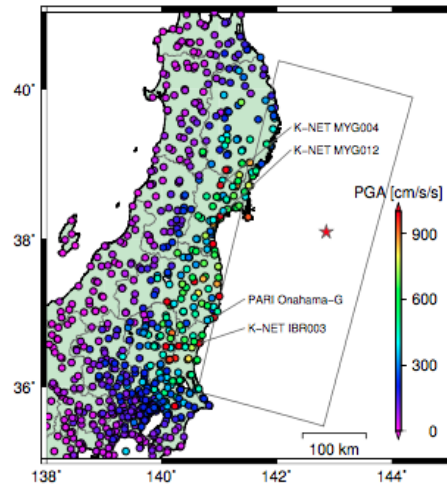
### 2.3.1.1 Aspectos sismológicos

El epicentro del terremoto fue ubicado a  $38^{\circ}19'19''\text{N } 142^{\circ}22'08''$ , a 130 km al este de Sendai, en la prefectura de Miyagi donde se pudieron observar aceleraciones cerca de los 3g, el evento se produjo a las 14:46 p.m.(hora local) y la USGS determinó un sismo con 9.0Mw. El terremoto se produjo por la colisión de la placa del Pacífico la cual subduce a la placa de Norteamérica. La fractura, debido a la subducción, presentó las siguientes dimensiones: 500 km de longitud y 200 km de ancho, generando el sismo más fuerte registrado en Japón y el cuarto en el mundo. Durante el evento, en diferentes ciudades se sintieron intensidades altas en algunas prefecturas de Japón entre estas Miyagi, Fukushima, Ibaraki y Tshigi. Estas ciudades contaban con acelerógrafos de tres componentes que registraron aceleraciones en rangos de 0.5 y 10 Hz. En la Figura 35 se puede ver la distribución de las estaciones en las costas de Japón, ubicadas por las prefecturas correspondientes (Irikura, 2011).



**Figura 35.** Distribución de estaciones (Irikura, 2011)

En el terremoto de Tohoku se pudieron registrar aceleraciones en varias zonas en la costa de Japón, sin embargo es necesario tomar en cuenta que los lugares cerca del epicentro se evidenciaron las mayores aceleraciones. En la Figura 37 se presenta los registros de PGA para toda la costa de Japón (Irikura, 2011).



**Figura 36.** Distribución de PGAs Japón 2011(Componente Horizontal) (Goto y Morikawa, 2011)

En la Figura 36 se presentan cuatro de los PGAs más fuertes registrados durante el evento. Esto muestra que la mayor aceleración se produce en la Prefectura de Miyagi con un valor de 2765 cm/s<sup>2</sup> o 2.78g, en lugares cercanos al epicentro las aceleraciones fácilmente excede el 1g.

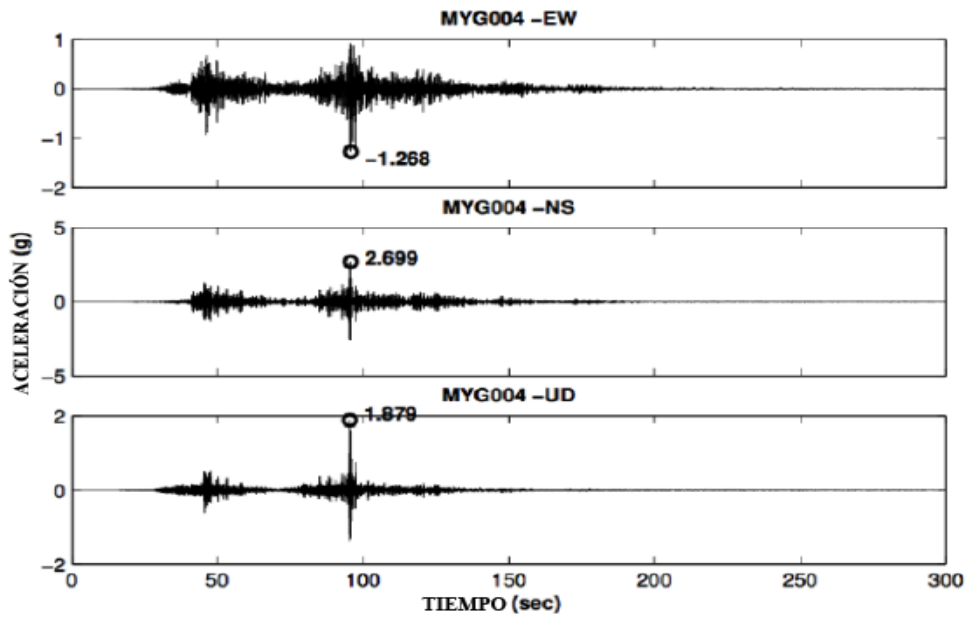


**Tabla 17.** Registro de PGAs en las estaciones Japón 2011

PGA [cm/s <sup>2</sup> ]	Estación
2765	K-NET MYG004
1970	K-NET MYG012
1913	PARI Onahama-G
1425	K-NET FKS016

(Fuente: Goto y Morikawa, 2011)

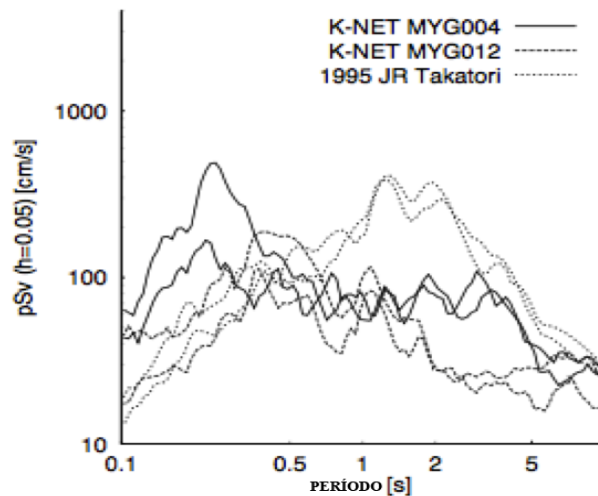
En la Figura 37 se observan los componentes registrados por la estación MYG004.



**Figura 37.** Gráfica de aceleraciones estación MYG 004 ,EW,NS,UD, respectivamente

(Fuente: Goto y Morikawa, 2011)

En la Figura 38 se muestra la comparación de pseudo velocidad de dos estaciones durante el terremoto de Tohoku y un registro de pseudo velocidad del terremoto de Kobe en 1995.



**Figura 38.** Comparación de pseudo velocidades Tohaku vs Kobe (Goto y Morikawa, 2011)

En la Figura 38 podemos observar que para periodos menores a 0,5 seg las estaciones K-NET MYG004 y K-NET MYG012 superan a las pseudo velocidades presentadas por el registro de Kobe (95), sin embargo en periodos de 1 a 2 segundos Kobe supera ampliamente a las estaciones de Miyagi.

### 2.3.1.2 Aspectos geotécnicos

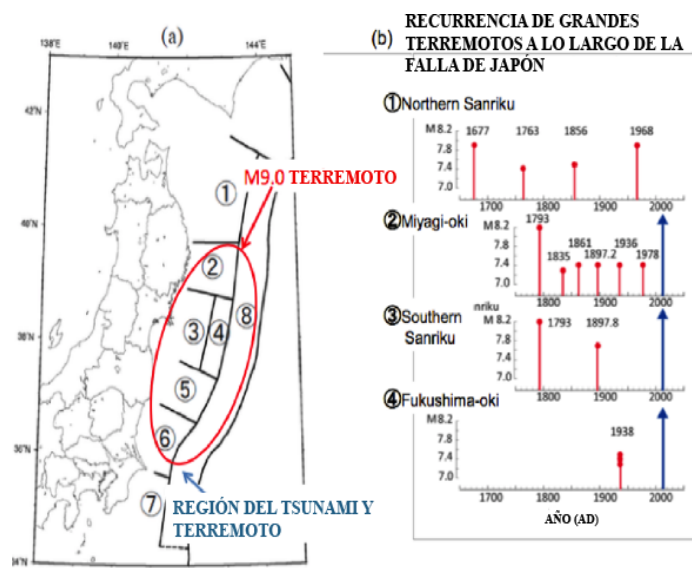
El terremoto de  $M_w = 9.0$  produjo la caída de rocas, el deslizamiento de tierra y licuefacción. La licuefacción produjo varios daños a lo largo de la costa de Japón, en Tokyo Bay se evidencio varios casos de licuefacción, como en parques y Disneyland respectivamente que se observan en la Figura 39.



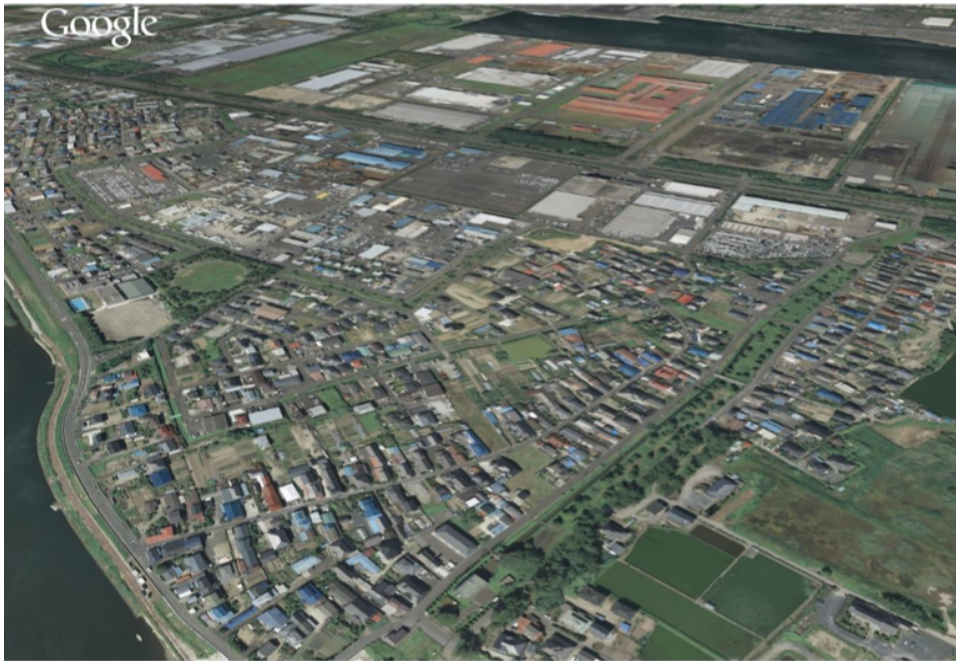
**Figura 39.** Licuefacciones, Tokyo Bay (izq). Disneyland (der) (Fuente: Bhattacharya et.al, 2011)

## Tsunami

El tsunami es el efecto secundario que causó más daño, comenzó aproximadamente 15 min luego del terremoto y generó olas de 10 a 40 metros de altura que inundó una superficie de 560 km<sup>2</sup>, ocasionó daños en varias partes de la costa de Japón dejando un saldo aproximado de 20.000 muertos. La estimación de daños económicos generados por el tsunami es de 122-235 billones de dólares. En la siguiente Figura 40 se observan las zonas afectadas por el tsunami, junto con gráficos que muestran la recurrencia de tsunamis a lo largo de la falla de Japón (Johnson, 2011).



**Figura 40.** (a) Zonas de afectación tsunami, (b) recurrencia de tsunamis (Fuente: Irikura, 2011)

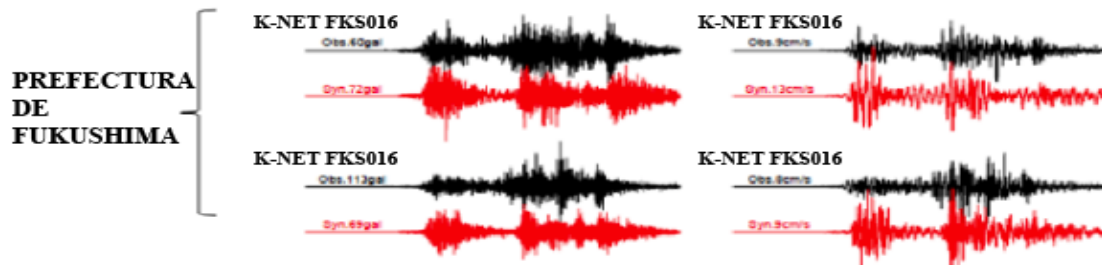


**Figura 41.** Antes del tsunami en Arada, Sendai- Japón (Fuente: BBC, 2011)



**Figura 42.** Después del tsunami en Arada, Sendai- Japón (Fuente: BBC, 2011)

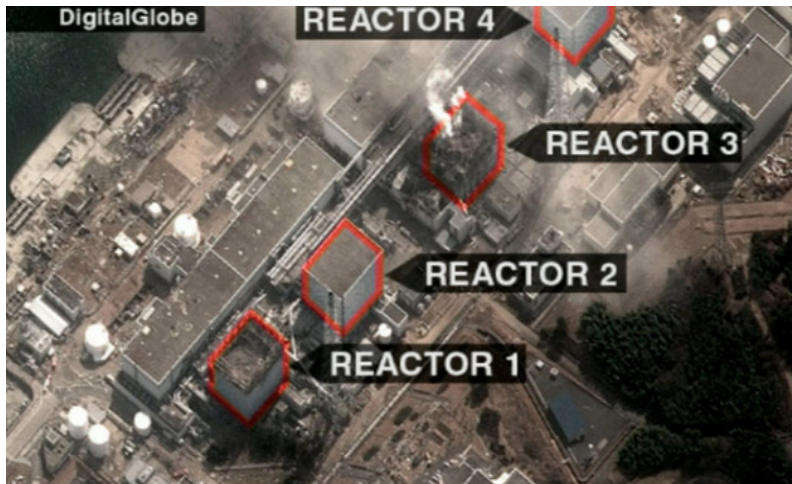
Entre todas las zonas afectadas por el tsunami, Fukushima fue la que más daños presentó. Fukushima está ubicada a 177 km del epicentro en la ciudad de Osaki, prefectura de Miyagi, en este lugar las estaciones registraron aceleraciones que excedían el 1g.



**Figura 43.** Aceleraciones Fukushima (Fuente: Ikura y Kurahashi, 2011)

Las categorías de daños son: 1) Casas Totalmente Colapsadas; 2) Daños severos; 3) Terreno Abierto; 4) Otros (Goto y Morikawa, 2011). Una estimación de las categorías 1, 2 y 3 fue de entre 37 edificaciones colapsadas y con daños. Sin embargo el daño más significativo del tsunami fue a la central nuclear de la planta de energía nuclear de Tokio (Tepco), ubicada en Fukushima, la cual mostró severos daños durante este evento. La central nuclear de Fukushima N°1 cuenta con 6 reactores, solo los reactores 1, 2 y 3 se presentaron daños, el reactor 4 se encontraba sin combustible por mantenimiento, los reactores 5 y 6 desconectados por trabajos antes del evento, sin embargo las bombas de refrigeración del combustible gastado resultaron dañadas, los reactores 1, 2 y 3 se detuvieron automáticamente durante el tsunami, sin embargo presentaban daños en las bombas de enfriamiento (Blázquez, 2011). El daño generado en el reactor 3 provocó que el combustible se funda perforando la vasija de presión por lo que se filtro el líquido a la vasija de contención primaria, generando que la radiación afectara a toda Fukushima. La radiación generada por la central nuclear se registró a 300 km. En la Figura 44 se muestra el daño en los reactores.





**Figura 44.** Daños a reactores Fukushima (Fuente: Ikura y Kurahashi, 2011)

### **2.3.1.3 Desempeño de las estructuras post evento sísmico**

#### **Observaciones generales**

El terremoto de Tohoku generó aceleraciones que excedían el 1g y otras que se acercaron a 3g. Las edificaciones no presentaron daños severos por efecto del terremoto sino que los daños presentados fueron producto del tsunami. Las edificaciones de madera en lugares cerca de la costa fueron totalmente destruidas al igual que las edificaciones de hormigón o acero que también colapsaron o quedaron severamente dañadas. En la actualidad no existe norma de diseño contra estos, sin embargo, existe una medida de prevención contra tsunamis que consiste en la construcción de rompeolas ubicados en la costa, en zonas de subducción. En el caso de Japón existe un documento llamado “Manual de Diseño de Edificios De Evacuación para Tsunamis” sin embargo el documento no es un requisito de construcción, por esta razón solo pocas estructuras fueron construidas usando estas normas. En el caso de Japón en el 2011, el tsunami destruyó los rompeolas y dañó edificaciones, centrales nucleares, diques, represas entre otros (Goto y Morikawa, 2011).

### 2.3.1.4 Comportamiento de Edificios

#### Edificaciones de hormigón

La ciudad de Onagawa se vio severamente afectada por tsunami, las edificaciones en Onagawa eran generalmente construidas usando pilotes, por lo cual la falla principal se debe a corte en las conexiones de pilotes con los dados de cimentación, provocando el volcamiento de las estructuras. El efecto licuefacción afectó las cimentaciones de los edificios provocando colapsos en la ciudad de Onagawa (Shibayama et al., 2012). En la Figura 46 se observa el volcamiento de una edificación en Onagawa.



**Figura 45.** Volcamiento de una edificación en Onagawa (Fuente: Shibayama et.al, 2012)

#### Edificaciones de Madera

Las estructuras de madera en Japón se ubicaban en lugares altos, la construcción de estructuras de madera consiste en la primera planta (base) de hormigón y la parte superior de madera. Como podemos observar en la Figura 47, la parte superior (madera) fue totalmente desplazada de su base y se encuentra totalmente invertida debido al tsunami.



**Figura 46.** Estructura de madera desplazado por tsunami (Fuente: Shibayama et.al, 2012)

### 2.3.1.5 Impacto en estructuras esenciales

#### Hospitales

En Japón la construcción de hospitales y colegios es muy rigurosa; sin embargo no se diseñan para soportar las fuerzas generadas por un tsunami. En la Figura 47 se observa el Hospital de Minamisanriku donde la estructura no presenta daños en elementos estructurales, sin embargo, todas las ventanas se encuentran llenas de escombros, resultando en que el equipamiento fue afectado y su servicio interrumpido por el terremoto.



**Figura 47.** Hospital de Minamisanriku (Fuente: Mundo, 2011)



## Impacto en Rompeolas y Diques

La medida de prevención contra tsunamis en Japón es el uso de rompeolas y diques de protección, estas estructuras son principalmente de hormigón armado. En la Figura 48 (dique) y Figura 49 (Rompeolas), respectivamente, podemos evidenciar el daño posterior al terremoto.



**Figura 48.** Medida de prevención contra tsunamis, Dique (Fuente: Shibayama et. al, 2011)



**Figura 49.** Rompeolas en Japón (Fuente: Shibayama et. al, 2011)

## **Impacto a Refugios / Estructuras de protección**

En Japón las medidas de evacuación consisten en estructuras que sirven de albergues durante los terremotos, estos albergues se encuentran en lugares estratégicos donde están rodeados de muros de hormigón para protegerse de las olas, sin embargo los lugares de evacuación no fueron suficientes para contener las olas producidas por el terremoto y quedaron totalmente destruidos, generando miles de fallecidos.



**Figura 50.** Estructuras de protección, defensas costeras (Fuente: Shibayama et. al, 2011)

### **2.3.2 Eje Económico**

#### **Observaciones Generales**

Japón es un ejemplo de un país en cuanto a preparación ante eventos sísmicos, sus sistemas de evacuación y prevención son las mejores del mundo. Se estima que el tsunami le costó a Japón 25 billones de yenes (unos 308.000 millones de dólares) lo que representa el 5,2% de su Producto Interno Bruto (JST,2011), comparado con los daños generados durante el terremoto de Kobe, Japón en 1995, que ascendieron a 175.000 millones dólares (actuales) lo cual implica un 2% en el PIB actual de Japón. Es necesario notar que la diferencia es del doble por lo que el terremoto de Tohoku es la catástrofe más grande que haya tenido la historia Japón (Bustelo,2011).

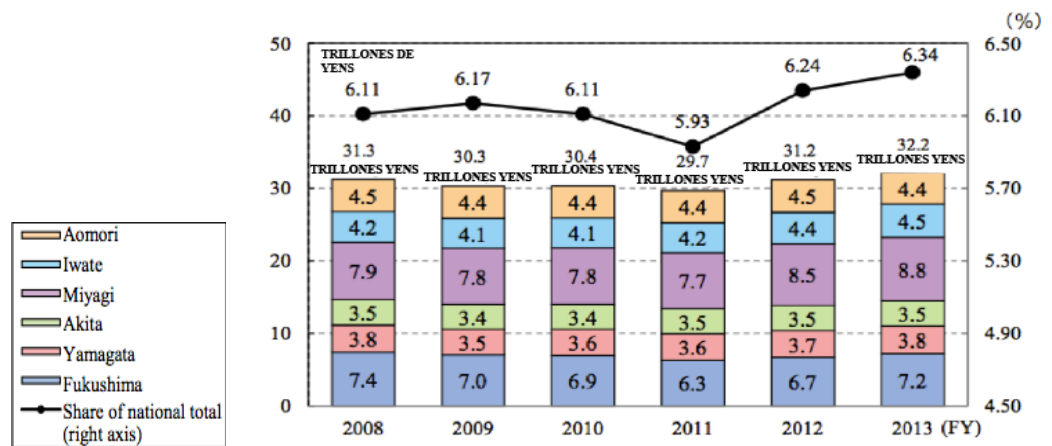
#### **Impacto Global Económico**

Japón es la tercera potencia económica más poderosa del mundo, representa al 9% de producto bruto mundial (Bustelo,2011). Bustelo también muestra que el terremoto de Tohoku no tiene grandes repercusiones en la economía mundial, sin embargo, la crisis de la central nuclear Fukushima afectó a Tokio, capital de Japón, por medio de sus apagones, las empresas japonesas en el exterior no recibieron materia, ya que dependen directamente de las centrales en Tokio. Bustelo señala que Japón es el destino del 8% de las exportaciones de China, del 5% de exportaciones de Estados Unidos y del 2% de exportaciones de Europa, si a esto se le suma el alza en los precios del petróleo debido a la situación de los países árabes, puede llegar a representar un problema más global (Bustelo,2011).

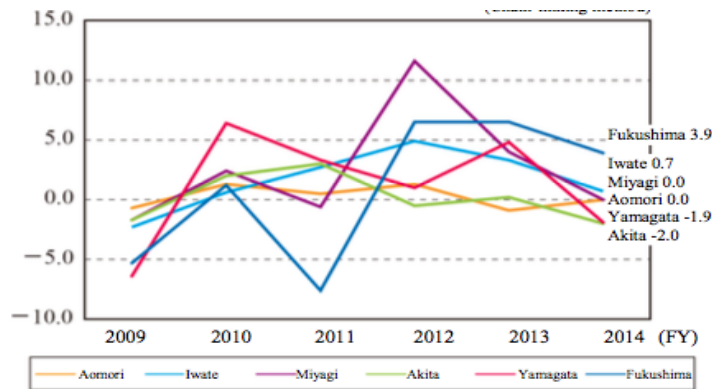
## Impacto Local

### Observaciones generales

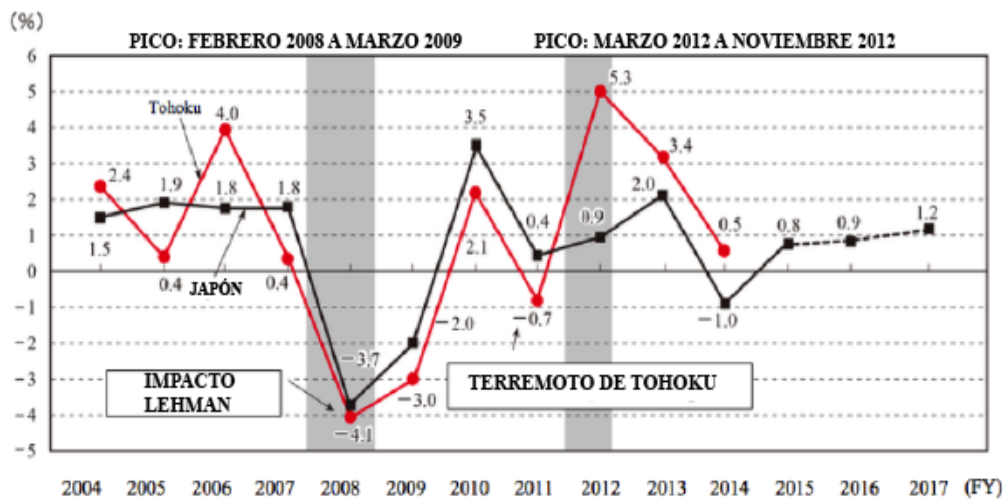
En la Figura 51 se observa un decaimiento en el PIB debido al terremoto del 2011, en el año 2010 el PIB de Japón fue de 30.4 trillones de yens, en este año se estimó un incremento de 2% del PIB, sin embargo, en el año 2011 Japón baja a 29.7 trillones de yens. En la Figura 53 se observa el crecimiento económico en las prefecturas cercanas al epicentro, donde Fukushima baja durante el año del terremoto un 5%, sin embargo, incremento en el año 2012 esto se debe a los esfuerzos del gobierno. En la Figura 54 se observa el crecimiento económico de Tohoku con respecto a Japón donde muestra un decaimiento del 0.7% de su PIB debido al terremoto.



**Figura 51.** PIB de Japón desde el año 2008 al 2013 (Fuente: Economic Overview of Tohoku Region, 2016)



**Figura 52.** Cambio en el crecimiento económico de las prefecturas de Japón cercanas al epicentro (Fuente: Economic Overview of Tohoku Region, 2016)



**Figura 53.** El crecimiento económico de Tohoku con respecto a Japón (Fuente: Economic Overview of Tohoku Region, 2016)

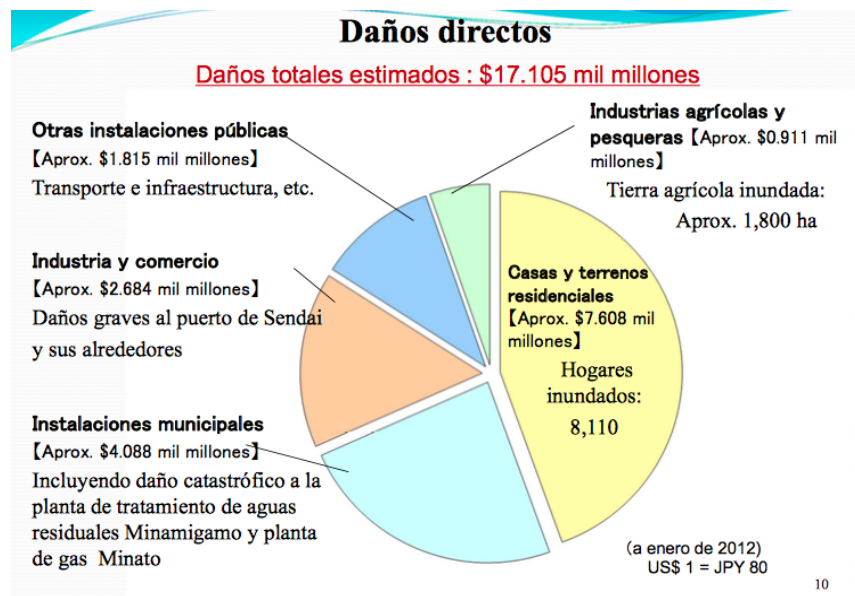
### Plan de Reconstrucción

Para poder diseñar un plan de reconstrucción en Japón, los esfuerzos inmediatos fueron:

- 1) Recolectar información determinar un plan de acción;
- 2) Bomberos, búsqueda y rescate;
- 3) Consejos sobre evacuación (tsunami, daños a las viviendas, oil fire);
- 4) Solicitud de ayuda de las fuerzas de autoayuda de Japón y otras ciudades;

- 5) Operación de zonas de refugios,
- 6) Abastecimiento de combustible;
- 7) Evaluación de riesgo de emergencia para edificios dañados;
- 8) Retiro de desechos;
- 9) Establecer una mesa de servicio de consulta;

Para cumplir con los esfuerzos inmediatos es necesario determinar qué sectores fueron dañados y señalar los daños directos e indirectos producidos por el tsunami, para posteriormente realizar un plan de acción.



**Figura 54.** Estimación de daños directos (Fuente: Economic Overview of Tohoku Region, 2016)

Los daños indirectos son: la interrupción de las actividades diarias debido a la falta de combustible, el estancamiento de la producción debido a la interrupción de la cadena de abastecimiento y rumores dañinos relacionados con el accidente nuclear.

### **Costo de reconstrucción**

Como se mostró en este trabajo es difícil saber exactamente todos los daños que va a causar a largo plazo el terremoto de Tohoku, sin embargo, un plan de reconstrucción consistió en que la empresa responsable de los daños TEPCO debe indemnizar por los daños en sus centrales nucleares. Sin embargo, uno de los métodos será imponer impuestos para lograr mitigar el daño en las regiones afectadas, estos impuestos son presentados en el inciso 1.4.3 de este trabajo. Como respuesta a esta enmienda un artículo en el año 2012 (1 año después del evento) menciona que el alcalde Katsunobu Sakurai dice que 27.000 personas de las 70.000 dejaron la región afectando a la recaudación de impuestos, es por esta razón que los daños económicos deben ser solventados por la compañía TEPCO. La comisión del gobierno muestra que TEPCO debe pagar 59.200 millones de dólares por indemnizaciones en un periodo de dos años.

### **2.3.3 Eje Social**

#### **Observaciones Generales**

Como se menciona en el inciso 1.3.1 Japón es el país más desarrollado en cuanto a preparación y prevención, sin embargo, de acuerdo con la Agencia Nacional Policiaca de Japón después del terremoto se estima que: 15.560 personas murieron, 5.689 heridos, 5.329 desaparecidos (sin registro alguno), 165.000 personas viviendo en refugios, 260.000 hogares sin agua caliente y 170.000 sin electricidad, estos datos son de la agencia Japonesa de ciencia y tecnología. Es necesario recalcar que los datos mostrados anteriormente son productos del terremoto y tsunami del 2011 estos datos no toman en cuenta las réplicas, en este caso las réplicas también causaron daños ya que una réplica el 8 de abril fue de 7.1Mw.

## Descripción de daños

**Tabla 18.** Resumen de daños generados por el tsunami de Tohoku

Daño Humano			Daño a viviendas				Total
Nombre	Muertes	Desaparecidos	Heridos	Totalmente destruidas	Severamente dañadas	Parcialmente dañadas	
Aomori	3	1	61	273	987	74	1,334
Iwate	4,392	3,275	165	17,1	2,569	1,259	20,928
Miyagi	8,941	5,971	3,411	56,71	12,237	13,345	82,292
Fukushima	1,544	632	227	7,246	5,571	42,202	55,019
Ibaraki	23	1	693	1,321	6,518	103,51	111,349
Otros	38	2	722	947	3,778	83,271	87,996
<b>Total</b>	<b>14,941</b>	<b>9,882</b>	<b>5,279</b>	<b>83,597</b>	<b>31,66</b>	<b>234,661</b>	<b>358,918</b>

(Fuente: Economic Overview of Tohoku Region, 2016)

Como se puede ver en la Tabla 18 las prefecturas de Iwate, Miyagi y Fukushima fueron los lugares más afectados debido al tsunami, el resto de prefecturas solo tienen 64 muertes en total, mientras que en estas tres prefecturas el número de personas fallecidas es 14.877. De la Tabla 18 podemos observar que Fukushima tiene el número mayor de viviendas caídas y como se mostró señaló anteriormente, en esta ciudad los reactores nucleares fueron afectados por el tsunami, lo que provocó que los habitantes de esta prefectura tuvieran que abandonar la zona. Según el diario de noticias electrónico Terra más de 140.000 personas fueron evacuadas de Fukushima y llevadas a albergues en donde debieron ser escaneadas para ver su nivel de radiación (Economic Overview of Tohoku Region, 2016)).



## **Respuesta del Gobierno**

La medida utilizada del gobierno fue la imposición de impuestos especiales para la reconstrucción: Impuesto a la renta especial para la reconstrucción (25 años a partir del 1 de enero de 2013), Impuesto especial de sociedades para la reconstrucción (3 años a partir del 1 de abril de 2012), Impuesto especial de residencia para la reconstrucción (10 años a partir del 1 de abril de 2014) . El Mundo es una de las mejores cadenas de noticias donde se muestra la reacción de las autoridades de Japón “el Primer Ministro, Naoto Kan, apareció en televisión apenas finalizado el seísmo. Ayer volvió a aparecer para transmitir tranquilidad: ‘Debemos hacer todo lo posible para salvar a todos los afectados por estas catástrofes. La seguridad de nuestros conciudadanos es la prioridad que guía nuestra acción’” (Mundo, 2011).

## **2.4 Terremoto Muisne - Pedernales (2016)**

### **Descripción general del terremoto**

El sábado 16 de abril de 2016 a las 18:58:36 p.m. (hora local), ocurre un sismo de 7.8Mw, en las costas del Ecuador afectando principalmente a la región de Manabí y Esmeraldas, en el cual murieron más de 600 personas y colapsaron hoteles, hospitales, colegios y viviendas en un radio de 300 km del epicentro dejando más de 8.000 personas damnificadas que debieron desplazarse a otras ciudades. Las ciudades más afectadas fueron Muisne, Pedernales, Jama y Canoa. En la ciudad de Quito, capital, se registraron señales con duración de más de 1 minuto, generando caos en la ciudad. Pedernales es la zona con mayor número de habitantes entre los lugares más afectados, presentando casi una destrucción total en todas sus edificaciones. De acuerdo con el censo realizado por Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2010, esta ciudad tiene una población de 55.1 mil habitantes. Pedernales era un lugar turístico dentro del Ecuador, sin embargo, quedó destruido durante el evento del 2016. Varias cadenas de hoteles, centros comerciales y hospitales colapsaron. Viviendas mayores a tres pisos también tuvieron que ser demolidas ya que tenían daños estructurales importantes según el informe del Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER). Se estima que los daños directos son de 150 millones de dólares. El sismo dejó en evidencia las malas prácticas constructivas que se realizan en la zona generando conciencia en la necesidad de buenas prácticas constructivas, control en los diseños para generar estructuras sismo resistente; que tengan como objetivo salvaguardar la vida de las personas.

## Información general

**Tabla 19.** Información general sobre el terremoto de Pedernales

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>
Duración del evento	1 min
Epicentro	29 km de Muisne
Aceleración máxima registrada	1.4g
Profundidad	21 km
Hora del evento	18:58:36 p.m.
Número de personas muertas	671
Número de personas albergadas	8,690
Número de personas rescatadas con vida	113
Daños económicos	Estimación de 1.3 billones de dólares

(GEER, 2016)

### 2.4.1 Eje Estructural

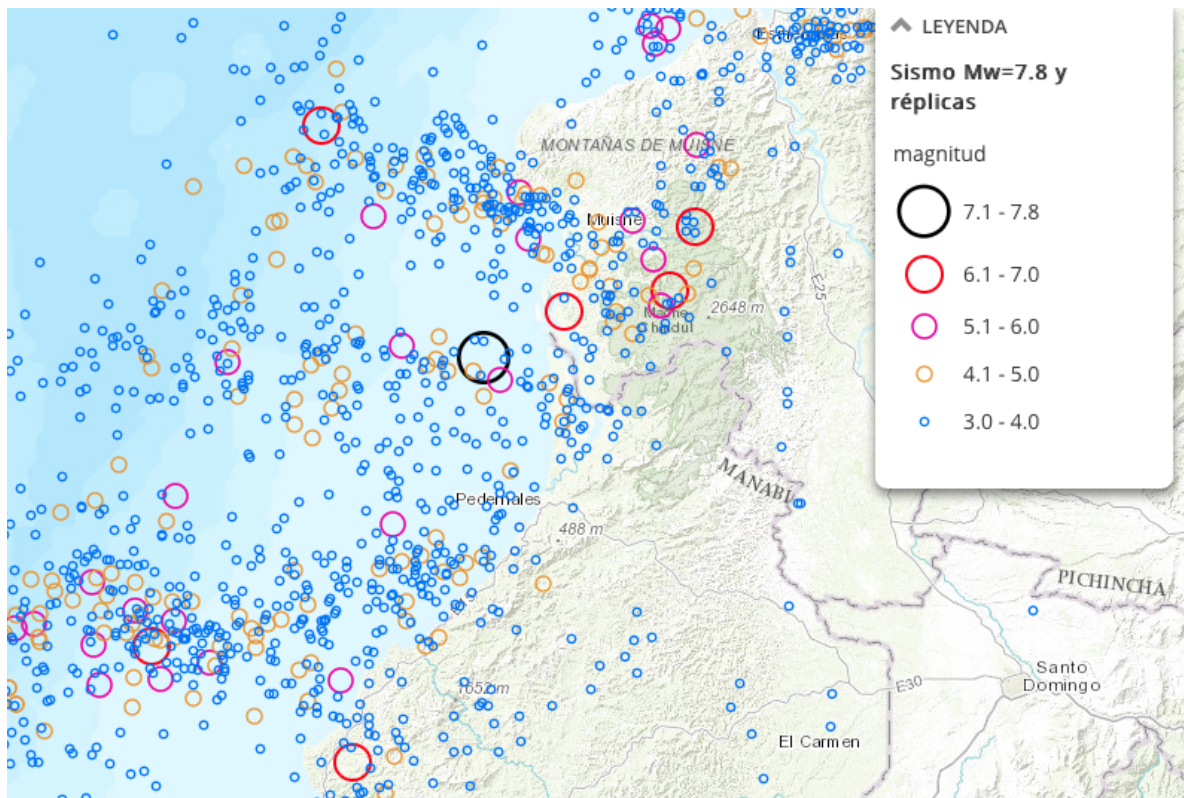
#### Historia sísmica

El sismo de Manabí se produjo por el fenómeno de subducción. La subducción es un fenómeno recurrente en el Ecuador y ha generado a lo largo de la historia varios sismos con magnitudes superiores a 7 en la escala de Richter. En Esmeraldas el 31 de enero de 1906 se produjo un terremoto de  $M_w= 8.8$ , este es el terremoto más alto registrado en Ecuador y ocupa el puesto número sexto en la lista de terremotos más grandes del mundo.

#### 2.4.1.1 Aspectos sismológicos

El epicentro del terremoto fue ubicado en  $0^{\circ}22'16''N$   $79^{\circ}56'24''O$  a 20 km de Muisne, el evento se produjo a las 18:58:36 p.m. (hora local). El USGS determinó un sismo de  $M_w=7.8$  a 21 km de profundidad, lo cual indica un sismo superficial. Pedernales, Portoviejo y Manta

son los lugares más cercanos al epicentro con mayor número de personas, en estos lugares se determinó el mayor número de estructuras colapsadas y pérdidas humanas.



**Figura 55.** Instituto Geofísico - EPN, mapa de Sismos y réplicas Muisne 2016 (IG-EPN,2016)

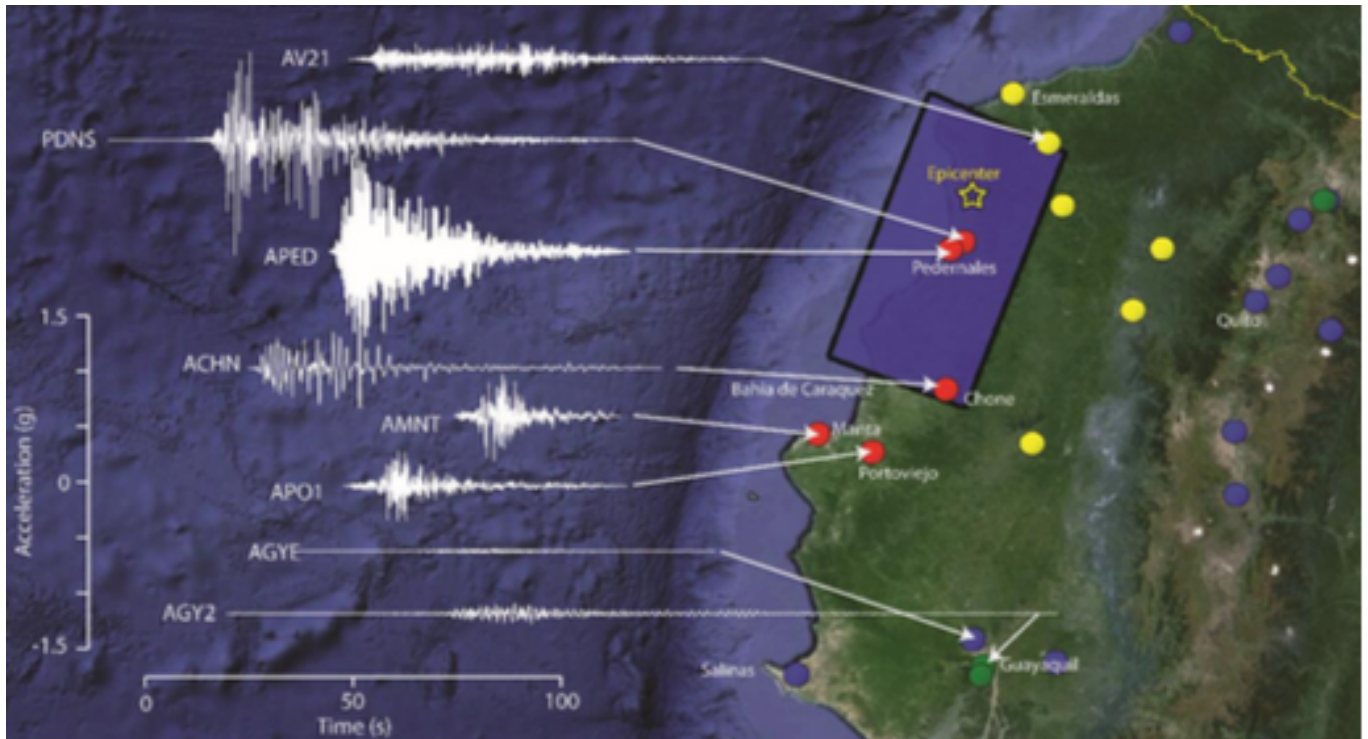
El instituto Geofísico es el encargado del monitoreo, vigilancia y diagnóstico de la actividad sísmica y volcanismo y dispone de la Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC). La RENAC cuenta con 29 acelerógrafos de tres componentes que registran los movimientos de la tierra durante el evento, estos instrumentos permiten obtener los acelerogramas del evento sísmico en sus tres componentes E-W, N-S, V. En la Tabla Nro. 22 se observa los datos de las estaciones de monitoreo con mayor PGA.

**Tabla 20. RENAC PGA**

Estación	Ciudad	Coordenadas Geográficas		R <sub>RUP</sub> (km)	V <sub>S30</sub> (m/s)	PGA (g)		
		Latitud	Longitud			EW	NS	VER
PDNS	Pedernales	0° 6' 39.6" N	79° 59' 27.6" W	21	-	<b>1.034</b>	<b>0.942</b>	<b>0.573</b>
APED	Pedernales	0° 4' 4.8" N	80° 3' 25.2" W	20	342	<b>1.408</b>	<b>0.83</b>	<b>0.742</b>
AES2	Esmeraldas	0° 59' 27.6" N	79° 38' 45.6" W	51	-	0.154	0.111	0.044
ACHN	Chone	0° 41' 52.8" S	80° 5' 2.4" W	34	200	0.328	0.371	0.173
APOI	Portoviejo	1° 2' 16.8" S	80° 27' 36" W	73	224	0.317	0.381	0.105
AMNT	Manta	0° 56' 27.6" S	80° 44' 6" W	76	496	0.404	0.525	0.162
EPNL	Quito	0° 12' 43.2" S	78° 29' 31.2" W	104	-	0.027	0.02	0.013
AGYE	Guayaquil	2° 3' 14.4" S	79° 57' 7.2" W	155	1800	0.019	0.024	0.015
AGY1	Guayaquil	2° 15' 3.6" S	79° 54' 36" W	175	178	0.059	0.065	0.02
AGY2	Guayaquil	-2° 11' 56.4" S	79° 53' 56.4" W	170	101	0.094	0.098	0.038

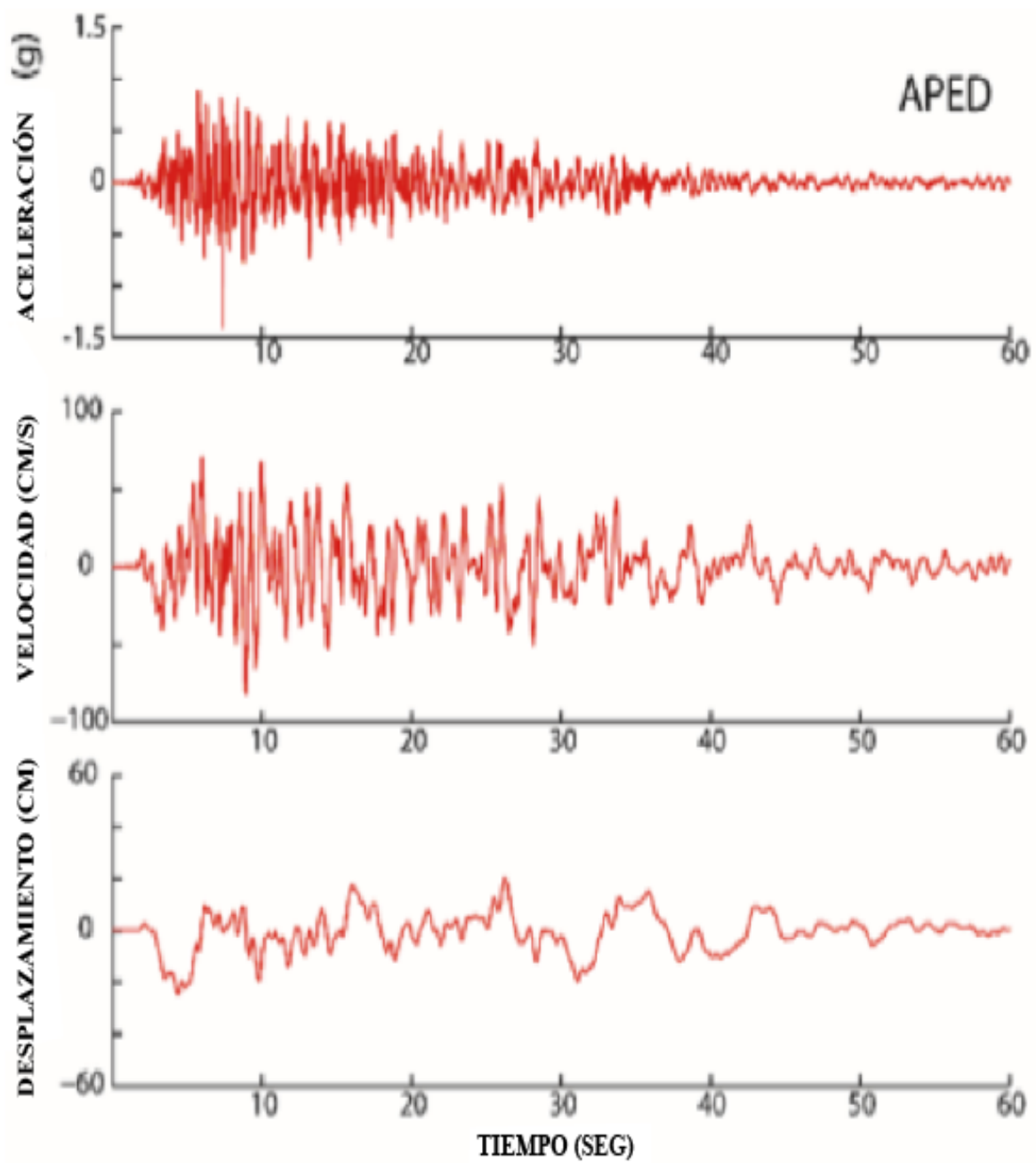
(GEER, 2016)

Como podemos observar en la Tabla 19, el movimiento más fuerte ocurre en Pedernales con una aceleración máxima de 1.4g. Estas aceleraciones se produjeron a 40 km del epicentro y con profundidades alrededor de 20 km. Sin embargo las ciudades más grandes del Ecuador, Quito y Guayaquil también tuvieron aceleraciones de 0.02 y 0.098 respectivamente, estas aceleraciones generaron que varias edificaciones colapsen y otras se vean afectadas. En la Figura 57 se observa un mapa del Ecuador con las aceleraciones y estaciones del RENAC.



**Figura 56.** Aceleraciones presentadas en diferentes puntos de la costa del Ecuador (GEER, 2016)

En las Figuras 57, 58, 59, 60 y 61 se muestra la historia de aceleraciones, velocidades y desplazamientos (Componente EW) realizadas por el GEER para las ciudades de Guayaquil y Quito por ser las ciudades con mayor número de habitantes del Ecuador, así como las historias presentadas para las ciudades de Manta, Pedernales y Portoviejo por su cercanía al epicentro.



**Figura 57.** Historia de aceleraciones, velocidades y desplazamientos del componente EW para Pedernales (Fuente: GEER, 2016)

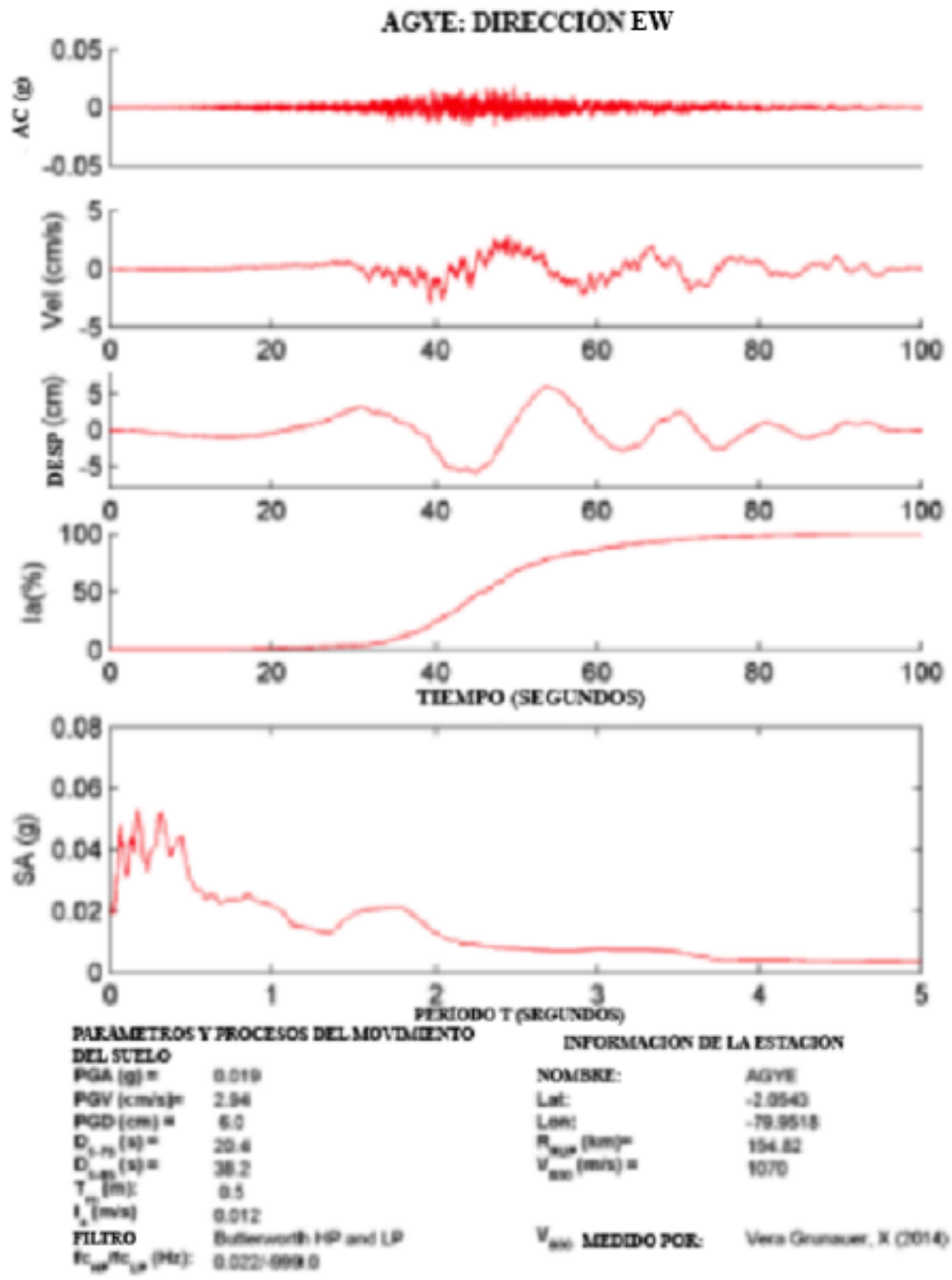


Figura 58. Aceleraciones en Guayaquil (Fuente: Geer,2016)



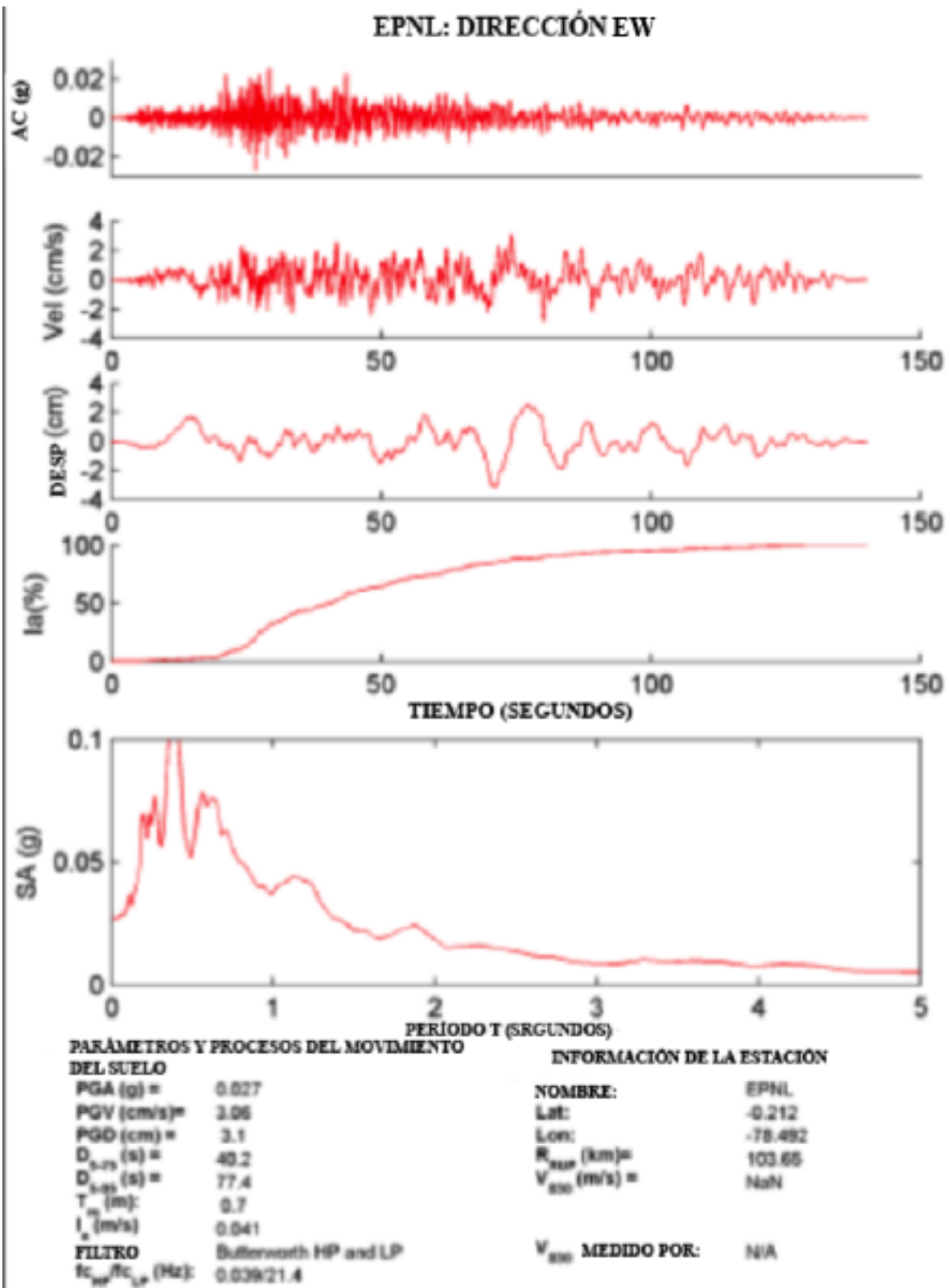


Figura 59. Aceleraciones en Quito (Fuente: Geer, 2016)

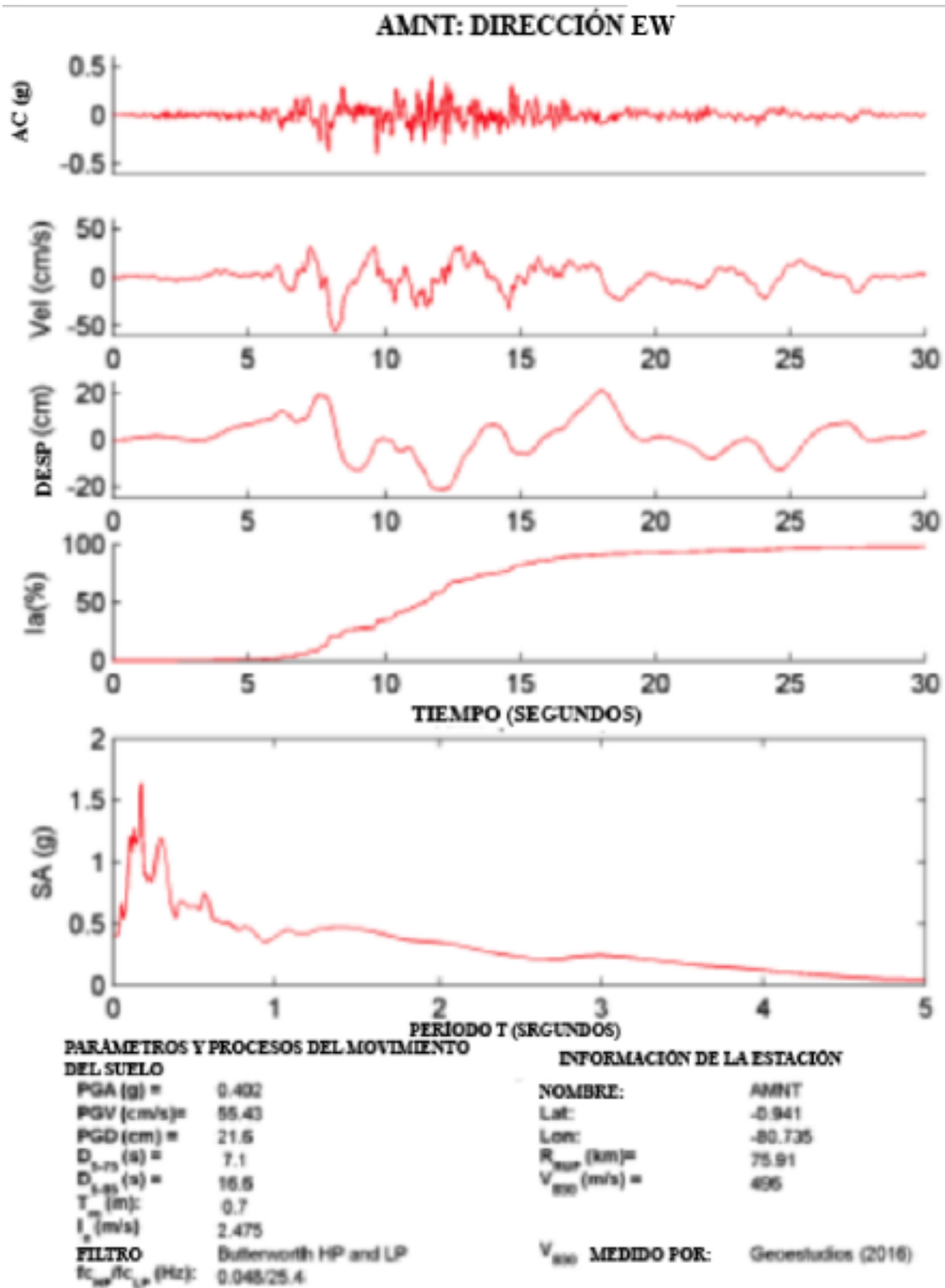
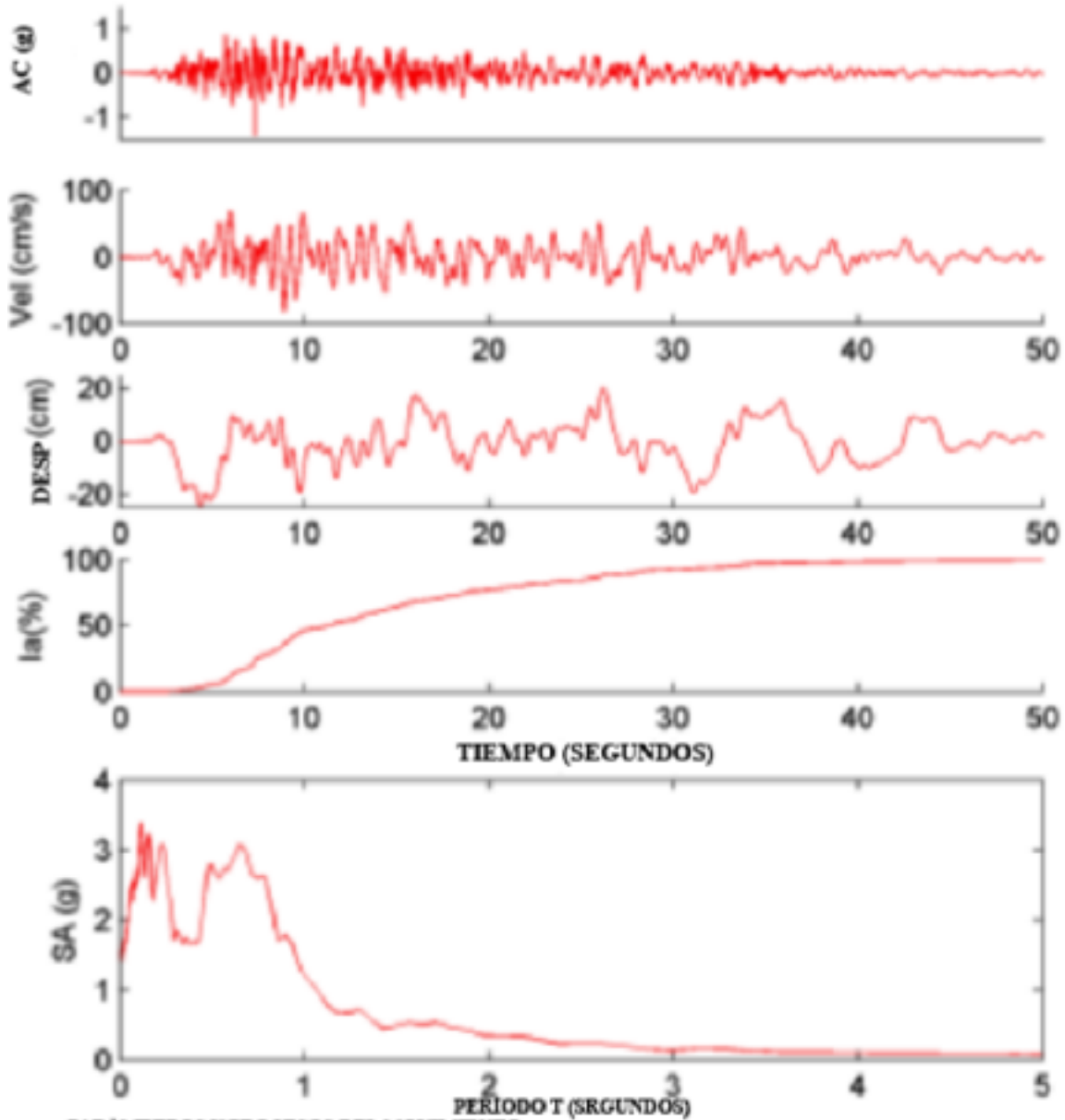


Figura 60. Aceleraciones en Manta (Fuente: GEER, 2016)

### APED: DIRECCIÓN EW



**PARAMETROS Y PROCESOS DEL MOVIMIENTO DEL SUELO**

PGA (g) =	1.407
PGV (cm/s) =	82.02
PGD (cm) =	24.6
$D_{1-75}$ (s) =	14.1
$D_{1-95}$ (s) =	28.4
$T_m$ (m) =	0.5
$I_m$ (m/s) =	28.667
<b>FILIKO</b>	Butterworth HP and LP
$f_{c_{HP}}/f_{c_{LP}}$ (Hz):	0.005-999.0

**INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN**

<b>NOMBRE:</b>	APED
Lat:	0.068
Lon:	-80.057
$R_{SUR}$ (km) =	20.09
$V_{SUR}$ (m/s) =	342
$V_{SUR}$ MEDIDO POR:	Geostudios (2016)

Figura 61. Aceleraciones en Pedernales (Fuente: GEER, 2016)

### **2.4.1.2 Aspectos geotécnicos**

El terremoto de Muisne generó licuefacción en el puerto de Manta el cual es el segundo puerto más grande del Ecuador, también produjo desprendimiento de rocas en las montañas en la zona de Manabí provocando algunos deslizamientos. No se conocen víctimas por el deslizamiento sin embargo retirar todo el material tardará varios años y recursos a Manabí (GEER, 2016).

### **2.4.1.3 Desempeño de las estructuras post evento sísmico**

#### **Edificios**

La filosofía de diseño sismoresistente procura “prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes; prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, y evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes”. Según la NEC las estructuras tienen “la capacidad para resistir las fuerzas especificadas por esta norma. Presentan las derivas de piso, ante dichas cargas, inferiores a las admisibles, disipan energía de deformación inelástica, haciendo uso de las técnicas de diseño por capacidad o mediante la utilización de dispositivos de control sísmico” (NEC,2015). Sin embargo la mayoría de las edificaciones se construyeron antes que esta norma estuviera vigente. El terremoto de Muisne- Pedernales dejó en evidencia las carencias de los sistemas constructivos en el Ecuador. Según el MIDUVI durante este evento colapsaron 7.000 edificaciones y más de 30.000 quedaron afectadas a lo largo de toda la costa Ecuatoriana. Para la costa de Manabí el factor  $Z$  es mayor a 0.5g, las aceleraciones en Pedernales excedieron 1.4g, terminando en colapso de estructuras. Debido a la profundidad superficial las estructuras más susceptibles fueron las de mediana altura (uno a

tres pisos), sin embargo, varios edificios de grandes más de 5 pisos cerca del epicentro colapsaron dejando aproximadamente 33.000 personas sin hogar en albergues temporales (IG-EPN,2016).

#### **2.4.1.4 Comportamiento de edificios**

##### **Piso Blando**

Las edificaciones presentan un patrón de daños, el cual se debe principalmente a la falla de las columnas en el primer piso provocando el colapso de la estructura. La falla por piso blando se debe a que en la zona de Manabí la construcción del primer piso de la edificación se utiliza para locales comerciales, los pisos siguientes son pisos de residencia, esto genera un cambio de rigidez en la estructura por lo cual durante el sismo en el primer piso se forman rótulas plásticas en las cabezas y bases de las columnas, generando el colapso de la edificación (GEER,2016).

##### **Pedernales, Portoviejo**

En la Figura 62 se puede observar un edificio de tres pisos en la ciudad de Manta. Se observa principalmente la falla de las columnas del primer piso generando que el segundo y tercer piso colapsen sobre el primero, a este efecto se le conoce como piso blando (GEER,2016). En la Figura 62 se observa que el segundo piso de la edificación se ve aplastado por los pisos superiores, debido al efecto de piso blando.



**Figura 62.** Edificación en Manta colapso por piso blando (Fuente: GEER, 2016)



**Figura 63.** Edificio en Portoviejo colapso por piso blando (GEER, 2016)

En la Figura 63 se puede observar que el movimiento de la estructura desplazó las columnas del primer piso desprendiendo la columna de la losa del segundo piso. Este movimiento generó rótulas plásticas en cabezas de las columnas. Se observan además daños en la mampostería producto del movimiento súbito de la estructura.



**Figura 64.** Edificio de Manta, con rótulas plásticas en la cabeza de las columnas del primer piso (GEER, 2016)

### **Losas Planas**

El sistema de entrepiso de losas planas se apoya en vigas durante un sismo, las columnas producen punzonamiento de la placa atravesando la losa; debido a esto pierde totalmente la interacción de losa – columna y se produce el colapso de estas columnas. El sistema de losas planas también afecta a los elementos no estructurales debido al daño en las columnas, producto de esto la estructura se vuelve débil y baja su resistencia a carga lateral. En la Figura 65 se puede evidenciar la presencia de una losa plana.



**Figura 65.** Losa plana (GEER, 2016)



**Figura 66.** Punzonamiento de columna (GEER, 2016)

En la Figura 66 se evidencia el efecto de Punzonamiento, donde la columna atraviesa la losa.

### **Mampostería**

Debido a los grandes desplazamientos laterales en las estructuras, los daños en mamposterías son más frecuentes. Se conoce como elementos no estructurales a las paredes o muros de división (mampostería) y/o fachadas. Estos elementos generalmente en el Ecuador son de cemento y/o arcilla. Con frecuencia en las edificaciones en el Ecuador la mampostería se utiliza de manera uniforme en todas las plantas de los edificios, durante un evento sísmico los elementos no estructurales al encontrarse confinados por las columnas, en ocasiones concentran grandes fuerzas cortantes estas. Las aberturas en la mampostería de las edificaciones en algunos casos produce el efecto de columna corta, donde la parte inferior de la columna se encuentra embebida en la mampostería y la parte superior libre. Durante el sismo la mayoría de edificaciones tenían elementos no estructurales dañados, con la probabilidad de caer sobre las personas que pasan caminan cerca de la edificación. En estructuras como hospitales el daño en paredes divisorias y cielos rasos ocasionó que muchos centros quedarán inhabilitados para atender personas.





**Figura 67.** Mampostería daños post evento sísmico (Fuente: GEER, 2016)



**Figura 68.** Fisuras diagonales en mampostería post evento sísmico (Dueñas et.al,2016)

En la Figura 69 se observa el colapso de los pisos cuarto y quinto de una edificación, por efecto de columna corta, en Portoviejo. El edificio de ocho pisos, presenta falla por columna corta debido a la reducción de longitud de la columna al estar parcialmente embebida en el muro de mampostería. Asimismo se puede observar la reducción sustancial de la altura de la columna con respecto a la mampostería.



**Figura 69.** Columna corta en pisos (cuarto y quinto) (Fuente: GEER, 2016)



**Figura 70.** Detalle de falla por columna corta (Fuente: GEER, 2016)

## Licuefacción

La licuefacción es un efecto causado por un sismo sobre un suelo saturado. Durante un evento sísmico, las ondas interactúan con el suelo induciendo deformaciones en las partículas del suelo. Este fenómeno produce cambios de volumen del suelo debido a la redistribución de las fuerzas internas del mismo (Sarria,1934). La licuefacción en toda la zona de Manabí se extendió aproximadamente 200km N-S y 100km E-W. El puerto de Manta es el segundo puerto más importante de Ecuador y sufrió daños severos debidos a la licuefacción (GEER,2016). A continuación en la Figura 71 se presentan imágenes de las zonas afectadas por licuefacción producto del terremoto del año 2016.



**Figura 72.** Licuefacción en el litoral del Ecuador producto del terremoto Muisne - Pedernales  
(GEER, 2016)



**Figura 72.** Puerto de Manta daños severos por Licuefacción (GEER, 2016)

### **Cabeceo o Golpeteo**

El fenómeno se presenta por la diferencia entre el periodo estructural de edificaciones altas o flexibles junto a estructuras bajas o rígidas, las primeras tienen mayor desplazamiento y golpearán a las últimas, es más crítico cuando golpean columnas y no losas. En la Figura 73 podemos observar cómo las edificaciones se movieron de las ubicaciones originales y golpearon las unas a las otras. En la figura 74 podemos ver cómo el efecto de golpeteo destruye el techo de la estructura de la izquierda, mientras que la estructura de la derecha recibe todos los escombros de la terraza debido al contacto entre estas edificaciones.



**Figura 73.** Efecto de golpeteo de edificaciones. (Fuente: GEER, 2016)



**Figura 74.** Efecto de golpeteo de estructuras (Fuente: GEER, 2016)

#### **2.4.1.5 Impacto en estructuras esenciales**

##### **Hospitales**

El hospital del IESS en la ciudad de Manta, un edificio de cinco pisos que presenta daños en mamposterías en los primeros tres pisos, no sufrió colapso durante el terremoto. Las estaciones de la RENAC registraron frecuencias de 0.69s y 0.2s en la zona en la cual se encontraba el hospital. De acuerdo con los datos obtenidos del reporte, el periodo natural de la estructura es cercano 0.5s, esto indica que se acerca mucho al 0.69s registrado en las estaciones, esto genera amplitud en las frecuencias naturales de la estructura. El sistema de construcción del hospital del IESS es de pórticos resistentes a momento con paredes de mampostería no estructural. Durante el sismo, al no estar separados los muros de mampostería de los pórticos fueron el sistema de disipación de energía agrietándose. Esta causó que aunque el edificio estaba adecuado estructuralmente, no era funcional produciendo un déficit en la atención de heridos.





**Figura 75.** Hospital del IESS (Fuente: GEER, 2016)

### **Colegios**

La unidad educativa “Linus Pauling” en Manta era un edificio de cinco pisos que se encontraba al lado pegado a un edificio de su misma altura pero nuevo, después del sismo de Muisne - Pedernales el Colegio “Linus Pauling” quedó totalmente destruido, en el edificio nuevo no se evidenciaron daños estructurales importantes.(GEER,2016)



**Figura 76.** Linus Pauling antes del terremoto (GEER, 2016)



**Figura 77.** Linus Pauling después del terremoto (GEER, 2016)

## **2.4.2 Eje Económico**

### **Impacto Global Económico**

Ecuador no representa una amenaza para la Economía mundial, sin embargo, es exportador directo de productos como el banano, cacao, etc. Estos productos son distribuidos principalmente en los puertos, por lo cual el daño severo que sufrió el puerto de Manta ha causado desmejoras importantes a la economía del Ecuador.

### **Impacto Local**

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo presentó un informe de los costos causados por el terremoto. Los costos de reconstrucción del área destruida alcanza los 3.344 millones de dólares, de los cuales el 67% (2.253 millones) será solventado por el sector público y el 33% (1.091 millones) por el sector privado. Por otra parte, la Asamblea Nacional estimó que los costos de reconstrucción son de 2 millones y 3 millones de dólares en total de los daños en el país, esto representa entre un 2% y 3% del PIB del Ecuador. El PIB del Ecuador disminuirá en 0.7 % de acuerdo con el diario el Telégrafo debido al terremoto, ya que en la zona de Manabí ocurrieron la mayor cantidad de daños, por lo que se espera una reducción del 9.8% del PIB provincial.

El terremoto de Ecuador perjudicó varios sectores en toda la zona de la costa ecuatoriana, los daños directos del terremoto fueron estimados en \$41.8 billones de dólares. Los costos indirectos fueron de \$7.736 billones de dólares, en el caso de Ecuador varios puentes fallaron produciendo un daño en el transporte de la ciudad, a esto se le considera un daño directo. En la Tabla 21 y en la Tabla 22 se muestra los costos directos e indirectos, respectivamente, causados por el terremoto donde el daño residencial fue el mayor llegando a ser el 49% del total.

**Tabla 21.** Daños económicos en Ecuador, descripción de costos directos.

Sector	Pérdidas directas estimadas en billones de USD	Porcentaje de las pérdidas directas	Cantidad asegurada, en billones de USD	Cantidad sin seguro, en billones de USD
Residencial	20.6	49.3%	9.88	10.72
Comercial/Industrial	15.2	36.4%	4.02	11.18
Infraestructura pública	6.0	14.3%	No mencionado	6.0
Agricultural	No mencionado	na	0.004	na
<b>Pérdidas directas</b>	<b>41.8</b>	<b>100%</b>	<b>13.9</b>	<b>27.9</b>

(INEC,2014)

**Tabla 22.** Estimación de pérdidas indirectas en billones de dólares

Sector	Descripción	Valor en USD
Comercial	Interrupción del negocio	6.402
Desempleo	69,014 personas sin empleo	
Residencial	Vivienda vacante	0.098
Otras agencias federales	Incumplimiento en los préstamos de la SBA	0.376
Pérdidas federales y del estado	Pérdidas de ingresos fiscales	0.86
<b>TOTAL</b>		<b>7.736</b>

(INEC,2014)



## **Costo de reconstrucción**

La Secretaria Nacional del Estado de Planificación y Desarrollo estimó que los costos directos de la reconstrucción alcanzan los 3.344 millones de dólares. Los porcentajes por sectores afectados son 67% para el sector público y 33% para el sector privado.

### **2.4.3 Eje social**

#### **Observaciones generales**

El terremoto de Muisne - Pedernales destruyó gran parte de la provincia de Manabí, según el INEC el 95% de las construcciones en el Ecuador son de hormigón, y según el censo realizado en el 2014 (3años atrás), la construcción en Quito no cuenta con los requerimientos básicos de construcción y se la denomina “construcción informal” esto muestra el grado de vulnerabilidad en la que se encuentra el Ecuador (INEC,2014).

#### **Pedernales**

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) las edificaciones en Pedernales el 98% eran menores a 4 pisos, esto se debe que el tipo de estructura típico es de viviendas de tres pisos, de los cuales los dos pisos superiores son residenciales y el primer piso se utiliza para locales comerciales en su mayoría. El uso de columnas muy largas, influye en el comportamiento de la estructura ya que al usar columnas largas aumenta la esbeltez de la columna y baja la rigidez del piso a carga lateral, este cambio de rigidez en planta produce piso blando, ya que la rigidez del piso superior supera a la rigidez del primer piso, siendo esta la falla más recurrente en el caso de Pedernales (MIDUVI, 2016).

# CAPÍTULO III

## 3. Comparación de casos

### 3.1 Recapitulación de datos generales de casos de estudio

Los casos de estudio muestran la devastación generada por cuatro terremotos en diferentes países. Cada caso de estudio muestra una particularidad debido al lugar donde se encuentran, esto se debe a la diferencia de las normas y los métodos constructivos empleados en cada país, sin embargo es necesario recalcar que tres de los casos se deben a un fenómeno en común conocido como Subducción. A continuación se presenta un resumen de los datos generados por cada caso de estudio.

**Tabla 23.** Datos de casos de estudio.

1.Número del caso	CASO1	CASO2	CASO3	CASO4
2.Nombre del caso	<u>NORTHRIDGE (EEUU)</u>	<u>MAULE (CHILE)</u>	<u>TOHOKU (JAPÓN)</u>	<u>PEDERNALES (ECUADOR)</u>
3.Duración del evento	1 min	3 min	6 min	1 min
4.Magnitud	6.7	8.8	9.0	7.8
5. Aceleracion Max	excedio 1g	0.93g	2.78g	1.4g
6.Profundidad	20km	47.4 km	24 km	21 km
7.Epicentro	30km los Angeles, CA	115km de Maule,CH	130km de Sendai, JP	29 km de muisne,ECU
8.Hora del Evento	4:31 a.m.	3:34 a.m.	14:46 p.m.	18:58 p.m
9.Número de muertes	58	512	20.000	671
10.Daños Economicos	65 B\$	30B\$	122-235B\$	1.3B\$

### **3.2 Metodologías de evaluación empleadas en los casos de estudio**

Una de las enseñanzas que se pueden obtener después de un evento sísmico es la oportunidad de adoptar mejores medidas de seguridad estructural, así como mejorar los códigos de construcción presentes en las normativas de cada país. Un ejemplo de esto puede ser el realizar la adaptación sísmica de estructuras más antiguas de tal manera que se llegue a cumplir con los códigos sísmicos revisados y actualizados. Una vez detalladas las características presentadas en cada caso de estudio, se describen las diferentes metodologías de evaluación de estructuras post evento sísmico a utilizar.

#### **Caso 1. Northridge, Estados Unidos**

En este caso se manejaron dos fichas técnicas generadas por el Departamento de Construcción y Seguridad del Municipio de Los Ángeles como sistema de evaluación de daños en las estructuras. Estas fichas consisten en un Formulario de Inspección Rápida y un Formulario de Re-inspección del Desastre. Las primeras fichas fueron destinadas a la inspección de edificaciones en diferentes sectores cercanos a San Fernando Valley, epicentro del terremoto. La finalidad de las fichas fue la de medir el riesgo inmediato que tenían las edificaciones después del evento sísmico, basándose solamente en daños generales y visibles. Una vez determinado el riesgo presente en cada estructura, se procedía a postear utilizando un código de colores (verde, amarillo y rojo) como indicador del nivel de seguridad estructural de las edificaciones. Posteriormente, se procedía a la aplicación de las guías de re-inspección con el objetivo de determinar el estado del lugar, el riesgo por elementos no estructurales, el costo de reparación y si la edificación se encontraba fuera de plomo. A continuación se muestra un ejemplo de las guías utilizadas en Northridge en el año de 1994.

All applications must be filled out by applicant

PLANS AND SPECIFICATIONS and other data must also be filed

1

BOARD OF PUBLIC WORKS  
DEPARTMENT OF BUILDINGS  
Application for the Erection of Buildings  
CLASS "A" - ~~Reinforced Concrete~~ *Reinforced Concrete*

To the Board of Public Works of the City of Los Angeles  
Application is hereby made to the Board of Public Works of the City of Los Angeles, through the office of the Chief Inspector of Buildings, for a building permit to construct in accordance with the specifications and for the purposes hereinafter set forth. This application is made subject to the following conditions, which are hereby agreed to by the undersigned applicant and which shall be deemed to be accepted by the applicant, to wit: That the applicant shall be responsible for the safety of the building or other structure therein described, or any portion thereof, upon any street, alley, or other public place or common easement.  
That the permit herein granted shall not be construed to give any building or other structure therein described, or any portion thereof, the same status as if it were a structure as provided by ordinance of the City of Los Angeles.  
That the granting of the permit herein shall not constitute any claim of title in, or right of possession by, the property described in said permit.

Lot No. 1 Block \_\_\_\_\_  
Description of Property Tract 34-31  
City Clerk PLEASE VERIFY

TAKE TO ROOM No. 465 SOUTH ANNEK ENGINEER PLEASE VERIFY  
No. 6362-6364 Hollywood Blvd Steel  
USE INK OR INDELEIBLE PENCIL

- Purpose of Building Office and Store No. of Rooms 11 No. of families \_\_\_\_\_
- Owner's name Palmer Bldg. Corp. Phone Holly 15
- Owner's address 642 1/2 Hollywood Blvd.
- Architect's name E. J. Schaubert Phone 442-81
- Contractor's name C. E. Pack Phone Main 4051
- Contractor's address 221 N. W. Hillman Bldg.
- TOTAL VALUATION OF BUILDING \$ 180,000.00
- Are other buildings on lot at present? No How used \_\_\_\_\_
- Size of proposed building 50' x 150' Size of lot 50' x 150' feet
- Number of stories in height Three Height to highest point 72'-0"
- Material of foundation Concrete Character of soil Hard Clay
- Size of footings As per Plans Depth below surface of ground As per Plans
- Number of chimneys 1st Floor Material of chimneys \_\_\_\_\_
- Number of inlets to each floor \_\_\_\_\_ Interior size of each floor \_\_\_\_\_
- Material of exterior walls \_\_\_\_\_
- Material of interior construction \_\_\_\_\_
- Material of floors Cone. Foundation 10336
- Material of roof Cone.
- Are there any other buildings within 30 feet of the proposed structure? \_\_\_\_\_

I have carefully examined and read the above application and know the same is true and correct, and hereby certify and agree that if a permit is issued that all of the provisions of the Building Ordinances will be complied with, whether herein specified or not, also certify that the plans and specifications herewith filed conform to all of the provisions of the Building Ordinances and State Laws.  
8/11/21 (Sign here) Edward J. Schaubert  
Chief Inspector of Buildings

FOR DEPARTMENT USE ONLY  
PERMIT NO. 19663  
Plans and specifications checked and found to conform to Ord. nances, State Laws, etc. BD  
Inspection  
Application checked and found O.K. AUG 18 1921  
Chief Inspector  
STAMP: AUG 20 1921

FOR CITY USE  
Foundation 10336-21  
X George  
York

Figura 78. Guía de evaluación parte 1 " Datos generales" (Fuente: Los Angeles Times, 2013)

OBS 9385  
 ORIG - CITY OF LOS ANGELES  
 DEPARTMENT OF BUILDING AND SAFETY  
 RE-INSPECTED 11-20-94  
**RAPID SCREENING INSPECTION FORM**  
 4367-24 6262-14 HOLLYWOOD BLVD

**A. TYPE OF DISASTER:**  
 Fire  Earthquake  
 Flood  Other

**B. BUILDING USE:**  
 Residential  
 Commercial

**C. INCLUSIVE ADDRESS:** 6262 Hollywood Blvd. **COUNCIL DISTRICT:** 13

**D. OWNER:** \_\_\_\_\_ **PHONE NO.:** \_\_\_\_\_  
**MANAGER:** \_\_\_\_\_ **PHONE NO.:** \_\_\_\_\_

**E. No. of Stories:** 4 **No. of Living Units:** 0 **Basement:**  YES  NO  UNKNOWN

**TYPE CONSTRUCTION:** URM  III  IV  V **APPROX. SIZE:** 30 ft x 300 ft

**PRIMARY OCCUPANCY: (Check one, only)**

<input type="checkbox"/> 1 DWELLING	<input type="checkbox"/> 14 AMUSEMENT	<input type="checkbox"/> 27 PVT GARAGE	<input type="checkbox"/> 18 HOSPITAL	<input checked="" type="checkbox"/> 12 OFFICE	<input type="checkbox"/> 18 RET. STORE	<input type="checkbox"/> 21 THEATRE
<input type="checkbox"/> 10 OFFICE	<input type="checkbox"/> 26 APARTMENT	<input type="checkbox"/> 38 PUB. GARAGE	<input type="checkbox"/> 11 HOTEL	<input type="checkbox"/> 14 PUB. ASSEMBLY	<input type="checkbox"/> 17 RESTAURANT	<input type="checkbox"/> 22 WAREHOUSE
<input type="checkbox"/> 22 AIRPORT	<input type="checkbox"/> 18 CHURCH	<input type="checkbox"/> 36 GAS STATION	<input type="checkbox"/> 12 MFG.	<input type="checkbox"/> 15 PUB. UTIL.	<input type="checkbox"/> 16 SCHOOL	<input type="checkbox"/> 23 CONDO
						<input type="checkbox"/> 24 OTHER

**F. INSTRUCTIONS:** Examine the building to determine if any hazardous conditions exist. A "YES" answer in Categories 1, 2, or 4 is grounds for posting building UNSAFE, if condition is suspected to be unsafe and more review is needed, check appropriate Unknown boxes) and post LIMITED ENTRY. A "YES" answer in Category 3 requires posting and/or barricading to indicate AREA UNSAFE. Explain "YES", "UNKNOWN" findings and extent of damage under "Comments".

EXISTING HAZARDOUS CONDITIONS							
Condition	YES	NO	UNK	Condition	YES	NO	UNK
1. Structure Hazardous Overall	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. Nonstructure Hazards	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Collapse/partial collapse	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Parapets/overhangs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Building or story leaning	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Loose cladding	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ceiling/light fixtures	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Interior Walls/partitions	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Hazardous Structural Elements	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elevators	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foundations	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stairs/Exits	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roof/Floors (vertical loads)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Electric/Gas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Columns/piers/corbeles	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chimney	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diaphragms/horizontal bracing	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Other _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Walls/vertical bracing	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Geotechnical Hazards	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moment Frames	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Slope failure/debris	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Precast connections	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ground Movement, fissures	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other "Rock House"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Other _____	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**COMMENTS:** ROCK HOUSE HAS COLLAPSED AND ADJACENT BUILDING REMAINING STRUCTURE IS OUT OF PLANE

**G. Vacate Bldg?**  YES  NO **Partially Vacate Bldg?**  YES  NO **No. of Living Units Vacated:** 0

**EST. DAMAGE:** 5 % **EST. DAMAGE:** 25,000 **PERMIT REQUIRED?**  YES  NO

**H. OVERALL RATING:** Existing  Recommended   
 INSPECTED (Green)   
 Exterior Only   
 Exterior and Interior   
 LIMITED ENTRY (yellow)   
 UNSAFE (Red)   
 Building   
 Area (See Section I-3)

**I. RECOMMENDATIONS:** (Circle Number / Fill in data)  
 1. No Further Action required.   
 Detailed Evaluation required.   
 Structural  Geotechnical   
 2. Barriades needed in the following areas:  
 Along Public Area   
 4. Disconnect utilities:  
 Electric  Gas  Water

**J. INSPECTOR:** Cramer / Caban  
 Name/I.D.: \_\_\_\_\_  
 Phone: 310-756-\_\_\_\_

**K. INSPECTED:** \_\_\_\_\_  
 Date: 1-27-94  
 Time: 10:30 A.M.

06-64 (Rev. 8/85) DISTRIBUTION: Original file for District Inspection (if required) / Duplicate to Data Entry / Triplicate to Dist. File

Figura 79. Guía de evaluación parte 2 “ Colección de datos versión rápida” (Fuente: Los Angeles Times, 2013)

**CITY OF LOS ANGELES  
DEPARTMENT OF BUILDING AND SAFETY  
DISASTER RE-INSPECTION FORM**

URM # 40 DIVJCS

RECORD NUMBER  
**9385**

1. EVENT FILE # **1250**

2. ADDRESS  
6362 HOLLYWOOD BL  
AKA 1660 COSMO ST

3. OWNER(S) BUSINESS AS  
**BLUM, JOSEPH A AND**

4. NO COMMENTS (8/29/94). CRACKS ON EXTERIOR WALLS, NEED STRUCT EVALUATION, ISSUE #101 (8/23/94). REINSPECTION FOR ADDRESS AS PER KAREN PRATER - PREVIOUS C4 DATED 8/23/94 IS CORRECT ADDRESS (8/29/94).

5. TYPE OF DAMAGE  
URM

6. NO. OF STORES  
4

7. EXTERIOR BUILDING DIMENSIONS  
30 X 150

8. ST. STORY LEVELS  
0

9. DISTRICT  
13

10. SECOND LIST  
COMPL

11. PRIMARY OCCUPANCY (SEE 15.01)  
RETAIL

12. CURRENT SITE CONDITIONS

13. RECOMMENDATIONS  
NO FURTHER ACTION NEEDED

14. ESTIMATED STRUCTURAL REPAIR COST  
45,000

15. ESTIMATED NONSTRUCTURAL REPAIR COST  
5,000

16. INSPECTOR'S ID  
35250

17. AGENCY  
BIS

18. DATE  
2/20/13

19. INSPECTOR'S SIGNATURE  
MARTINEZ, JERRY

20. AGENCY SIGNATURE  
[Signature]

21. DATE  
2/20/13

22. EXTENTS OF INSPECTION  
EXTERIOR ONLY

23. DATE BY WHICH A RE-INSPECTION APPLIES TO ENTIRE BUILDING  
[Blank]

FORM NO. F-6487-CLA-L

Figura 80. Guía de evaluación parte 3 “recopilación de datos ” (Fuente: Los Angeles Times, 2013)





City of Los Angeles  
Department of Building and Safety

**“NORTHRIDGE EARTHQUAKE” FILE  
(EQ1-94)**

ADDRESS: **6362 - 6366 HOLLYWOOD BL**

RECORD NO.: **9385** \*POSTING: **YELLOW**

The document(s) contained in this file are related to the inspection(s) and/or permits issued for buildings surveyed and/or damaged from the January 17, 1994 earthquake or related aftershocks. Many of the damage estimates were made under emergency conditions and should not be used to make bids for repair, demolition, or rebuilding. These records were created for use by the Department of Building and Safety only. The City of Los Angeles and the Department of Building and Safety are not responsible for any use of this data. Check the retrieval index for all available earthquake documents as other documents may have become available for viewing after this file was prepared for viewing (filed and scanned).

“RECORD NO.” refers to a unique computer-generated number assigned by the Damage Assessment database to uniquely identify a structure or, in cases of a vacant lot, the site. Each separate building was assigned a unique Record No. For example, a site with a dwelling and detached garage was assigned two Record Nos. (one for the dwelling and one for the garage).

“POSTING” is based on the last inspection report in the earthquake files at the time it was prepared for viewing. It refers to the type of placard affixed to the structure (or site when the lot is vacant) by a Building and Safety Inspector during an inspection for earthquake damage or repair. The official placards are commonly referred to by their color as follows: “RED” is unsafe to occupy; “YELLOW” is limited entry; and “GREEN” is safe to occupy. Other designations were used in the Posting field, but are not postings. They are “CERT” and “PERMIT” and are described as follows:

“CERT” refers to cases where a Certified License Contractor repaired either an earthquake damaged roof, garden wall or chimney (chimney only until 12/94), and certified that the work was completed via a Certificate of Completion. No posting is available as a Building and Safety Inspector did not make an inspection for earthquake damage or repair. WHEN THE POSTING IS “CERT”, IT IS EXPECTED THAT ONLY A CERTIFICATE OF COMPLETION WILL FOLLOW THE COVER SHEET.

“PERMIT” is used when no inspection was made by Building and Safety for earthquake damage prior to issuing a permit to repair damage and our records do not indicate that the work was completed for all outstanding earthquake repair permits for this structure at the time the file was prepared for viewing. WHEN THE POSTING IS “PERMIT”, IT IS EXPECTED THAT NO DOCUMENTS, EXCEPT POSSIBLY A COPY OF THE PERMIT WITH HAND-WRITTEN ADDRESS CORRECTIONS, WILL FOLLOW THE COVER SHEET.

Figura 81. Guía de evaluación parte 4 “Obtención del color” (Fuente: Los Angeles Times, 2013)





## **Caso 2. Maule, Chile**

El sistema de evaluación en Chile tuvo algunas dificultades en el análisis y la consolidación de la información, ya que fue manejado por distintas instituciones y grupos de voluntarios que utilizaron diferentes mecanismos de evaluación. Para la inspección rápida de edificios, se utilizó una adaptación del modelo Japonés, el cual consistía en tres fases: inspección rápida manual, tasa de inspección de daño estándar, y rehabilitación. En la primera fase, inspección rápida, se otorgaba a la estructura una pancarta de color verde, amarillo o rojo, según el nivel de riesgo de la edificación, con el fin de prevenir daños secundarios que podrían ocurrir por réplicas del evento. En la segunda fase, correspondiente a la tasa de inspección de daño estándar, se otorgaba información sobre la seguridad de las edificaciones a los habitantes de la zona para disminuir la cantidad de gente en los albergues. El nivel de seguridad se clasificaba en: daño menor o sin daño; reparación estructural; o sin daño. Por último, en la tercera fase, relativa a la rehabilitación, se planificó la rehabilitación de las estructuras utilizando dos criterios, el primero de ellos correspondiente al reforzamiento, o en el caso del segundo, se determinaba la demolición de la estructura. Posterior a la evaluación descrita anteriormente, se realizaba una reevaluación estructural de las edificaciones, con el objetivo de rediseñar el reforzamiento a largo plazo. También se realizó una evaluación a las estructuras antiguas para conocer su riesgo y vulnerabilidad. Al existir tantos instrumentos de evaluación utilizados, es difícil determinar una guía única de evaluación para analizar, no obstante, con posterioridad al evento sísmico se realizó el diseño de unas guías de evaluación que serán presentadas a continuación.

Anexo 3 Formato propuesto de captura de datos

Inspección				
Numero de Serie: _____	Numero de inspección _____	Fecha / / Hora: _____		
Nombre del inspector: _____		Asociación: _____		
Identificación del edificio				
Nombre del Edificio: _____	Dirección: _____		<input type="radio"/> Urbana	
Persona de Contacto: _____	C. I. N.: _____		<input type="radio"/> Rural	
Teléfono: _____				
Fecha de Construcción: _____	N° de pisos sobre nivel: _____	N° de pisos bajo nivel: _____		
Uso del Edificio: _____ 1-Residencial 2-Comercial 3-Educacional 4-Salud 5-Hotelero 6-Industrial 7-Oficinas 8-Bodegas 9-Estacionamientos 10-Otro: _____				
Sistema estructural				
Hormigón	Albañilería	Acero	Madera	
Armado	con bloques de tipo:			
<input type="radio"/> Marcos	<input type="radio"/> Armada	<input type="radio"/> Cerámico	<input type="radio"/> Marcos de madera	
<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Confinada	<input type="radio"/> Fiscal	<input type="radio"/> Marcos arriostrados	
<input type="radio"/> Mixtos	<input type="radio"/> No armada	<input type="radio"/> Hormigón	<input type="radio"/> Marcos rígidos	
	<input type="radio"/> Adobe	<input type="radio"/> Soldado	<input type="radio"/> Muros de madera	
	<input type="radio"/> Otro _____	<input type="radio"/> Apernado	<input type="radio"/> Otro material _____	
		<input type="radio"/> Mixto		
Inspección				
Modo de inspección <input type="radio"/> Exterior <input type="radio"/> Interior primer piso <input type="radio"/> Interior todo el edificio <input type="radio"/> Otro				
Evaluación global de la estructura				
	A	B	C	
Colapso total o parcial	<input type="radio"/> No	---	<input type="radio"/> Si	
Daño producto de edificaciones adyacentes	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input type="radio"/> Si	
Asentamientos producidos	<input type="radio"/> < 0,2 m	<input type="radio"/> 0,2 - 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m	
Asentamiento diferencial	<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> 1/60 - 1/30 rad	<input type="radio"/> > 1/30 rad	
Daño estructural				
	A	B	C	No aplica
Muros				
Porcentaje de daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100 - 1/10 (1%-10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)	<input type="radio"/>
Porcentaje de daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5%-25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)	<input type="radio"/>
Columnas (si no hay daño en la columna pero si en viga y/o Nudo, tomar como daño de columna)				
Porcentaje de daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100 - 1/10 (1%-10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)	<input type="radio"/>
Porcentaje de daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5%-25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)	<input type="radio"/>
Daño no estructural				
	A	B	C	
Vidrio y marcos de las ventanas	<input type="radio"/> Casi sin daños	<input type="radio"/> Deformación y/o grietas	<input type="radio"/> Peligro de caída	
Terminaciones exteriores	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas	
Terminaciones interiores	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas	
Cielo falso, ductos de ventilación	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Daños observados	<input type="radio"/> Peligro de caída	
Muros no estructurales (Enmarcados)	<input type="radio"/> Sin o pocos daños	<input type="radio"/> Grietas sin deformación fuera del plano	<input type="radio"/> Grietas extensas en unión o deformación fuera del plano	
Muros no estructurales (sin marco)	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas de corte	
Estanques, Antenas, Balcones	<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Daños observados	<input type="radio"/> Peligro de caída	
<input type="checkbox"/> Daño en cañerías agua/desagües	<input type="checkbox"/> Daños en el suministro eléctrico	<input type="checkbox"/> Daño en cañerías de gas		
Suma				
	A	B	C	
Total				
Resumen				
Resumen				
Evaluación final del edificio				
<input type="radio"/> INSPECCIONADO (SOLO A) <input type="radio"/> ENTRADA LIMITADA (B ≥ 1 y C=0) <input type="radio"/> INSEGURO (B ≥ 2 ó C ≥ 1)				
Recomendaciones: (Especifique lugares _____)				
<input type="radio"/> Apuntalar <input type="radio"/> Alzaprimar <input type="radio"/> Remover objetos peligrosos <input type="radio"/> Acordonar <input type="radio"/> Otras _____				
Comentarios: _____				
_____				
_____				
Recuperabilidad				
Evaluación de la recuperabilidad de la estructura				
<input type="radio"/> Sin daño <input type="radio"/> Daño menor <input type="radio"/> Con daño mayor recuperable <input type="radio"/> Destruída / Irrecuperable				

Figura 83. Guías de evaluación Chile Parte 1 “Datos generales” (Mancipe & Cristina, 2015)

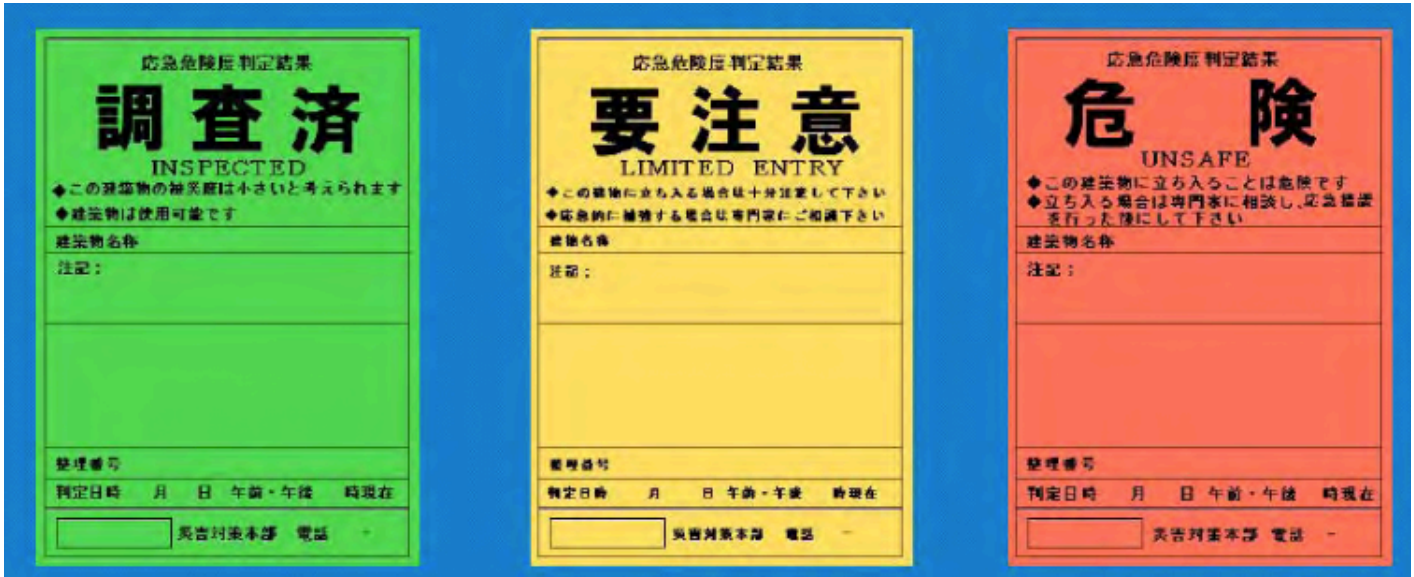


### **Caso 3. Tohoku, Japón**

En el caso de Tohoku, Japón se realizaron dos sistemas de evaluación o fichas técnicas: el primero, consistía en un Formulario de Inspección Rápida de estructuras, cuya finalidad era postear con colores (amarrillo, verde y rojo) que indicaban el grado de vulnerabilidad de la estructura, y fueron destinadas a la inspección de edificaciones en diferentes sectores cercanos al epicentro a las prefecturas de Miyagi y Fukushima, donde los daños fueron más grandes. La finalidad de las fichas fue la de medir el riesgo inmediato que tenían las edificaciones basándose en daños estructurales visibles. Una vez determinado el riesgo presente en cada estructura, se procedía a postear utilizando un código de colores (verde, amarillo y rojo) como indicador del nivel de seguridad estructural de las edificaciones.

El segundo sistema, corresponde a un Formulario de Re-inspección de edificaciones post tsunami, con el objetivo de determinar el estado del lugar, el costo de reparación y el nivel de radiación de las personas y lugares, designando luego a un grupo de rescate luego del estudio para las personas afectadas por la radiación en dichas prefecturas.

A continuación se muestra un ejemplo de las guías utilizadas en Tohoku en el año de 2011.



Verde : Inspeccionado      Amarillo: Entrada limitada o uso restringido      Rojo: inseguro

Figura 85. Guías de evaluación Tohoku Parte 1 “Sistema de evaluación” (SEA, 2011)

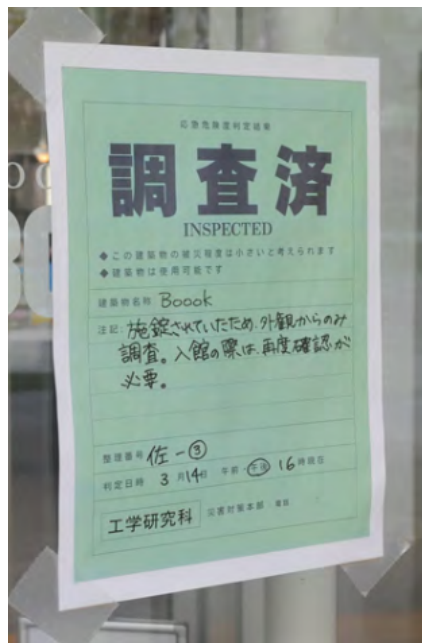


Figura 86. Ejemplo real de posteo en Tohoku (SEA, 2011)

## **Caso 4. Pedernales**

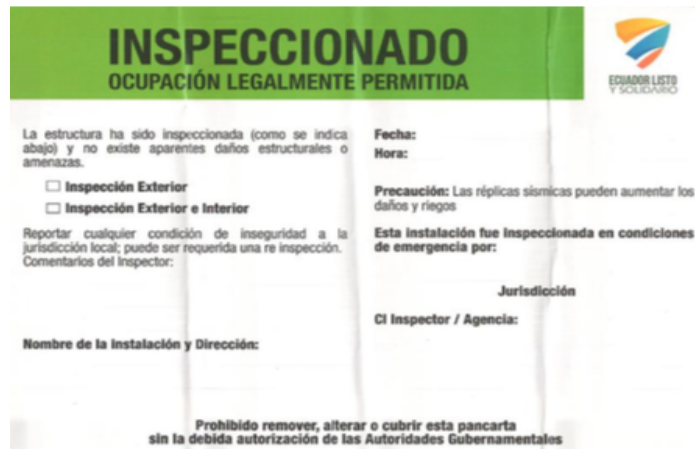
### **Plan de evaluación**

El plan de evaluación de edificaciones empezó 48 h después del evento, el plan consistía en utilizar una guía rápida de evaluación y dar una calificación a la estructura por medio de un semáforo. En este proceso se presentaron varios formatos y guías de evaluación durante el sismo, sin embargo, el MIDUVI quien es la entidad a cargo, decidió utilizar el método de evaluación rápida y detallada del ATC-20 que consiste en una evaluación rápida y posterior postear la edificación. El sistema de posteo se denominó “El semáforo” y contaba con tres parámetros: verde, amarillo y rojo según el riesgo de la estructura para ser habitable o la necesidad de ser evaluada a más detalles para determinar si la estructura debe ser reforzada o demolida. Según la base de datos del MIDUVI se inspeccionaron más de 50.000 edificios con el Semáforo, colocando los colores respectivos a las edificaciones afectadas y no afectadas. El resultado fue de 30.000 edificaciones afectadas con colores amarillo y verde, se denominó rojo a 7.000 edificaciones con el poster rojo (colapsadas) (GEER,2016).

La ciudad de Portoviejo reportó el mayor número de edificaciones con daños estructurales, por lo cual obtuvieron calificación roja (muchas de estas edificaciones fueron demolidas). El reporte de daños en Portoviejo reportado por el Comité de Operaciones de Emergencia (COE3) muestra 3.130 edificaciones inspeccionadas, 883 inseguras (Rojo, Daños severos), 1.025 (Amarillo, Daños moderados), 1.022 (Verde, Daños leves) (COE, 2016).

## FORMATO ATC-20

- “Inspeccionada ocupación legalmente permitida” a estructuras que no presentaban daños estructurales y sin amenazas.



INSPECCIONADO  
OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA

La estructura ha sido inspeccionada (como se indica abajo) y no existe aparentes daños estructurales o amenazas.

Inspección Exterior  
 Inspección Exterior e Interior

Reportar cualquier condición de inseguridad a la jurisdicción local; puede ser requerida una re inspección.  
Comentarios del Inspector:

Nombre de la instalación y Dirección:

Fecha:  
Hora:

Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos

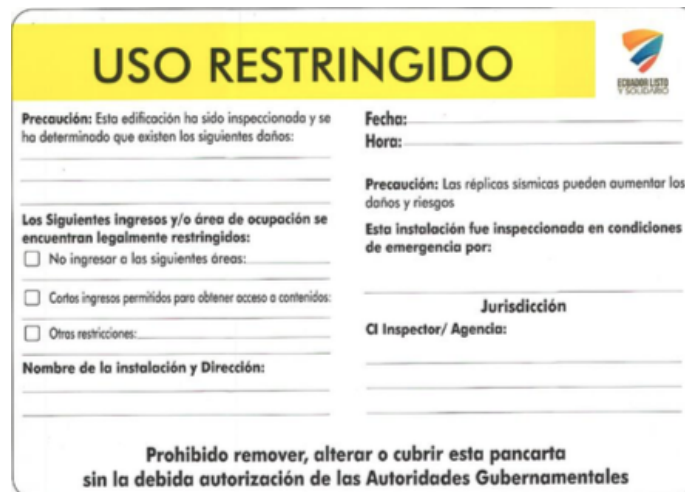
Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

Jurisdicción  
CI Inspector / Agencia:

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

Figura 87 : Inspeccionado, color verde (Fuente: GEER, 2016)

- “Uso Restringido” (color amarillo) a estructuras que presentaban daños.



USO RESTRINGIDO

Precaución: Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:

Los Sigüientes ingresos y/o área de ocupación se encuentran legalmente restringidos:

No ingresar a los sigüientes áreas:

Cortos ingresos permitidos para obtener acceso a contenidos:

Otras restricciones:

Nombre de la instalación y Dirección:

Fecha:  
Hora:

Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos

Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

Jurisdicción  
CI Inspector / Agencia:

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

Figura 88. Uso Restringido, Color Amarillo (Fuente:GEER, 2016)

- Inseguro prohibido el ingreso y ocupación (NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN) COLOR ROJO a estructuras que presentaban daños estructurales y amenazas estructurales. Es insegura su ocupación.

**INSEGURO**  
PROHIBIDO EL INGRESO Y OCUPACIÓN  
(ESTA PANCARTA NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)

La estructura se encuentra inspeccionada y se determinaron serios daños y amenazas estructurales. Es insegura su ocupación como se indica:

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

Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

\_\_\_\_\_

No ingresar a la edificación a menos que exista una autorización escrita por parte de la jurisdicción local. El ingreso a la misma puede provocar lesiones y hasta muerte.

**Jurisdicción**

CI Inspector/ Agencia:

\_\_\_\_\_

Nombre de la instalación y Dirección:

\_\_\_\_\_

**Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales**

**Figura 89.** Inseguro prohibido el ingreso y ocupación, Color Rojo (Fuente: GEER, 2016)



## Formulario de Evaluación Rápida

**Inspección**  
 CI Inspector: \_\_\_\_\_ Hora y Lugar de la Inspección: \_\_\_\_\_  AM  PM  
 Afiliación: \_\_\_\_\_ Áreas Inspeccionadas:  Solo Exterior  Exterior e Interior

**Descripción de la Edificación**  
 Nombre de la edificación: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Número de contacto celular de la edificación: \_\_\_\_\_  
 Número de pisos sobre el suelo: \_\_\_\_ Subsuelos: \_\_\_\_  
 Área en planta (m2 o ft2): \_\_\_\_\_  
 Número de residencias habitadas: \_\_\_\_\_  
 Número de residencias no habitadas: \_\_\_\_\_

**Tipo de Construcción**  
 Estructura de madera  Estructura con muros de hormigón  
 Estructura metálica  Mampostería sin Refuerzo Estructural  
 Estructura modular prefabricada  Mampostería con Refuerzo Estructural  
 Estructura de hormigón  Otros \_\_\_\_\_

**Tipo de Ocupación**  
 Familiar  Comercial  Gubernamental  
 Otro tipo de residencia  Oficinas  Histórico  
 Asamblea Pública  Industrial  Colegios  
 Servicios de emergencia  Otros \_\_\_\_\_

**Evaluación** **Estimación de Daños**  
 Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las columnas Excluye Contenidos

Condiciones Observadas:	Poca/Ninguna	Moderada	Severa	Ninguno
Colapso total, parcial o su cimentación afectada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0-1%
Edificación fuera de plomo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1-10%
Agrietamiento en muros u otro daño estructural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 10-30%
Daños en el antepecho, chimenea u otro elemento que amenace con caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 30-60%
Movimientos, derrumbes, agrietamientos del suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 60-100%
Otro (Especificar): _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 100%

Comentarios: \_\_\_\_\_

**Marcación**  
 Determinar la marcación de la estructura en base a la evaluación y al juicio del equipo de investigación. Las condiciones severas que amenacen el estado estructural de una edificación son suficientes para clasificarla como Insegura. Condiciones de daños severas y moderadas pueden clasificar a la estructura como Uso Restringido. Marcar a las estructuras con la pancarta INSPECCIONADAS únicamente en la entrada principal. Marcar a la estructuras con la pancarta de USO RESTRINGIDO o INSEGURO en todas las entradas.

INSPECCIONADA (Pancarta verde)  USO RESTRINGIDO (Pancarta Amarilla)  INSEGURO (Pancarta roja)

Identificar cualquier restricción de uso existente al igual que en la pancarta de marcación:

\_\_\_\_\_

**Futuras Acciones** Poner check en cualquiera de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que sí se necesiten futuras acciones.

Uso de barricadas en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Recomienda Evaluación Detallada  Estructural  Geotécnica  Otra: \_\_\_\_\_

Otra recomendación: \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

**Figura 90.** Formulario de Evaluación Rápida (Fuente:GEER, 2016)

### **3.3 Discusión:**

En los casos de estudio se determina que la falla más recurrente debido a los sismos se presenta en los primeros pisos de las edificaciones. Para realizar un análisis comparativo de este fenómeno, se utilizan los casos de estudio de Northridge y Pedernales, donde muchas de las estructuras fallaron de una manera similar. De acuerdo con los casos de estudio, el piso blando y la columna corta fueron los principales factores de los colapsos de las estructuras. De igual manera, se evidencian volcamientos (Japón), fallas por deterioro del hormigón y corrosión en varillas longitudinales (Pedernales), presencia de losas sin vigas sólo colocadas sobre las columnas de hormigón (Pedernales), estas características son susceptibles de determinar mediante el uso de una guía rápida de evaluación post evento sísmico

El análisis de los casos indica que es necesario tener una guía de evaluación de las patologías estructurales que indiquen de una manera detallada y rápida la vulnerabilidad de una edificación por sus características físicas.

A continuación se presenta una recopilación de los daños más frecuentes producidos en dos casos de estudio particulares Pedernales (Ecuador) y Northridge (Estados Unidos).

#### **3.3.1 Piso blando caso EEUU**

En el terremoto de Northridge, como se mencionó anteriormente en este trabajo de investigación, las construcciones más afectadas fueron los puentes y viviendas de tres pisos cercanas al epicentro, donde se presentaron problemas de columna corta y sobre todo piso blando.

El piso blando se debe a la sobrecarga en columnas muy delgadas, en la Figura 9 del caso de estudio de Northridge se pudo identificar que los pisos dos y tres no presentan fallas, sin embargo, el primer piso fue aplastado por el peso que ejerce la estructura sobre la cabeza de las columnas.

### **3.3.2 Columna corta, caso Ecuador**

En apartes anteriores, específicamente en el relativo al caso de Portoviejo, observado en la Figura 70, se indicó una falla principal por columnas cortas, que generaron un cambio de rigidez e irregularidad con los pisos superiores, terminando en el aplastamiento de las columnas y falla total de la edificación. Esta inestabilidad trae como consecuencia que las columnas tengan que soportar pesos muy superiores a los que están diseñadas.

### **3.3.3 Losa plana caso Ecuador**

Se conoce como losa plana el método constructivo que consiste en una losa maciza de hormigón, apoyada directamente sobre las columnas, que presenta efectos negativos en lugares con altas sismicidades, como se indica en la Figura 66 de este documento.

La losa plana genera los siguientes efectos: falla en la edificación por punzonamiento; y, acumulación de masa en pisos superiores, es decir genera pisos débiles donde la rigidez de la planta de abajo es menor a la rigidez de la planta de arriba y el piso de arriba genera la falla a las columnas de los pisos de abajo.

### **3.4 Finalización de Casos de estudio:**

A lo largo del presente trabajo de investigación se recopiló información de las características básicas de los eventos sísmicos, los daños que generan a las estructuras y la afectación a la vida de las personas que habitaban en las zonas donde ocurrió el evento.

En primer lugar, los daños que ocurren durante un sismo dependen de varios factores, entre estos: la magnitud, la duración, la hora del evento y el lugar en donde se produjo el sismo. Esto indica que no depende del tiempo, ya que un sismo puede ocurrir en cualquier lugar y a cualquier hora.

En segundo lugar, este trabajo logró mostrar el desempeño de las estructuras ante un evento sísmico en diferentes años y lugar de ocurrencia, por lo cual también se analizaron las acciones, tanto estructurales como económicas y sociales, que tuvieron influencia en cada lugar donde se produjo el terremoto. Además, se analizó de manera independiente las metodologías empleadas en cada caso de estudio.

En este sentido, se comprende de una manera más clara el comportamiento estructural y el nivel de daño producido en las estructuras ante un evento sísmico, ya que en los casos de estudio de Estados Unidos, Chile, Japón y Ecuador, demostraron que tras un evento sísmico se debe seguir un procedimiento, que consta de dos fases principales:

1. Aplicar una guía de evaluación inmediata de emergencia, la cual tiene como objetivo postear la edificación basada en cuatro características principales: desplomo de la edificación, asentamiento de la edificación, daño al sistema estructural de la edificación o si existe algún riesgo por elementos no estructurales. De esta forma se intenta medir el nivel de peligro y riesgo que tienen las estructuras de colapso. Al finalizar la evaluación la estructura recibe un

poster de color verde, amarillo o rojo donde los colores indican el riesgo que presenta la edificación siendo verde como el menos afectado y el rojo con mayor daño (Esta evaluación se debe realizar lo antes posible después de ocurrido el terremoto).

2. Aplicar una guía de evaluación técnica de rehabilitación inmediata de emergencia, la cual investiga de una forma más detallada el estado o la condición de la edificación. La evaluación se basa en revisar los elementos estructurales y los daños importantes producidos en elementos no estructurales que amenacen la vida de las personas, tales como el caso de las chimeneas, revestimientos pesados, antenas, entre otros. Además el ingeniero encargado debe analizar planos estructurales y arquitectónicos o memoria de cálculos existentes para una correcta evaluación. Al finalizar el ingeniero debe presentar los resultados de la evaluación detallada y de todos los documentos que se utilizaron en el análisis (si los hay), siendo necesario clasificar las edificaciones de acuerdo al nivel de daño estructural que presentan. Con esta clasificación las edificaciones entran a un proceso de reparación y reforzamiento estructural (si así lo amerita).

Estas son las fases principales utilizadas como mecanismo de emergencia post eventos sísmico en los casos de estudio, sin embargo, cada gobierno realizó proyectos de rehabilitación de acuerdo a sus respectivos presupuestos para ayudar a las personas y estructuras afectadas por los sismos.

En el caso del terremoto de Pedernales, Ecuador se utilizó como medida de emergencia la guía de evaluación del Applied Technology Council ATC-20, esta guía esta diseñada para evaluar los daños en edificaciones y asignar un poster que indica el estado que posee la

estructura. El trabajo realizado en Ecuador con el ATC-20 se aplicó por primera vez para evaluación y posteo de edificaciones post evento sísmico. Con este documento se logró postear más de 50 mil edificaciones en poco tiempo, además, se identificaron las zonas más afectadas por el terremoto, por lo que la ayuda del gobierno pudo enfocarse en las zonas más necesitadas. De acuerdo al caso de estudio de Pedernales se demuestra que las fallas más recurrentes fueron: piso blando, losa plana y columna corta, esto se observa en las Figuras 63, 65 y 69 respectivamente. Estas fallas en los sistemas estructurales no se identificaron en el poster del ATC-20 ya que no se presentó ningún informe de las deficiencias en las edificaciones evaluadas, esto se hubiese demostró con la evaluación detallada del ATC-20. Debido a que el poster otorgado a las edificaciones fue mal interpretado ya que este fue utilizado en toda la zona del litoral Ecuatoria y no sólo el área epicentral. Esto generó que las personas que recibieron el poster rojo demolieran sus casas (a pesar de que el poster no es una orden de demolición), sin dejar oportunidad de evaluar con más detalle las edificaciones. Por lo que se concluye que se demolieron muchas estructuras que hubieran podido ser reforzadas. Por otro lado, el mal entendio que surgió en las edificaciones que obtuvieron el poster de color verde fue la asumsi3n de que la edificaci3n era sismoresistente lo cual no es completamente cierto, en la mayoria de casos esto solo indica que estuvieron lejos del evento, esta mala comunicaci3n puede generar muchas repercusiones en el futuro.

El Ecuador a trav3s del tiempo, ha presentado deficiencias en la construcci3n de todo tipo de edificaciones y esto se debe principalmente a la informalidad que existe al momento de aprobar proyectos. Esto tiene repercusiones muy graves, ya que se incrementa el riesgo sísmico debido a que no hay una entidad o norma que pueda respaldar con seguridad esa edificaci3n. No obstante, el área de la construcci3n es el área que más recursos maneja en el

país y también es el área que más responsabilidad tiene. Un ejemplo de la informalidad que existe en el país se pudo evidenciar el pasado 16 de abril del 2016, donde el daño causado por el terremoto de Pedernales dejó en evidencia la vulnerabilidad ante los eventos sísmicos que tienen las estructuras del país. Durante el proceso de inspección de edificaciones en Pedernales, los evaluadores encontraron no solo deficiencias constructivas como muros que eran soportados por columnas en un sistema aporticado o baja híperestaticidad en la estructura, sino también casos de elementos falsos en las edificaciones como columnas revestidas por capas de hasta 10 cm de mortero, simulando columnas más robustas y fuertes, lo cual indica que se requiere una re inspección de las edificaciones, siendo imprescindible una evaluación profunda de estructuras existentes.

De acuerdo con el resultado obtenido en este trabajo se demuestra que las fallas más recurrentes que generaron el colapso de las estructuras fueron: las deficiencias en sistemas constructivos, resistencia a carga lateral y en conexiones. Esto se hubiese podido evitar si las edificaciones fueran evaluadas por una guía de patologías, el nivel 1 del documento ASCE41-13 (TIER1) muestra un análisis visual y rápido de patologías donde señala deficiencias en sistemas constructivos, resistencia a carga lateral y conexiones, Por esta razón, el capítulo final de este trabajo de titulación consiste en el desarrollo de guías prototipo post evento sísmico el une las metodologías de las guías ATC-20 y TIER1 con el fin de tener una metodología clara en la norma para usa inmediatamente en Ecuador luego de un sismo. Adicionalmente, es necesario evaluar las edificaciones existentes en todo el país con el objetivo de encontrar estas patologías antes de un nuevo evento sísmico, por lo cual se diseña una guía de pre evento sísmico basada en el documento del TIER1 y FEMA P-154 con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de las estructuras existentes en el Ecuador.

Las guías post evento sísmico mencionadas anteriormente se basan en el documento ATC-20 para evaluar y postear de una forma rápida y TIER 1 del ASCE41-13 para el análisis de patologías. De igual forma, las guías pre evento sísmico están basadas en el documento del FEMA P-154 Y 155 para poder evaluar y dar un resultado cuantitativo del nivel de vulnerabilidad de la estructura. Los documentos en los cuales las guías están basados son formatos que han sido probados y revisados por entidades internacionales y muestran un excelente desempeño en cuanto a medir la vulnerabilidad en estructuras existentes.



# CAPÍTULO IV

## **4. Diseño de guías Pre y Post evento sísmico**

El capítulo cuatro consiste en el diseño de un prototipo de Guías de Evaluación “H-01”. Estas guías tienen como objetivo encontrar patologías en las edificaciones y crear conciencia para entender y utilizar un término llamado arquitectura estructural que consiste en que “el hombre no puede obligar a que la estructura trabaje como un quiere, el hombre puede obligar a que resista como uno quiere” (Placencia, 2017). La finalidad de estas guías es utilizar los resultados para entregar un informe en el cual se detalle los problemas encontrados en las edificaciones y determinar si la estructura necesita una evaluación más detallada.

### **4.1 Justificación**

El evento sísmico en Pedernales dejó en evidencia la falta de preparación contra terremotos que tiene el Ecuador, ya que, siendo un país con una gran tendencia a presentar eventos sísmicos, los métodos empleados para la construcción de los inmuebles no toman en cuenta esta realidad. Es por ello que, en este trabajo de titulación, se propone el diseño de unas guías semi detalladas pre y post-evento sísmico (H-01), que consisten en un par de guías de evaluación estructural cuyo objetivo es encontrar posibles defectos en las construcciones existentes, tales como la identificación de columnas cortas, piso blando y columnas largas y esbeltas, para informar el nivel de vulnerabilidad existente en una determinada estructura.

Para el diseño de las guías de evaluación H-01, se tomó como línea base las guías TIER 1, desarrollada por el ASCE41-13 para evaluaciones post evento sísmico, y P-154, descrita por el FEMA para evaluaciones pre evento sísmico. Se eligieron específicamente estas dos guías

de evaluación por varias razones. En primer lugar, porque estas guías evalúan justamente los sistemas constructivos más importantes utilizados en el país: Pórticos Resistentes a Momentos (C1) y Muros Estructurales (C2). El sistema de construcción más utilizado a nivel nacional es el de pórticos resistentes a momentos, mientras que, según el Anuario de Estadísticas y Edificaciones del INEC del 2014, el 54% de las edificaciones en Pedernales fueron construidas con paredes de bloque, es decir, con muros estructurales, por lo cual las guías se ajustan a la realidad Ecuatoriana. En segundo lugar, se escogieron las guías TIER 1 y P-154 porque analizan el sistema constructivo de edificaciones con alturas menores a 6 pisos, y nuevamente según el Anuario de Estadísticas y Edificaciones del INEC del 2014, el 98% de las edificaciones de Pedernales eran estructuras menores a 3 pisos de altura, por lo cual se cumple el parámetro de evaluación utilizado por las guías. Finalmente, se eligió trabajar con estas guías porque utilizan el mismo lenguaje entre ellas para describir los elementos a ser evaluados, lo cual facilita el análisis a la hora de evaluar (INEC, 2014).

#### **4.2 Aplicación del TIER1 en proyectos reales:**

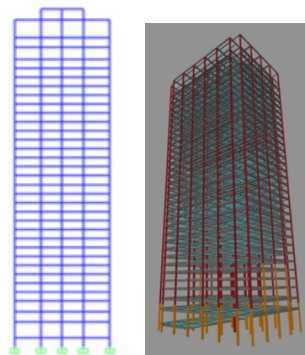
Descripción general de la edificación:

- La edificación se ubica en San Francisco, California (Estados Unidos).
- La edificación tiene 35 pisos, con una altura de 490 ft (149m) y en planta 185ft (56 m) X 135ft (41 m).
- La edificación consiste en una torre principal habitacional con tres subsuelos, en la torre principal existen cuatro pisos para maquinas y salones, también tiene un atrio en el lado norte de la torre principal.
- El inicio de su construcción fue 1968 y finalizó 1971.

- El sistema estructural consiste en pórticos espaciales completos de acero (soldado) en 3D, la soldadura esta realizada en ambos sentidos transversal y longitudinal.

Detalles constructivos:

- La edificación tiene una losa de 6 in (15cm) sobre un deck metálico en cada piso y no tiene conectores de cortante.
- La edificación tiene claro de vigas de 30ft (9 m) y la altura de los pisos es 13ft (4 m) excepto en los piso 3 , 4 y 32 donde hay Mezzanines.
- La cimentación es de 7ft (2 m) de ancho y esta ubicada a 40 ft (12 m) por debajo del suelo. (En el modelado de la estructura no se utiliza paredes divisoras en los pisos)



**Figura 91:** Modelo del edificio de ejemplo (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017)).

### **Descripción del ejemplo TIER1:**

La edificación se modeló como un caso de estudio, el cual tuvo como finalidad comparar las guías de evaluación del documento ASCE41-13 TIER1 y TIER3, donde el nivel de estudio 1 (TIER1) es utilizado para encontrar deficiencias en una edificación existente de 35 pisos, para luego compararla con los resultados de un nivel de estudio 3 (TIER 3) de la misma estructura.

### **Modelación de la evaluación/ Generalidades de la evaluación:**

Características TIER1:

El TIER1 es una evaluación visual la cual se enfoca en tres parámetros principales:

1. **General:** Ruta de carga, Edificaciones adjuntas, Mezzanines.
2. **Sistema constructivo:** Piso débil, Piso blando, irregularidades verticales, Geometría, Masa y torsión.
3. **Peligro geológico:** Licuefacción, Falla por pendiente, Ruptura de superficie

**Tabla 24.** Ficha técnica TIER1

<b>Nombre</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Comentario</b>
<b><u>General:</u></b>		
<b>Ruta de carga:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	Pórticos Resistentes a momento Bi-direccionales
<b>Edif. Adjuntas</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	Solo se considera la torre principal
<b>Mezzanines:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	Simple conexión viga / columna en el nivel de Mezzanine . El Mezzanine es anclado a las columnas.
<b><u>Sist. constructivo:</u></b>		
<b>Piso débil:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	-----
<b>Piso blando:</b>	( )C (X)NC ( )N/A ( )U	El Mezzanine no cumple con el criterio (piso blando)
<b>Irre.Verticales:</b>	( )C (X)NC ( )N/A ( )U	Todas las columnas van a la cimentación pero la edificación tiene un primer piso más alto que el resto.
<b>Geometría:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	Considerando solo la torre principal no es claro que los pórticos son rígidos en la conexión viga/columna.
<b>Masa:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	El peso esta basado en los planos estructurales.
<b>Torsión:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	Se asume que cumple
<b><u>Peligro Geológico:</u></b>		
<b>Licuefacción:</b>	( )C (X)NC ( )N/A ( )U	La edif. Se encuentra en un sitio de potencial de licuefacción por previo terremoto.
<b>Falla pendiente:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	-----
<b>Sup. De Ruptura:</b>	(X)C ( )NC ( )N/A ( )U	-----

Note 1: Cumple (C), No cumple (NC), No aplica (N/A) and indefinido (U). Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).

Características TIER3 :

El TIER3 es una evaluación total de la edificación donde se somete a la edificación a ocho modelos de análisis en OpenSees (programa computacional), cuatro utilizando el peso del revestimiento (1a\*, 1b\*, 1c\*, 1d\* ) y cuatro sin peso (1a, 1b, 1c, 1d ) para medir cuatro parámetros principales:

1. Comportamiento en la Conexión viga / columna. (P1)
2. Comportamiento de los empalmes en la columna. (P2)
3. Análisis no lineal estático (NSP). (P3)
4. Análisis no lineal dinámico (NDP). (P4)
5. Análisis incluyendo el peso del revestimiento. (P5)

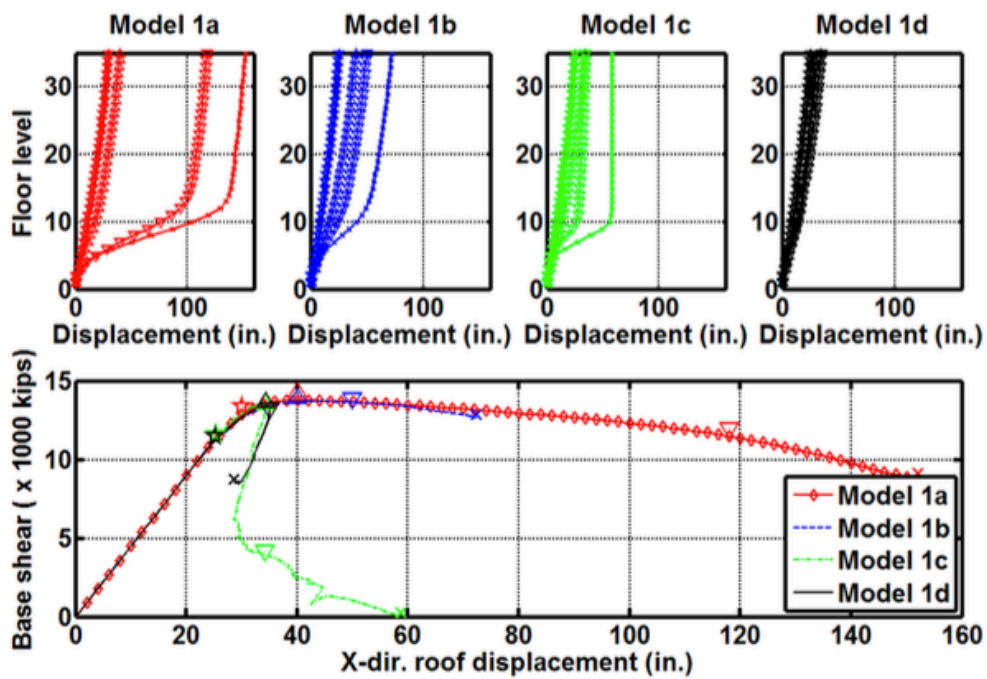
**Tabla 25.** Parámetros del modelo TIER3

<b>MODELO ID</b>	<b>(P1)</b>	<b>(P2)</b>	<b>(P3)</b>	<b>(P4)</b>	<b>(P5)</b>
<b>1a *</b>	Dúctil total	Dúctil total	Ok	No	Si
<b>1b*</b>	Dúctil total	Frágil	Ok	No	Si
<b>1c*</b>	ASCE 41	Dúctil total	Ok	No	Si
<b>1d*</b>	ASCE 41	Frágil	Ok	Ok	Si
<b>1a</b>	Dúctil total	Dúctil total	Ok	Ok	No
<b>1b</b>	Dúctil total	Frágil	Ok	No	No
<b>1c</b>	ASCE 41	Dúctil total	Ok	Ok	No
<b>1d</b>	ASCE 41	Frágil	Ok	Ok	No

Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).

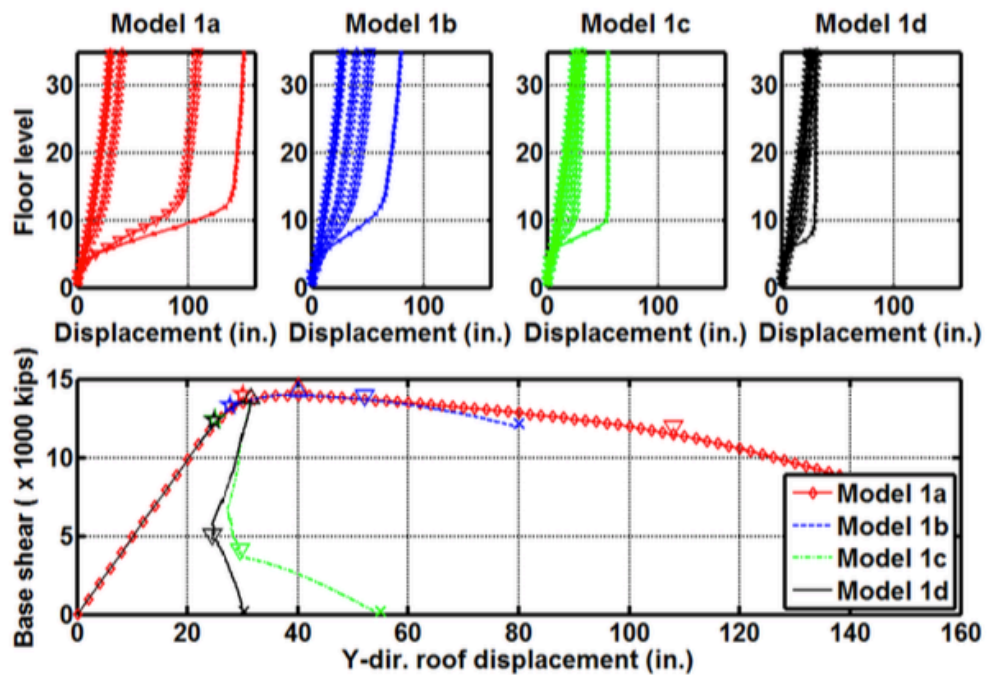
### Análisis de capacidad de la estructura y Respuesta de análisis no lineal:

El análisis (Pushover) no lineal estático proporciona información comparativa básica sobre el comportamiento post-rendimiento. Las Figuras 92 y 93 se muestran las curvas Pushover y las formas deformadas en los desplazamientos de techo seleccionados de los modelos 1a \*, 1b \*, 1c \* y 1d \* con cargas aplicadas en las direcciones X o Y .



**Figura 92:** Desplazamiento vs cortante basal (Curvas Pushover dirección X con carga)

(Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).



**Figura 93:** Desplazamiento vs cortante basal (Curvas Pushover dirección Y con carga)

(Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).

La capacidad de corte la dirección X es de aproximadamente 13.500 kips (equivalente a aproximadamente el 8,7% del peso del edificio) y la capacidad de corte en la dirección Y es aproximadamente 13,700 kips (equivalente a aproximadamente 8,8% del peso del edificio).

#### **Análisis no lineal:**

Las columnas se modelaron con desplazamientos basados en los elementos de viga/columna con secciones de fibra en cinco puntos de integración a lo largo de la longitud del elemento (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017)). Cada sección de fibra tenía cuatro capas en la dirección de la anchura (o profundidad) y cuatro capas en la dirección del grosor. Los materiales estructurales fueron modelados por ASCE 41-13 y la resistencia esperada del material de acero se estimó como la multiplicación del factor de resistencia y de la modificación del

límite inferior para cada clase de material. Las deformaciones de corte y de torsión de las secciones en las columnas se consideraron a través de la agregación de objetos uniaxiales elásticos que contenían rigidez de corte (GA) y rigidez torsional (GJ) a las secciones de fibra de las columnas correspondientes. No se simularon interacciones entre el momento, el corte y la torsión. (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).

Las vigas se modelaron utilizando un análisis de fuerza basado en los elementos de viga /columna con longitudes finitas y con rotulas plásticas ambos extremos para cada viga. La longitud de las rotulas plásticas fue de 1/6 de la longitud de la viga, de tal manera que no era necesaria la corrección del momento de inercia para la parte elástica del elemento de viga. (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017). Por lo que si se usa una longitud para la rotula plástica diferente de 1/6 de la longitud de la viga, se supone que las relaciones de longitud de rotula plástica será típicamente a la amplitud de viga entre 1/10 y 1/20 y los parámetros de modificación de rigidez a flexión  $\beta_1$  y  $\beta_3$  serian negativos; por lo cual esto creará problemas numéricos de estabilidad durante el análisis dinámico. Esta es la razón principal para seleccionar una longitud de rotula de plástica de 1/6 de la longitud de la viga (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017).

La losa de piso de la edificación es de hormigón armado ligero de 6 pulgadas (15 cm) de espesor sobre un deck de metálico. De acuerdo a los planos estructurales no había conectores de cortante a través del deck metálico. No está claro si la losa de piso fue diseñada como una losa; Sin embargo, las restricciones de la losa rígida se incluyeron en el modelo numérico para la simplicidad. El ASCE 41-13 pide que se estudien las cargas de gravedad: cargas muertas y 25% de las cargas vivas cuando se combina con los efectos sísmicos para la evaluación



dinámica no lineal. En el modelo se añadió una típica carga viva 100 psf en todas partes y la carga muerta sobrepuesta (sin incluir el peso propio de la estructura). Las cargas muertas y las cargas vivas en los elementos vigas fueron cargadas a través de una distribución uniforme a lo largo de los elementos usando OpenSees (programa computacional) utilizando el área tributaria de las vigas. Las vigas que no están en el sistema de resistencia a la fuerza lateral no fueron simulados en un modelo numérico.

### **Conclusiones del ejemplo:**

Parámetros TIER1:

- Material: La estructura es de acero, el TIER1 puede evaluar estructuras de acero.
- Número de pisos: La edificación es de 35 pisos, el TIER1 no debe ser usado para edificios mayores a 6 pisos.

Primero, las guías TIER1 presentan algunas limitaciones descritas en el ASCE 41-13 como es el número de pisos de la edificación, para estructuras de acero el número máximo de pisos es 6 y en este caso de estudio la edificación tenía 35 pisos. Por lo cual las guías TIER1 no debieron ser aplicables y automáticamente se debió usar el nivel 3 (TIER3) del ASCE 41-13, Sin embargo, a pesar de esta limitación las guías TIER 1 lograron determinar deficiencias en la estructura y con esto se logra identificar ciertas patologías como el problema de piso blando en el primer piso producido por el uso de Mezzanines en la edificación. El TIER1 logró determinar deficiencias en la estructura pero no es lo suficientemente detallado para identificar todas las vulnerabilidades de una edificación. Se concluye que el TIER1 es una herramienta poderosa en cuanto a encontrar patologías, pero también se debe tener en cuenta que no se puede utilizar estas guías con el fin de encontrar todas las deficiencias en una edificación ya que este documento presenta varias limitaciones muy claras. Se recomienda el

uso de las TIER1 como primera evaluación pero si una edificación muestra que no cumple se debe tener en cuenta las limitaciones previamente mencionadas y pasar a una guía TIER3.

Evaluación nivel 3 (TIER3):

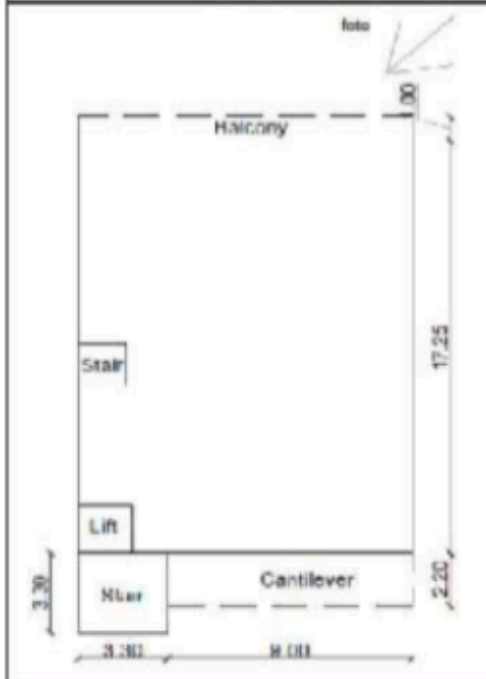
En el estudio de caso, se identificó un gran número de fallas en conexión durante el análisis de evaluación de nivel 3 (TIER3). En esta evaluación se consideró modelos no lineales que simulaban el comportamiento frágil de las conexiones de viga-columna y también los empalmes de columnas. Los modelos numéricos utilizados en este estudio incluyeron una serie de supuestos simplificadores. Por ejemplo, no tuvieron en cuenta el subsuelo de la estructura, la interacción suelo-estructura, la acción compuesta parcial de las losas con las vigas del suelo, o los efectos de rigidez y amortiguación del revestimiento. Un estudio más amplio debería incorporar estos y otros aspectos. Se vio que el componente vertical de los sismos tenía un efecto en la respuesta dinámica global de la estructura y especialmente en las demandas de fuerza axial de la columna (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017)).

Para desarrollar mejores parámetros en el modelado en edificios altos existentes, se recomiendan pruebas de componentes a gran escala. En particular, los ensayos en columnas (tanto de construcción como de laminados en caliente) con altas fuerzas axiales y grandes exigencias de deriva cíclica, ensayos de carga cíclica a gran escala sobre empalmes de columnas con detalles de soldadura (fuerzas axiales combinadas y momentos de flexión bidireccionales ) (Wang, S., & Mahin, S. A. (2017)). Por lo cual con el análisis TIER3 se pudo comprobar que la TIER1 aunque no es un requisito es una herramienta que se puede utilizar para la determinación de patologías, pero no es suficientemente detallada para identificar todas vulnerabilidades existentes en una estructura.

### **4.3 Aplicación del FEMA P-154 en proyectos reales:**

A diferencia de la guía del ASCE41-13 (TIER1) el documento del FEMA P-154 tiene un ejemplo real utilizado en el Ecuador, por esta razón no será evaluada en este documento como el caso anterior del TIER1. La principal razón por la cual no se realiza este estudio de las guías para evaluación pre evento sísmico del FEMA, se debe a que el año de publicación del documento en el Ecuador es el 2016 por lo cual se considera actualizado y revisado. El documento se encuentra en el capítulo cinco de la guía de diseño cinco de la NEC “Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras”. A continuación se presenta un ejemplo del uso de la guía de diseño cinco de la NEC.

EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES



**DATOS DE LA EDIFICACIÓN:**  
 Dirección: Avenida Vicente Rocafuerte y Orellana, Guayaquil  
 Nombre de la edificación: Edificio Agripar, piso 5.  
 Sitio de referencia:  
 Tipo de uso: Oficina Fecha de evaluación: 2013-06-17  
 Año de construcción: 1955 Año de Remodelación: N/A  
 Área Construida (m<sup>2</sup>): 1060.90 m<sup>2</sup> Número pisos: 5  
**DATOS DEL PROFESIONAL**  
 Nombre del evaluador: Dr. Fabricio Yopez, Ph.D.  
 C.I.: 1717171717  
 Registro SENESCYT: 1010-10-1010101



**TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL**

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX		PC	Pórtico Acero laminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

**PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S**

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
<b>ALTIURA DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.8	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
<b>IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Irregularidad vertical	-2.3	-1	-1	-1.3	-1.3	-1	-1	-1	-1	-1.3	-1.3	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
<b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
<b>TIPO DE SUELO</b>													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
<b>PUNTAJE FINAL S</b>					0.50								

<b>GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA</b>		
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0<S<2.5	Medio vulnerabilidad	
S>2.5	Baja vulnerabilidad	
<b>FY</b>		Firma responsable de evaluación

**OBSERVACIONES:**  
 El edificio esta situado en suelo tipo F (suelo con condiciones especiales), pero debido a su sistema de cimentación (pilotes), se eligió el tipo de suelo E  
 No existe riesgo de elementos no estructurales en caso de sismo.  
 El edificio necesita una revisión especial.

Descripción de los campos de la Guía:

**1. Datos de la edificación:**

- Dirección, Nombre de la edificación, Fecha de la evaluación, Sitio de referencia, Tipo de Uso, Año de construcción, Año de remodelación, Área construida (m<sup>2</sup>), Número de pisos

**2. Datos del Profesional:**

- Nombre del evaluador, C.I, Registro SENESCYT

**3. Esquema estructural en planta y elevación en la edificación:**

**4. Fotografía de la edificación:**

**5. Tipología del sistema estructural implementados para la evaluación y**

**6. puntaje básico de cada sistema estructural**

1.Madera (W1) Puntaje básico: 4.4

2.Mampostería sin refuerzo (URM) Puntaje básico: 1.8

3.Mampostería reforzada (RM) Puntaje básico: 2.8

4.Mixta acero (MX) Puntaje básico: 1.8

5.Pórtico hormigón armado (C1) Puntaje básico: 2.5

6.Pórtico hormigón armado con muros estructurales (C2) Puntaje básico: 2.8

7. Pórtico hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3) Puntaje básico: 1.6

8.Hormigón armado prefabricado (PC) Puntaje básico: 2.4

9.Pórtico acero laminado (S1) Puntaje básico: 2.6

10.Pórtico acero laminado con diagonales (S2) Puntaje básico: 3.0

11. Pórtico acero doblado en frío (S3) Puntaje básico: 2.0

12. Pórtico acero laminado con muros estructurales de h. armado (S4) Puntaje básico: 2.8

13. Pórtico acero con paredes de mampostería (S5) Puntaje básico: 2

## 7. Puntajes Básicos, modificadores y puntaje final S

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
<b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
<b>IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
<b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
<b>TIPO DE SUELO</b>													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8

Figura 94: Puntajes Básicos, modificadores y puntaje final S (NEC,2015)

## 8. Puntaje final S:

- **Grado de vulnerabilidad :**
  1.  $S < 2.0$  = Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
  2.  $2.0 > S > 2.5$  = Media vulnerabilidad
  3.  $S > 2.5$  = Baja vulnerabilidad

### **Descripción del Procedimiento de evaluación:**

Las guías P-154 tienen un proceso de evaluación sencillo que es:

- Primero, el evaluador debe llenar los datos de la edificación y los datos del profesional.
- Segundo, el evaluador debe tomar una foto de la edificación y posteriormente graficar la misma en planta y elevación.
- Tercero, las edificaciones reciben un puntaje básico de acuerdo a la tipología del sistema estructural que tienen.
- Cuarto, el puntaje básico es restado por las deficiencias encontradas por el evaluador
- Quinto, el evaluador suma el resultado para obtener el puntaje final S, el cual es el grado de vulnerabilidad de la estructura.

### **Conclusión y recomendaciones:**

El FEMA P-154 es una guía para edificaciones sin acción de un sismo o pre evento sísmico, las características más importante de este documento son:

- Guía rápida y visual.
- No requiere presupuestos altos.
- Las edificaciones evaluadas con esta guía obtienen un valor numérico el cual indica el grado de vulnerabilidad sísmica que poseen.
- Las guías utilizan la misma tipología utilizada en el ASCE41-13 para sistemas constructivos.

Primero, es importante recalcar que para un correcto uso de las guías se debe seguir ordenadamente los pasos descritos anteriormente. Segundo, las guías definen los sistemas constructivos de la misma forma que las guías TIER1, esto indica que las guías pueden ser

utilizadas para definir un mismo sistema constructivo y analizarlo utilizando las dos guías. Tercero, una ventaja que poseen las guías P-154 es que no cuenta con restricción por número de pisos, por lo que puede evaluar más edificaciones que el TIER1. Cuarto, el sistema de ponderación utilizado en las guías P-154 del Ecuador no tienen completo el documento del FEMA ya que existe un nivel 2 en el cual se detalla las deficiencias y se otorga puntajes detallados a las deficiencias encontradas, este nivel dos proporciona información valiosa que en la versión del Ecuador no se toma en cuenta. Quinto, para finalizar las guías P-154 evalúan detalles que no se toman en cuenta en el TIER1 como es el caso del año de construcción o el tipo de suelo, esto muestra que se puede hacer una guía uniendo estas dos metodologías para obtener una guía de evaluación de estructuras existentes completa. (NEC,2015)



## 4.4 GUÍAS DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS (H-01) POST EVENTO SÍSMICO

### 4.4.1 Límites de las guías post evento sísmico H-01

Para el uso correcto de la guía prototipo H-01 se deben cumplir los siguientes parámetros:

- Edificaciones no mayores a 6 pisos
- Hormigón

Este prototipo de guía puede determinar las patologías de falla en edificios de hasta seis pisos, esto se debe a que la guía se basa en el TIER1 de la ASCE 41-13, la cual indica que las edificaciones a ser evaluadas en Ecuador, deben cumplir el requisito de Altura en descrito en la sección 3.2.1, tabla 3-2 de la ASCE 41-13 (caso contrario no se puede responsabilizar a las guías por una mala evaluación).

Generalidades:

- Estas guías son de evaluación rápidas
- Las guías deben ser llenadas en 30 min a 1h
- Las guías tienen el objetivo de encontrar deficiencias en el sistema constructivo, resistencia a carga lateral y conexiones.
- El objetivo es lograr determinar patologías que incluyen problemas por piso blando, columnas cortas o losa plana.

Nota: La guía H-01 excluye toda responsabilidad por las decisiones que el usuario pueda tomar basado en la información presentada en este documento.

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS POST TERREMOTO LIST H-01	
Nombre del Evaluador: _____	
Lugar de la inspección: _____	
Fecha y hora de la inspección: _____	
Nombre del propietario de la edificación: _____	
Número de teléfono: _____	
Año de construcción: _____	
Estatus de ocupación: Ocupada ( )      Deshabitada ( )	Clasificación estructural: Esencial ( )      No esencial ( )
Área (m²): _____	Existen mezanines: Si ( )      No ( )
Número de pisos: _____	Material de la estructura: _____
Tipo de suelo: _____	
Estado: Colapso ( )      Colapso parcial ( )      Cimentación afectada ( )	
Edificación fuera de plomo: Poca/Ninguna ( )      Moderada ( )      Severa ( )	
Áreas Inspeccionadas: Solo Exterior ( )      Exterior e interior ( )	
<b>Sistemas Constructivos</b>	
1.Ruta de carga: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	2.Piso blando: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
3.Deterioro del hormigón: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	4.Fisuras en muros de cortante: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
<b>Resistencia a carga lateral</b>	
5.Redundancia: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	6.Estructura de losa plana: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
7.Columna corta C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	8.Paredes confinadas: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
9.Torsión: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	10.Unidades de mampostería: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
11.Geometría: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	12.Ubicación: C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
<b>CONEXIONES:</b>	
13.Conexión viga / columna C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )	14.Rotulas plasticas en columnas C ( )      NC ( )      NA ( )      I ( )
Leyenda C: Cumple      NC: No Cumple      NA: No aplica      I: No es posible identificar	
Futuras acciones: Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____	
Recomienda evaluación detallada Estructural ( )      Geotécnica ( )      Otra ( ) _____ No ( )	
GRAFICOS	Observaciones: ----- ----- ----- ----- -----

Figura 95:Ficha técnica post evento página frontal

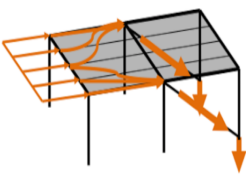
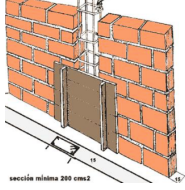

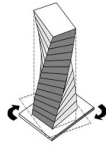
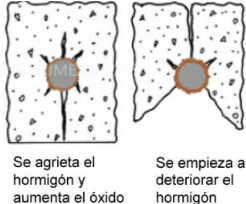
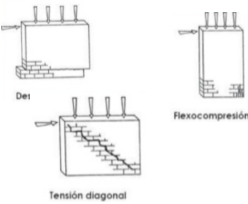
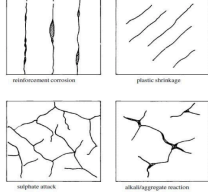

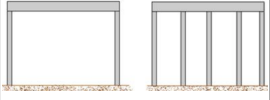
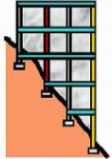
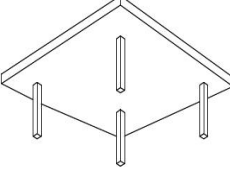
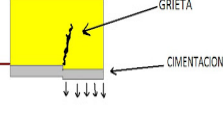
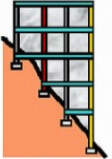
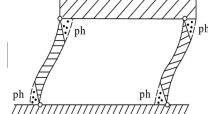
GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS POST TERREMOTO LIST H-01			
1. Ruta de carga: La estructura debe tener una ruta de carga completa para seguridad vital y ocupación inmediata para efectos de fuerzas sísmicas en cualquier dirección horizontal que sirva para transferir las fuerzas de inercia de la masa a la cimentación.		8. Paredes confinadas: Todas las paredes interiores situadas en la estructura estarán aisladas de los elementos estructurales	
2. Piso blando: No debe haber un piso menor que el 70% de la rigidez lateral del piso inmediato superior. Piso débil: No debe haber un piso con resistencia menor que el 70% de la resistencia del piso inmediato superior.		9. Torsión: El centro de rigidez no coincide con el centro de masa.	
3. Deterioro del hormigón: No debe haber deterioro visible del hormigón o acero de refuerzo en ninguno de los elementos resistentes a la fuerza vertical o lateral.		10. Unidades de mampostería: No debe existir deterioro visible.	
4. Fisuras en muros de cortante: No debe haber grietas diagonales existentes en el muro de corte de un sistema C2. Adicional se debe informar si el muro presenta un patrón x.		11. Geometría: No debe tener irregularidades en Planta o Verticales.	
5. Redundancia: El número de vanos en cada dirección será mayor o igual a 2 para la seguridad vital y 3 para la ocupación inmediata.		12. Ubicación: Construcción en pendiente: la edificación se encuentra en pendiente, tal que a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.	
6. Estructura de losa plana: La resistencia a fuerzas laterales no deberá consistir en sistema columnas y losa plana sin vigas.		13. Asentamiento: No debe tener falla la cimentación.	
7. Columna corta: No debe tener diferencia en altura entre columnas, en la línea de columnas no debe haber columnas mayores o menores al 50% de las demás.		14. Rotulas Plásticas en columnas: No debe existir daño en cabeza o base de columnas.	
OBSERVACIONES:	----- ----- -----		

Figura 96:Ficha técnica post evento página posterior

#### 4.4.2 Manual guías H-01 (Post evento sísmico)

### 1. Datos generales:

Nombre del Evaluador: _____
Lugar de la inspección: _____
Fecha y hora de la inspección: _____
Nombre del propietario de la edificación: _____
Número de teléfono: _____
Año de construcción: _____

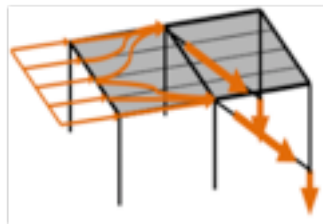
### 2. Descripción general de la edificación:

Estatus de ocupación: Ocupada ( )      Deshabitada ( )	Clasificación estructural: Esencial ( )      No esencial ( )
Área (m <sup>2</sup> ): _____ Número de pisos: _____	Existen Mezanines: Si ( )      No ( ) Material      de      la estructura: _____
Tipo de suelo: _____	
Estado: Colapso ( )      Colapso parcial ( )      Cimentación afectada ( )	
Edificación fuera de plomo: Poca/Ninguna ( )      Moderada ( )      Severa ( )	
Áreas Inspeccionadas: Solo Exterior ( )      Exterior e interior ( )	

### 3. Sistemas constructivos:

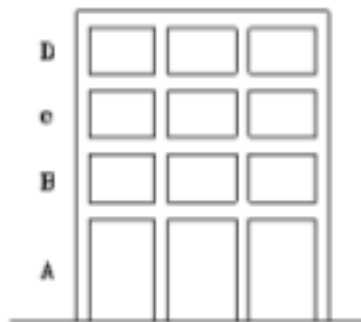
1.Ruta de carga: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	2.Piso blando / Piso débil C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )
3.Deterioro de hormigón: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	4. Fisuras en Muros de corte: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )

1. Ruta de carga: La estructura debe tener una ruta de carga completa para seguridad vital y ocupación inmediata para efectos de fuerzas sísmicas en cualquier dirección horizontal que sirva para transferir las fuerzas de inercia de la masa a la cimentación.



**MARCAR “NC”**

2.Piso débil: No debe haber un piso con resistencia menor que el 70% de la resistencia del piso inmediato superior.



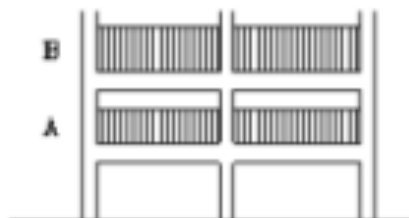
$$K_A < 0,70 K_B$$

**MARCAR “NC”**

$$K_A < 0,80 K_F$$

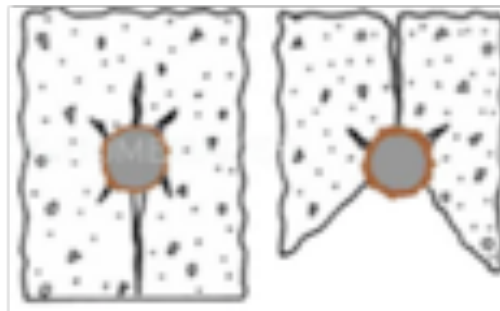
$$K_F = K_B + K_C + K_D / 3$$

Piso blando: No debe haber un piso menor que el 70% de la rigidez lateral del piso inmediato superior.



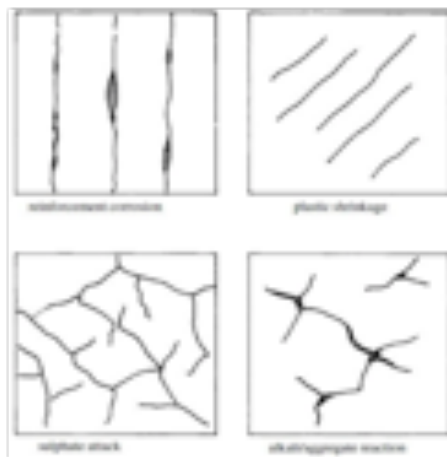
**MARCAR “NC”**

3. Deterioro del hormigón : No debe haber deterioro visible del hormigón tal que se observe el acero de refuerzo en ninguno de los elementos resistentes a la fuerza vertical o lateral.



**MARCAR “NC”**

4. Fisuras en muros de cortante: No debe haber grietas diagonales existentes en el muro de corte de un sistema C2, Adicional se debe informar si el muro presenta un patrón x.

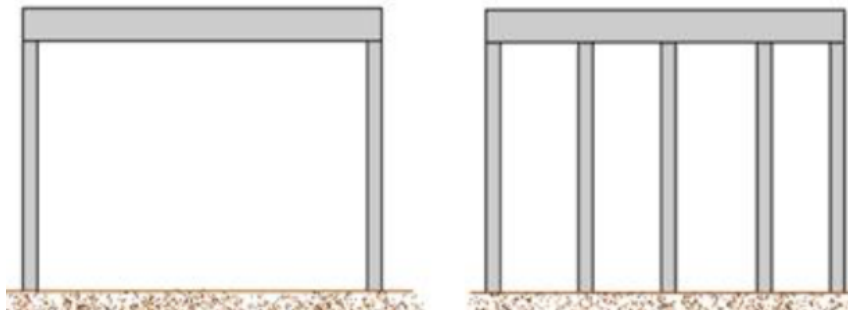


**MARCAR “NC”**

#### 4. Resistencia a carga lateral:

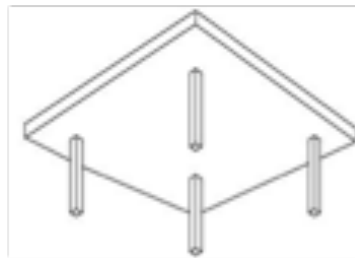
5.Redundancia: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	6.Estructura de losa plana: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )
7.Columna corta C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	8.Paredes confinadas: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )
9.Torsion C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	10.Deterioro en mampostería: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )
11.Grietas en columnas perimetrales: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )	12.Proporciones: C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )

5. Redundancia: El número de vanos en cada dirección será mayor o igual a 2 para la seguridad vital y 3 para la ocupación inmediata.



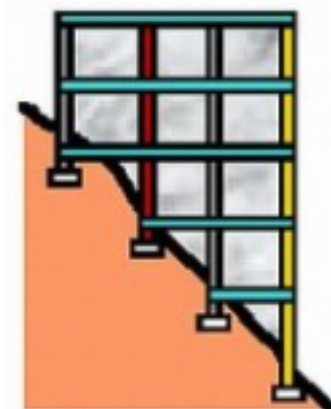
**MARCAR “NC”**

6. Estructura de losa plana: La resistencia a fuerzas laterales no deberá consistir en sistema columnas y losa plana sin vigas.



**MARCAR “NC”**

7. Columna Corta o esbeltas : No debe tener diferencia en altura entre columnas, en la línea de columnas no debe haber columnas mayores o menores al 50% de las demás.



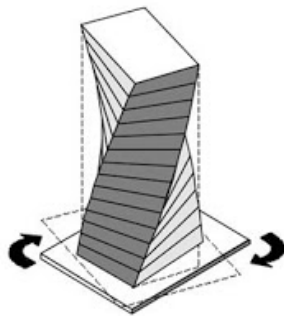
**MARCAR “NC”**

8. Paredes confinadas: Todas las paredes interiores situadas en la estructura estarán aisladas de los elementos estructurales



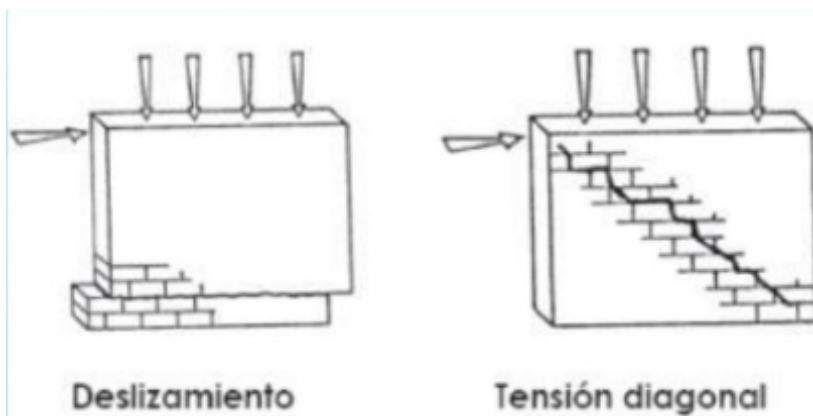
**MARCAR “NC”**

9. Torsión: El centro de rigidez no coincide con centro de masa.



**MARCAR “NC”**

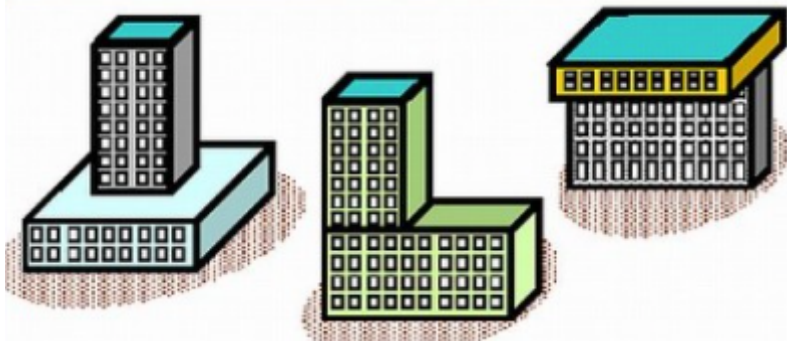
10. Unidades de mampostería: No debe existir deterioro visible.



**MARCAR “NC”**

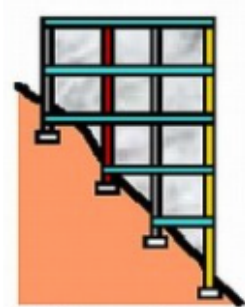
11. Geometría: No debe tener irregularidades en Planta o Verticales.





MARCAR “NC”

12. Ubicación: Construcción en pendiente: la edificación se encuentra en pendiente, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.

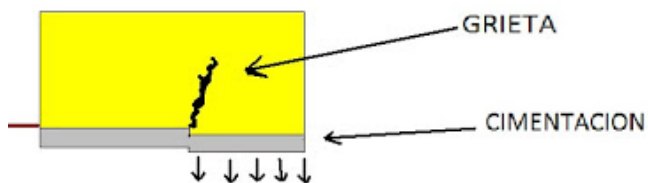


MARCAR “NC”

## 5. Conexiones:

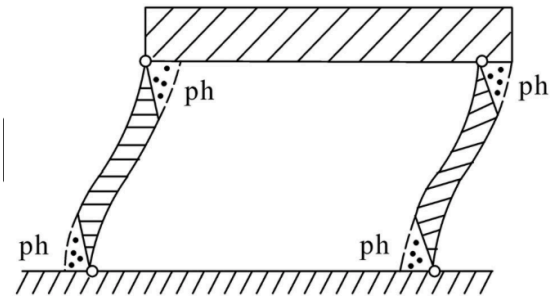
13.Asentamiento				14.Rotulas plásticas en columnas			
C ( )	NC ( )	NA ( )	I ( )	C ( )	NC ( )	NA ( )	I ( )

13. Asentamiento: No debe tener falla la cimentación.



MARCAR “NC”

14. Rotulas Plastias en columnas: No debe existir daño en cabeza o base de columnas.



**MARCAR “NC”**

**6. Leyenda y Futuras acciones:**

Leyenda			
C: Cumple	NC: No Cumple	NA: No aplica	I: No es posible identificar
Futuras acciones:			
Uso de barricadas en las siguientes áreas:			
_____			

**7. Recomendación:**

Recomienda evaluación detallada			
Estructural ( )	Geotécnica ( )	Otra ( ) _____	No ( )

**8. Gráfico:**


En esa sección se debe tomar una foto con una cámara digital o graficar la edificación para añadir a la evaluación.

GRAFICOS

**9. Observaciones:** En esta sección el evaluador debe señalar toda irregularidad que se pueda presentar.

Observaciones:
-----
-----
-----
-----
-----
-----

**EJEMPLO DE GUÍAS DE POST EVENTO :**

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS POST TERREMOTO LIST H-01			
Nombre del Evaluador:		CRISTIAN AGUIRRE	
Lugar de la inspección:		QUITO	
Fecha y hora de la inspección:		15/5/17 16:00 p.m.	
Nombre del propietario de la edificación:		N/A	
Número de teléfono:		N/A	
Año de construcción:		N/A	
Estatus de ocupación:		Clasificación estructural:	
Ocupada ( )    Deshabitada (X)		Esencial (X)    No esencial ( )	
Área (m²): _____ 200		Existen mezanines:	
Número de pisos: _____ 3		Si ( )    No (X)	
Tipo de suelo: _____ N/A		Material de la estructura: _____ HORMIGON	
Estado:			
Colapso (X)		Colapso parcial ( )	Cimentación afectada ( )
Edificación fuera de plomo:			
Poca/Ninguna (X)		Moderada ( )	Severa ( )
Áreas Inspeccionadas:			
Solo Exterior (X)		Exterior e interior ( )	
<b>Sistemas Constructivos</b>			
1.Ruta de carga:		2.Piso blando:	
C ( )    NC (X)    NA ( )    I ( )		C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )	
3.Deterioro del hormigón:		4.Fisuras en muros de cortante:	
C ( )    NC (X)    NA ( )    I ( )		C ( )    NC ( )    NA (X)    I ( )	
<b>Resistencia a carga lateral</b>			
5.Redundancia:		6.Estructura de losa plana:	
C ( )    NC (X)    NA ( )    I ( )		C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )	
7.Columna corta		8.Paredes confinadas:	
C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )		C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )	
9.Torsión:		10.Unidades de mampostería:	
C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )		C ( )    NC (X)    NA ( )    I ( )	
11.Geometría:		12.Ubicación:	
C ( )    NC ( )    NA ( )    I ( )		C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )	
<b>CONEXIONES:</b>			
13.Conexión viga / columna		14.Rotulas plasticas en columnas	
C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )		C (X)    NC ( )    NA ( )    I ( )	
Leyenda			
C: Cumple    NC: No Cumple    NA: No aplica    I: No es posible identificar			
Futuras acciones:			
Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____ EN TODA LA EDIFICACIÓN, ALTO RIESGO DE COLAPSO			
Recomienda evaluación detallada			
Estructural (X)		Geotécnica (X)	Otra ( )    No ( )
GRAFICO:			Observaciones:
		<p>-----  LA EDIFICACIÓN NO CUMPLE Y POSEE  DEFICIENCIAS TANTO EN RESISTENCIA  A CARGA LATERAL COMO EN SU  SISTEMA CONSTRUCTIVO  NECESITA EVALUACIÓN DETALLADA  -----</p>	

**Figura 97:** Ejemplo Ficha técnica post evento página frontal

## 4.5 GUÍAS DE EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES (H-01)

### 4.5.1 Sistema de ponderación:

Debido a que en las guías P-154 que están en el Ecuador no presentan el Nivel dos del documento FEMA P-154 en este trabajo de titulación se propone una guía la cual incluye la metodología del TIER1 y también incluirá el nivel dos del P-154 con el objetivo de mejorar las guías existentes. El sistema de ponderación de las guías propuestas se hizo en base a la guía practica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de la NEC en conjunto con las guías P-154.

Procedimiento:

1. Primero , Se utilizo un lista todos modificadores de los puntajes básicos tanto de la NEC como del documento FEMA P-154. Los modificadores son :irregularidades en planta , irregularidades en elevación y otros.
2. Se diseño una tabla de conversión donde se muestran tres categorías : Severa, Moderada y Baja. Se otorgo un valor a cada una de estas características basados en el documento completo del FEMA P-154.
3. Se añadió a cada modificador un valor de acuerdo a su nivel de riesgo descrito tanto en la NEC como en el FEMA.
4. Utilizando la nomenclatura de la zona sísmica de la NEC podemos determinar que :  
VH = factor Z de 0.5 (Zona sísmica VI), H= factor Z de 0.4 (Zona sísmica V),  
MH= factor Z de 0.35(Zona sísmica IV), M= factor Z de 0.30 (Zona sísmica III),

A continuación se presenta las listas utilizadas para el sistema de ponderación:

**Tabla. 26** Lista de irregularidades verticales según NEC P-154:

Nec
<b>1.4 Problemas de configuración estructural en elevación</b>
<b>Formas irregulares en elevación</b>
<b>1.4.1 Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas</b>
<b>Ejes verticales discontinuos</b>
<b>Muros estructurales soportados por columnas</b>
<b>Continuidad de elementos estructurales</b>
<b>1.4.2 Piso débil – Discontinuidad en la resistencia</b>
<b>Piso débil</b>
<b>Discontinuidad en la resistencia</b>
<b>1.4.3 Problema en columnas y vigas:</b>
<i>Columnas</i>
<i>Columnas de menor resistencia que las vigas:</i>
<i>Columnas cortas o esbeltas:</i>
<b>Terreno con inclinación: columna esbelta</b>
<b>Columnas cortas o esbeltas: terreno con inclinación</b>
<b>Columnas cortas: Confinamiento lateral de paredes</b>
<b>Columnas cortas o esbeltas: losas en niveles intermedios</b>
<i>Vigas</i>
<b>Losas planas con vigas banda. Fallos por punzonamiento</b>
<b>Distribución y concentración de masa:</b>
<b>Concentraciones de masa</b>
<b>Distribución de masa</b>
<b>1.4.5 Piso flexible:</b>
<b>Piso flexible</b>
<b>1.4.6 Irregularidad geométrica:</b>
<b>Irregularidad geométrica: escalonamientos</b>
<b>Irregularidad geométrica según NEC 2015</b>
<b>Irregularidad geométrica: estructuras inusuales</b>
<b>1.4.7 Adiciones:</b>
<b>Adición de una edificación con un piso más pequeño sobre la edificación</b>
<b>Adición de una edificación con uno o más pisos sobre la edificación</b>
<b>Adición de una edificación con uno o más pisos sobre la edificación</b>
<b>Otras adiciones:</b>
<b>1.4.8 OTROS:</b>
<b>Niveles no alineados</b>
<b>alguna irregularidad vertical que afecte severamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>
<b>alguna irregularidad vertical que afecte moderadamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>

**Tabla 27.** Lista de irregularidades verticales FEMA P-154:

		VH	H	VH	M
1	Sloping site	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
2	Weak/Soft site	-0,7	-0,9	-1	-1,1
		-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
3	Setback	-0,7	-1	-1	-1,2
		-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
		-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
4	short column	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
		-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
5	split levels	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
6	Other irregularities	-0,7	-1	-1	-1,2
		-0,4	-0,5	-0,5	-0,6

Tabla de conversión :

severo			
-0,7	-1	-1	-1,2
moderado			
-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
bajo			
-0,2	-0,3	-0,3	-0,4

**Tabla 28.** Lista completa de irregularidades verticales H-01

Nec	VH	H	MH	M
	puntajes	puntajes	puntajes	puntajes
<b>1.4 Problemas de configuración estructural en elevación</b>				
<b>Formas irregulares en elevación</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>1.4.1 Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas</b>				
<b>Ejes verticales discontinuos</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Muros estructurales soportados por columnas</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Continuidad de elementos estructurales</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>1.4.2 Piso débil – Discontinuidad en la resistencia</b>				
<b>Piso débil</b>	-0,7	-0,9	-1	-1,1
<b>Discontinuidad en la resistencia</b>	-0,7	-0,9	-1	-1,1
<b>1.4.3 Problema en columnas y vigas:</b>				
<i>Columnas</i>				
<i>Columnas de menor resistencia que las vigas:</i>				
<i>Columnas cortas o esbeltas:</i>				
<b>Terreno con inclinación: columna esbelta</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Columnas cortas o esbeltas: terreno con inclinación</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Columnas cortas: Confinamiento lateral de paredes</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Columnas cortas o esbeltas: losas en niveles intermedios</b>	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
<i>Vigas</i>				
<b>Losas planas con vigas banda. Fallos por punzonamiento</b>	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5
<b>Distribución y concentración de masa:</b>				
<b>Concentraciones de masa</b>	-0,7	-0,9	-1	-1,1
<b>Distribución de masa</b>	-0,7	-0,9	-1	-1,1
<b>1.4.5 Piso flexible:</b>				
<b>Piso flexible</b>	-0,7	-0,9	-1	-1,1
<b>1.4.6 Irregularidad geométrica:</b>				
<b>Irregularidad geométrica: escalonamientos</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Irregularidad geométrica según NEC 2015</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Irregularidad geométrica: estructuras inusuales</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>1.4.7 Adiciones:</b>				
<b>Adición de una edificación con un piso más pequeño sobre la edificación</b>	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
<b>Adición de una edificación con uno o más pisos sobre la edificación</b>	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
<b>Adición de una edificación con uno o más pisos sobre la edificación</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>Otras adiciones:</b>	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
<b>1.4.8 OTROS:</b>				
<b>Niveles no alineados</b>	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
<b>alguna irregularidad vertical que afecte severamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>	-0,7	-1	-1	-1,2
<b>alguna irregularidad vertical que afecte moderadamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5



**Tabla 29.** Lista de irregularidades en planta según NEC P-154:

Nec
<b>1.3 Problemas de configuración estructural en planta</b>
<b>1.3.1 Longitud de la edificación</b>
<b>Separación de junta sísmica menor a 2.50 centímetros</b>
<b>longitud en planta de una edificación excede de 4 Relación largo/anchura</b>
<b>Edificación ubicada en terreno con pendiente superior al 30%</b>
<b>Longitud excesiva en planta: juntas de construcción</b>
<b>Diferencia de niveles</b>
<b>Calidad de suelo</b>
<b>1.3.2 Geometría y disposición de elementos estructurales en planta:</b>
<b>Geometrías en planta irregulares</b>
<b>1.3.3 Discontinuidades en el sistema de piso</b>
<b>Retrocesos excesivos en las esquinas</b>
<b>Discontinuidades en el sistema de piso</b>
<b>1.3.4 Ejes estructurales no paralelos</b>
<b>Ejes estructurales no paralelos</b>
<b>1.3.5 Torsión</b>
<b>Centro de rigidez no coincide con centro de masa</b>
<b>Centro de rigidez semejante con centro de masa</b>
<b>Distribución de muros portantes</b>
<b>Torsión debido a no coincidencia de centro de rigidez y centro de masa</b>
<b>Irregularidad torsional</b>
<b>1.3.6 Construcción fuera de plano</b>
<b>Las vigas exteriores no se alinean con las columnas</b>
<b>1.3.6 Adiciones</b>
<b>Adición de una edificación con el mismo tipo de construcción y número de pisos</b>
<b>Adición de una edificación con diferente altura de la original (mayor).</b>
<b>Adición de una edificación diferente a la original</b>
<b>Adición pequeña donde la adición se basa en el edificio original para ser parte de él</b>
<b>OTROS:</b>
<b>alguna irregularidad vertical que afecte severamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>
<b>alguna irregularidad vertical que afecte moderadamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>

**Tabla 30.** Lista de irregularidades en planta FEMA P-154:

1	Torsion irregularity:	-0,5	-0,7	-0,8	-1
2	non paralel sytem:	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
3	reentrant corner:	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
4	Diaphram opening:	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
5	C1,C2 out off plane c	-0,2	-0,4	-0,4	-0,4
6	otrher irregulariry:	-0,5	-0,7	-0,8	-1

Tabla de conversión :

severo				
-0,5	-0,7	-0,8	-1	
moderado				
-0,2	-0,4	-0,4	-0,5	
bajo				
-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	

**Tabla 31.** Lista completa irregularidades en planta H-01

Nec	VH	H	MH	M
	puntajes	puntajes	puntajes	puntajes
<b>1.3 Problemas de configuración estructural en planta</b>				
<b>1.3.1 Longitud de la edificación</b>				
<b>Separación de junta sísmica menor a 2.50 centímetros</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>longitud en planta de una edificación excede de 4 Relación largo/ancho</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>Edificación ubicada en terreno con pendiente superior al 30%</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>Longitud excesiva en planta: juntas de construcción</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>Diferencia de niveles</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Calidad de suelo</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>1.3.2 Geometría y disposición de elementos estructurales en planta:</b>				
<b>Geometrías en planta irregulares</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>1.3.3 Discontinuidades en el sistema de piso</b>				
<b>Retrocesos excesivos en las esquinas</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>Discontinuidades en el sistema de piso</b>	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
<b>1.3.4 Ejes estructurales no paralelos</b>				
<b>Ejes estructurales no paralelos</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>1.3.5 Torsión</b>				
<b>Centro de rigidez no coincide con centro de masa</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Centro de rigidez semejante con centro de masa</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Distribución de muros portantes</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Torsión debido a no coincidencia de centro de rigidez y centro de masa</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Irregularidad torsional</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>1.3.6 Construcción fuera de plano</b>				
<b>Las vigas exteriores no se alinean con las columnas</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,4
<b>1.3.6 Adiciones</b>				
<b>Adición de una edificación con el mismo tipo de construcción y número de pisos</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Adición de una edificación con diferente altura de la original (mayor).</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>Adición de una edificación diferente a la original</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
<b>Adición pequeña donde la adición se basa en el edificio original para ser considerada como una adición</b>	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
<b>OTROS:</b>				
<b>alguna irregularidad vertical que afecte severamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>	-0,5	-0,7	-0,8	-1
<b>alguna irregularidad vertical que afecte moderadamente el comportamiento sísmico de la edificación</b>	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5

#### **4.5.2 LIMITACIONES GUÍAS DE EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES (H-01)**

- Estas guías son de evaluación visual y semi-detalladas.
- Las guías deben ser llenadas en menos de 1h a 1h y 30 min
- Las guías tienen el objetivo de encontrar deficiencias en edificaciones en sin la presencia de un sismo, las guías están diseñadas para determinar daños en el sistema constructivo, resistencia a carga lateral y conexiones.
- El objetivo es lograr identificar problemas por irregularidades tanto verticales como en planta, para determinar patologías tales como: por piso blando, columnas cortas o losa plana posterior a la evaluación la edificación será calificada para determinar la vulnerabilidad sísmica de la estructura.

Nota: La guía H-01 excluye toda responsabilidad por las decisiones que el usuario pueda tomar basado en la información presentada en este documento.

GUÍA VISUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS PRE TERREMOTO LIST H-01 (PRM)			
Nombre del Evaluador: _____			
Lugar de la inspección: _____			
Fecha y hora de la inspección: _____			
Nombre del propietario de la edificación: _____		Ocupación: _____	
Número de teléfono: _____ Número de celular: _____		Educativa ( ) Patrimonial ( ) Industrial ( ) Residencial ( ) Comercial ( )	
Año de construcción: _____		Galpon ( ) Oficinas ( ) Utilidad Pública ( ) Servicios de emergencia ( )	
Permiso de construcción: SI ( ) NO ( ) Número de permiso: _____		Fabrica ( )	
Codigo Usado para construcción: _____		Otro: _____ # Unidades: _____	
Const. Adicionales o Adecuaciones: SI ( ) NO ( ) Fecha: / /			
Área de piso (m <sup>2</sup> ): _____ Número de pisos: _____	Tipo de suelo: _____ (NOTA: si no se sabe marcar "D")		Long. De edificación: _____
Altura de pisos(m): _____ Número de Subsuelos: _____	A ( ) B ( ) C ( ) D ( ) E ( ) F ( )		
Existen mezanines: SI ( ) No ( )	Roca Dura Roca Prom Roca Blanda	Suelo Rigido Suelo Blando Suelo Pobre	Tiene Juntas de construcción: SI ( ) NO ( )
Edificación fuera de plomo: Ninguna ( ) Poca ( ) Moderada ( ) Severa ( )	Peligro Geologico: Deslizamientos: SI ( ) NO ( ) I ( ) SI ( ) NO ( )		Excede de 4 la Rel. Largo/ancho: SI ( ) NO ( )
Tipo de Daño exterior: Total ( ) Parcial ( ) Ninguno ( ) Cimentación afectada ( )	Adosamiento: Rupt. de Superficie: SI ( ) NO ( ) I ( ) Riesgo de Cabeceo: SI ( ) NO ( )		Terreno con pendiente sup. 30%: SI ( ) NO ( )
Riesgos: Chimeneas Sin Soporte ( ) Barandillas ( ) Cubiertas ( ) Revestimientos Pesados ( ) Otros: _____	Irregularidades: Verticales VL1(Tipo) / (Severidad): _____ En Planta PL1 (Tipo): _____		Existe un desnivel sup. A 400m: SI ( ) NO ( )
Campo de Evaluación: Exterior: Parcial ( ) Todos Lados ( ) Aero ( ) Interior: Ninguna ( ) Visible ( ) Interna ( ) Revisión de Planos: SI ( ) NO ( ) Fuente de Peligro Geologicos: _____		Comentarios: _____	
Legenda: C: Cumple NC: No Cumple NA: No Aplica I: No es posible identificar		Nota: En los gráficos estime el número de columnas de la edificación	
Componentes Estructurales		FOTO:	
Ruta de Carga:	C NC NA I		
Sistema Constructivo General			
Adosamiento:	C NC NA I		
Cabeceo a Columna de entre piso:	C NC NA I		
Configuración del edificio / Irregularidades PL1, VL1			
Piso Débil (PD):	C NC NA I		
Piso Blando (PB):	C NC NA I		
Geometría:	C NC NA I		
Masa:	C NC NA I		
Torsion:	C NC NA I		
Confinamiento de columna:	C NC NA I		
Losa Plana (LP):	C NC NA I		
Long. De Edificación:	C NC NA I		
Cimentación/ Geologico			
Cimentación en Pendiente:	C NC NA I		
Riesgo Geologico (RG):	C NC NA I		
Nota: Si la edificación tiene "NC" en la configuración del edificio requiere evaluación detallada			
Observaciones: _____		Futuras acciones: _____	
_____		Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____	
_____		_____	
_____		Recomienda evaluación detallada	
_____		Estructural ( ) Geotécnica ( ) No ( ) Otra: _____	
GRAFICO EDIFICACION EN PLANTA:	GRAFICO EDIFICACION VERTICAL EJE Y:	GRAFICO EDIF. VERTICAL EJE X:	

Figura 98: Ficha técnica PRM para estructuras existentes página frontal

GUÍA VISUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS PRE TERREMOTO LIST H-01 (PRM)										
Leyenda: VH: muy alto H: alto MH: alto moderado M: moderado Elementos no estructurales (ENE)										
1. EVALUACIÓN BASE (SL1)					2. REVISIÓN DE PELIGROS NO ESTRUCTURALES (PNE)					
Sismicidad	VH	H	MH	M	<b>Ubicación</b> <b>Exterior:</b> Existe mampostería sin sostener o chimenea sin sostener Existe revestimientos pesados en la fachada de la edificación Existe riesgos en las puertas de salida que no estén correctamente sujetadas Existen añadiduras en las salidas de los peatones Hay alguna señal que indica que la edificación tiene materiales peligrosos Hay un edificio más alto cercano con riesgo de cabeceo <b>Algun peligro en el exterior de la edificación</b> <b>Interior:</b> Algun peligro en el interior de la edificación Hay baldosas o bloques de ladrillo en cualquier salida, escalera o corredor <b>Estimación de los peligros no estructurales: (Marcar solo uno)</b> Peligro potencial no estructural que pueda amenazar significativamente la vida de los ocupantes ( ) --> Evaluación PNE detallada requerida Peligros no estructurales identificados que puedan amenazar significativamente la vida del ocupante ( ) --> NO evaluación PNE detallada requerida Bajo o ningún peligro noestructural que amenace la vida del ocupante--> sin evaluación no estructural requerida ( )	SI	NO	Comentarios:		
Puntajes Base	1.0	1.5	1.7	2.1						
VL1 (Servera)	-0.7	-0.9	-1.0	-1.1						
VL1 (Moderada)	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7						
PL1	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8						
Pre-Código	-0.1	-0.4	-0.4	-0.3						
Suelo Tipo A or B	0.2	0.4	0.6	1.1						
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0.1	0.0	-0.2	-0.7						
Suelo Tipo E (>3 Pisos)	-0.1	-0.5	-0.6	-0.8						
PD	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1						
PB	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1						
RG	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1						
LP	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1						
Puntaje Mínimo, Smin	0.3	0.3	0.3	0.3						
<b>FINAL SL1 ≥ Smin:</b>										
<b>3. MODIFICADOR ESTRUCTURAL Y AJUSTADOR DE PUNTAJES BASE</b> (Nota: si, el puntaje base es menor al mínimo se debe realizar obligatoriamente el punto 3.)										
					VH	H	MH	M		
<b>Irregularidad Vertical, VL2</b>	GEOMETRIA	La edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, con excepción los altillos de un solo piso (a > 1.3b)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Sub Totales			
	POR UBICACIÓN	si la edificación se encuentra en una colina empinada, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
	PISO DÉBIL	si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0				
	EJES DISCONTINUOS O MUROS SOPORTADOS POR COLUMNAS	La estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0				
	DISTRIBUCIÓN DE MASAS	La estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
	PISO BLANDO	La estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0				
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, de un piso o más	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3				
	SETBACK (Retirado/apartado)	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están fuera del piso inmediato de abajo, causando que el diafragma sea voladizo en el desplazamiento Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están en el ancho de los de los pisos inferiores Hay un desplazamiento en el plano del elemento lateral que es mayor que la longitud del elemento	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	VL2= _____			
	COLUMNA CORTA	C1, C2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo de la línea de columnas en el sistema lateral tiene radios de altura/profundidad de menos del 50% del radio de altura/profundidad nominal a ese nivel C1, C2: la profundidad de la columna (o el ancho del pilar) es menor que un medio de la profundidad de la junta, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acorten la columna	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
	DESIGUALDAD DE NIVELES	Hay un nivel de división en uno de los pisos o en el techo	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad vertical severa observable que claramente afecta el comportamiento sísmico del edificio Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0					
<b>Irregularidad en Planta, PL2</b>	EN PLANTA	La edificación presenta formas L, T, I, U, E	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
	DISCONTINUIDAD EN EL SISTEMA DE PISO	La estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entranes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5				
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3				
	TORSIÓN	Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en planta, en ninguna o en las dos direcciones.	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7				
	SISTEMA NO PARALELO	Hay uno o más elementos verticales principales de los sistemas laterales que no son ortogonales entre sí.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5	PL2= _____			
	REENTRANT CORNER (Esquina reentrante)	Las dos proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión general del plan en esa dirección.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5				
	APERTURA DE DIAFRAGMA	Hay una apertura en el diafragma con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma a ese nivel.	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3				
	C1, C2 CONSTRUCCIÓN FUERA DEL PLANO	Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4				
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad observable en el plano que afecta claramente el comportamiento sísmico del edificio.	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0					
<b>Redundancia</b>	El edificio tiene al menos dos bahías de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección	+0.2	+0.3	+0.3	+0.4					
<b>Cabeceo</b>	EDIFICIO ESTÁ SEPARADO DE UNA ESTRUCTURA ADYACENTE POR MENOS DEL 0.5% DE LA ALTURA DEL EDIFICIO MÁS CORTO Y LA ESTRUCTURA ADYACENTE Y:	-0.7	-1.0	-1.0	-1.2					
	Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro	-0.7	-1.0	-1.0	-1.2					
	El edificio está al final de la cuadra	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	M= _____				
<b>Edificios C1</b>	LOSA PLANA	La placa plana sirve como la viga en el portico resistente a momento	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5				
<b>Edificios C2</b>	DIST. DE MUROS PORTANTES	Es indispensable colocar en planta muros en dos direcciones ortogonales, la longitud de los muros en las dos direcciones, debe ser lo más igual posible.	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5				
<b>AJUSTE DE PUNTAJE: FINAL SL2 =</b>					<b>Grado de vulnerabilidad sísmica</b>					
VL1 =	PL1 =	S*=(SL1-VL1-PL1) =			(Nota: no considerar Smin)					
VL2 =	PL2 =	M =			SL2=(S*+VL2+PL2+M) ≥ Smin					
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD OBTUVO LA EDIFICACIÓN:</b>					SL2 < 0.3 = Alto riesgo sísmico requiere evaluación detallada					
					0.3 < SL2 < 0.5 = Vulnerabilidad Media					
					SL2 > 0.7 = Vulnerabilidad Baja					
<b>NOTA: SI, LA EDIFICACIÓN PRESENTA ALGÚN TIPO DAÑO O DETERIORO IMPORTANTE DESCRIBIR:</b>										
<b>Observaciones: (OPCIONAL)</b>					Firma del responsable:					

Figura 99: Ficha técnica PRM para estructuras existentes página posterior



GUÍA VISUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS PRE TERREMOTO LIST H-01 (ME)										
Leyenda: VH: muy alto H: alto MH: alto moderado M: moderado Elementos no estructurales (ENE)										
1. EVALUACIÓN BASE (SL1)					2. REVISIÓN DE PELIGROS NO ESTRUCTURALES (PNE)					
Sismicidad	VH	H	MH	M	Ubicación	SI	NO	Comentarios:		
Puntajes Base	1.2	2.0	2.1	2.5		Exterior:				
VL1 (Servera)	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	Existe maposteria sin sostener o chimenea sin sostener					
VL1 (Moderada)	-0.4	-0.6	-0.6	-0.7	Existe revestimientos pesados en la fachada de la edificación					
PL1	-0.5	-0.8	-0.9	-1.0	Exite riesgos en las puertas de salida que no esten correctamente sujetadas					
Pre-Código	-0.2	-0.7	-0.7	-0.4	Existen añadiduras en las salidas de los peatones					
Suelo Tipo A or B	0.3	0.5	0.8	1.5	Hay alguna señal que indica que la edificación tiene materiales peligrosos					
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0.2	0.0	-0.2	-1.0	hay un edificio más alto cercano con riesego de cabeceo					
Suelo Tipo E (>3 Pisos)	-0.3	-0.5	-0.8	-1.0	Algun peligro en el exterior de la edificación					
PD	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Interior:					
PB	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Algun peligro en el interior de la edificación					
RG	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Hay baldosas o bloques de ladrillo en cualquier salida, escalera o corredor					
LP	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Estimación de los peligros no estructurales: (Marcar solo uno)					
CF/VD	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Peligro potencial no estructural que pueda amenazar significativamente la vida de los ocupantes ( ) --> Evaluación PNE detallada requerida					
Puntaje Mínimo, Smin	0.3	0.3	0.3	0.3	Peligros no estructurales identificados que puedan amenazar significativamente la vida del ocupante ( ) -->NO evaluación PNE detallada requerida					
FINAL SL1 ≥ Smin:					Bajo o ningún peligro noestructural que amenazce la vida del ocupante--> sin evaluación no estructural requerida ( )					
3. MODIFICADOR STRUCUTRAL Y AJUSTADOR DE PUNTAJES BASE (Nota: si, el puntaje base es menor al mínimo se debe realizar obligatoriamente el punto 3.)										
Irregularidad Vertical, VL2	GEOMETRIA	la edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, con excepción los atlillos de un solo piso (a > 1.3b)			VH	H	MH	M	Sub Totales	
	POR UBICACIÓN	si la edificación se encuentra en una colina empinada, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
	PISO DÉBIL	si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
	EJES DISCONTINUOS O MUROS SOPORTADOS POR COLUMNAS	la estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
	DISTRIBUCIÓN DE MASAS	La estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
	PISO BLANDO	La estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez alteral de los tres pisos superiores.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, de un piso o más.			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3		
	SETBACK (Retirado/apartado)	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están fuera del piso inmediato de abajo, causando que el diafragma sea voladizo en el desplazamiento			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están en el ancho de los de los pisos inferiores			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
		Hay un desplazamiento en el plano del elemento lateral que es mayor que la longitud del elemento			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3		
	COLUMNA CORTA	C1, C2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo de la línea de columnas en el sistema lateral tiene radios de altura/profundidad de menos del 50% del radio de altura/profundidad nominal a ese nivel C1, C2: la profundidad de la columna (o el ancho del pilar) es menor que un medio de la profundidad de la junta, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acorten la columna			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	VL2= _____	
	DESIGUALDAD DE NIVELES	Hay un nivel de división en uno de los pisos o en el techo			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
	OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad vertical severa observable que claramente afecta el comportamiento sísmico del edificio			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
		Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
Irregularidad en Planta, PL2	EN PLANTA	La edificación presenta formas L, T, I, U, E			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		PL2= _____
	DISCONTINUIDAD EN EL SISTEMA DE PISO	La estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3		
	TORSIÓN	Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en planta, en ninguna o en las dos direcciones.			-0.7	-0.7	-0.7	-0.7		
	SISTEMA NO PARALELO	Hay uno o más elementos verticales principales de los sistemas laterales que no son ortogonales entre sí.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
	REINFRANT CORNER (Esquina reentrante)	Las dos proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión general del plan en esa dirección.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
	APERTURA DE DIAFRAGMA	Hay una apertura en el diafragma con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma a ese nivel.			-0.2	-0.2	-0.3	-0.3		
	C1, C2 CONSTRUCCION FUERA DEL PLANO	Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.4		
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad observable en el plano que afecta claramente el comportamiento sísmico del edificio.			-0.5	-0.7	-0.8	-1.0			
Redundancia	El edificio tiene al menos dos bahías de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección			+0.2	+0.3	+0.3	+0.4	M= _____		
Cabeceo	EDIFICIO ESTÁ SEPARADO DE UNA ESTRUCTURA ADYACENTE POR MENOS DEL 0.5% DE LA ALTURA DEL EDIFICIO MÁS CORTO Y LA ESTRUCTURA ADYACENTE Y:	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de 2 pies			-0.7	-1.0	-1.0		-1.2	
		Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro			-0.7	-1.0	-1.0		-1.2	
		El edificio está al final de la cuadra			-0.4	-0.5	-0.5		-0.6	
Edificios C1	LOSA PLANA	La placa plana sirve como la viga en el portico resistente a momento			-0.3	-0.4	-0.5	-0.5		
Edificios C2	DIST. DE MUROS PORTANTES	Es indispensable colocar en planta muros en dos direcciones ortogonales, la longitud de los muros en las dos direcciones, debe ser lo más igual posible.			-0.3	-0.4	-0.5	-0.5		
AJUSTE DE PUNTAJE: FINAL SL2 =					Grado de vulnerabilidad sísmica					
VL1 =	PL1 =	S*=(SL1-VL1-PL1) =			(Nota: no considerar Smin)					
VL2 =	PL2 =	M =			SL2=(S*+VL2+PL2+M) ≥ Smin					
GRADO DE VULNERABILIDAD OBTUVO LA EDIFICACIÓN:					SL2 < 2.0 = Alto riesgo sísmico requiere evaluación detallada					
					2.0 < SL2 < 2.5 = Vulnerabilidad Media					
					SL2 > 2.5 = Vulnerabilidad Baja					
NOTA: SI, LA EDIFICACIÓN PRESENTA ALGUN TIPO DAÑO O DETERIORO IMPORTANTE DESCRIBIR:										
Observaciones: (OPCIONAL)					Firma del responsable:					

Figura 101: Ficha técnica ME para estructuras existentes página posterior



### 4.5.3 Manual guías H-01 (Pre evento sísmico)

PRM= Pórtico resistente a momento

ME = Muro estructural

## 1. Datos generales :

Nombre del Evaluador: _____
Lugar y Dirección de la inspección: _____
Fecha y hora de la inspección: _____

### Nombre del evaluador:

Esta evaluación debe hacerse por un ingeniero civil, arquitecto o estudiante con conocimientos sismo resistentes.

### Lugar y Dirección de la inspección:

En esta sección se debe detallar la dirección y el lugar donde se realizará la inspección.

### Fecha y hora de la inspección:

En esta sección se debe detallar la Fecha y la hora donde se realizará la inspección.

### Notas :

- **En esta sección se debe escribir de una manera legible la persona responsable por la evaluación (NO TERCEROS).**
- **Es importante detallar la dirección exacta de la evaluación, incluir numeración o códigos postales (si se conoce).**

## Ejemplo Datos generales:

Nombre del Evaluador:	CRISTIAN AGUIRRE		
Lugar y Dirección de la inspección:	QUITO , GRANADOS E ISLA MACHENA	E13-21	
Fecha y hora de la inspección:	27/JULIO/2017 10:am		

## 2. Información de la edificación:

Nombre del propietario de la edificación:			
Número de teléfono:		Número de celular:	
Año de construcción:			
Permiso de construcción:	SI ( ) NO ( )	Número de permiso:	
Código Usado para construcción:			
Const. Adicionales o Adecuaciones:	SI ( ) NO ( )	Fecha:	/ /

### Nombre del propietario de la edificación:

En esta sección se debe escribir el nombre de la persona encargada de la edificación sea:

Administrador, Dueño. (Realizar cita previa)

### Número Teléfono y Celular :

Escribir de manera legible los números del propietario de la edificación.

### Año de construcción:

El Año se construyó la Edificación.

### Permiso de construcción:

En esta sección el evaluador debe investigar si la edificación cuenta con permisos de construcción. Preguntar al propietario de construcción por los permisos.

- Si, la edificación cuenta con permisos se debe marcar si con una “x” ejemplo:  
(**MARCAR SI(X)**), adicional se debe escribir el número de permiso respectivo.
- Si, la edificación NO cuenta con permisos se debe marcar no con una “x” ejemplo:  
(**MARCAR NO(X)**).

**Código usado para construcción:**

En esta sección se debe detallar el código que se uso para la construcción de la edificación. El evaluador debe preguntar al propietario por el año del código usado, si no se puede conseguir el código de construcción se debe estimar a partir del año de construcción.

NOTA: Esta información es de vital importancia para este sistema de evaluación ya que esta información será usada en la “EVALUACIÓN BASE”.

**Construcciones Adicionales o adecuaciones:**

En esta sección se señalara si la edificación fue modificada o tuvo construcciones adicionales de la estructura original. En esta sección también se señala si hubo adecuaciones de cualquier tipo tanto en vertical como en planta.

- Si, la edificación fue Modificada, alterada con adecuaciones o construcciones adicionales se debe marcar si con un “x” (**MARCAR SI(X)**), se debe escribir la fecha en la cual se realizaron las adecuaciones. PARA ESTA SECCIÓN el evaluador debe describir y realizar un grafico en plata o vertical donde muestre la modificación de la estructura principal, adicional si , el evaluador considera que la adición es una irregularidad debe **MARCAR AL REVERSO DE LA HOJA** en la sección **“3.Modificador estructural”** y señalar si es irregularidad en planta o vertical. **Nota: Revisar y describir sí existen las irregularidades verticales, en planta y además señalar si la estructura cuenta con juntas sísmicas que separen la estructura principal de la estructura adicionada esto se debe realizar en el cuadro de Comentarios.**
- Si, la edificación NO fue Modificada, alterada debe marcar NO con un “x” (**MARCAR NO(X)**).

- **Ejemplo Información de la edificación:**

<b>Nombre del propietario de la edificación:</b> EDIF. SANTA ELENA <b>Número de teléfono:</b> 026040949 <b>Número de celular:</b> 0984280984 <b>Año de construcción:</b> 1986 <b>Permiso de construcción:</b> SI ( X ) NO ( ) <b>Número de permiso:</b> NO <b>Código Usado para construcción:</b> DESCONOCIDO <b>Const. Adicionales o Adecuaciones:</b> SI ( ) NO ( X ) <b>Fecha:</b> / /
--

### 3. Ocupación:

<b>Ocupación:</b> Educativa ( ) Patrimonial ( ) Industrial ( ) Residencial ( ) Comercial ( ) Galpon ( ) Oficinas ( ) Utilidad Publica ( ) Servicios de emergencia ( ) Fabrica ( ) Otro: _____ # Unidades: _____
---

- **Ejemplo de Ocupación:**

<b>Ocupación:</b> Educativa ( ) Patrimonial ( ) Industrial ( ) Residencial ( X ) Comercial ( ) Galpon ( ) Oficinas ( ) Utilidad Publica ( ) Servicios de emergencia ( ) Fabrica ( ) Otro: _____ # Unidades: _____
---

### 4. Información general de la edificación:

<b>Área de piso (m<sup>2</sup>):</b> _____ <b>Número de pisos:</b> _____ <b>Altura de pisos(m):</b> _____ <b>Número de Subsuelos:</b> _____ <b>Existen mezanines:</b> Si ( ) No ( )
---

#### Área de piso (m2):

Esta sección se debe llenar con un levantamiento de la edificación, el levantamiento puede ser por planos o realizado por el evaluador (debe ser en metros cuadrados). Esta información es necesaria para ver irregularidades en planta, el evaluador debe graficar las dimensiones en la sección de “Grafico Edificación en planta”.

**Número de pisos:**

El número de pisos que tiene la edificación (sin contar Subsuelos).

**Altura de pisos (m):**

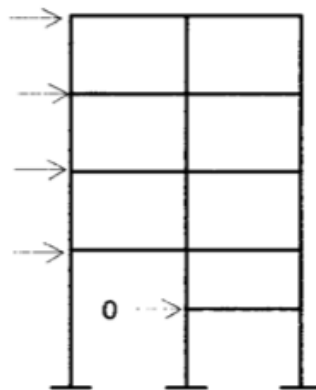
El evaluador debe medir la distancia de entre pisos o niveles (metros). Este dato es sumamente importante ya que este valor se utiliza para determinar irregularidades verticales. El evaluador debe graficar las dimensiones en la sección de “Grafico Edificación Vertical en X y Y”.

**Número de Subsuelos:**

El número de subniveles que tiene la edificación (sin contar los pisos).

**Existen Mezzanines:**

Niveles interrumpidos o Mezzanines son niveles entre pisos de una estructura principal, Estas estructuras son adheridas al pórtico estructural, generalmente son construidas después de la construcción de la estructura principal por esta razón los Mezzanines deben ser señalados ya que si no están bien sujetos pueden ser un peligro potencial para las personas que habitan la edificación. En la Figura XXX se observa un grafico que muestra una edificación con Mezzanines.



## Vista real de un Mezzanine:



- Si, la estructura tiene Mezzanines Marcar SI (X)
- **Ejemplo Información general de la edificación:**

Área de piso (m <sup>2</sup> ): 300	Número de pisos: 6
Altura de pisos(m): 3	Número de Subsuelos: 1
Existen mezzanines: Si ( ) No (X)	

## 5. SUELO:

<b>Tipo de suelo:</b> _____ (NOTA: si no se sabe marcar "D")
A ( )    B ( )    C ( )    D ( )    E ( )    F ( )
Roca Dura   Roca Prom   Roca Blanda   Suelo Rigido   Suelo Blando   Suelo Pobre

El suelo donde se encuentra la edificación es un parámetro vital para esta evaluación, para realizar un correcto análisis de la estructura el evaluador debe señalar uno de los seis diferentes tipos de suelo. La NEC-SE.DS presenta seis tipos de perfiles:

**Perfil tipo A:**

-Perfil de roca competente

$$V_s \geq 1500 \text{m/s}$$

**Perfil tipo B:**

-Perfil de roca de rigidez media

$$1500 \text{m/s} > V_s \geq 760 \text{m/s}$$

**Perfil tipo C:**

-Perfiles de suelo muy densos o Roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de onda de córtate, o.

$$760 \text{m/s} > V_s \geq 360 \text{m/s}$$

-Perfiles de suelos muy densos o roca blanda con cualquiera de los dos criterios.

$$N \geq 50.0$$

$$S_u \geq 100 \text{ Kpa}$$

**Perfil tipo D:**

-Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda cortante, o.

$$360 \text{m/s} > V_s \geq 180 \text{m/s}$$

-Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.

$$50 > N \geq 15.0$$

$$100 \text{Kpa} > S_u \geq 50 \text{Kpa}$$

**Perfil tipo E:**

-Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda cortante, o

$V_s < 180 \text{ m/s}$

-Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas

$IP > 20$

$W \geq 40\%$

$S_u < 50 \text{ Kpa}$

### **Perfil tipo F:**

-Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación detallada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.

### **Nota:**

- El evaluador debe realizar un estudio de suelo mediante programas como el SISQuito 1.2, genera espectros de respuesta utilizando coordenadas.
- Otra opción, el evaluador debe realizar un previo análisis del suelo de la zona como un ensayo de penetración estándar (SPT).
- Si, El evaluador no cuenta con un ensayo o algún programa para determinar el suelo de la edificación debe **MARCAR como un Suelo tipo "D"**.
- **Ejemplo de Suelo:**

<b>Tipo de suelo:</b>	D	(NOTA: si no se sabe marcar "D")			
A ( )	B ( )	C ( )	D (X)	E ( )	F ( )
Roca Dura	Roca Prom	Roca Blanda	Suelo Rigido	Suelo Blando	Suelo Pobre

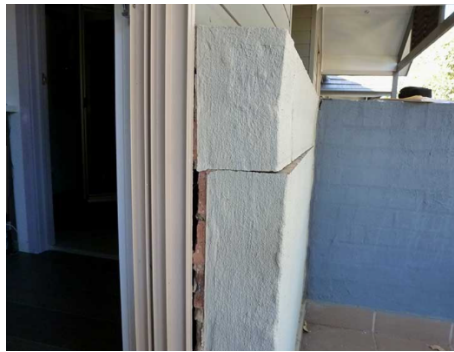
## **6. Fuera de plomo:**

<b>Edificación fuera de plomo:</b>			
Ninguna ( )	Poca ( )	Moderada ( )	Severa ( )



En esta sección el evaluador debe observar si la edificación se encuentra fuera de eje. Esto lo debe realizar antes de entrar a la edificación.

- Si, el evaluador determina que la edificación NO esta fuera de eje.
  - **MARCAR con “X” -> Ninguna (X)**
- Si, el evaluador visualiza daños en fisuras o pandeos en paredes no estructurales .



- **MARCAR con “X” -> POCA(X)**
- Si, el evaluador determina que la edificación esta fuera de plomo debe seguir los siguientes pasos:

**La estructura es de Pórticos resistentes a momento:**

La edificación esta fuera de plomo por daño en columnas:



- **MARCAR con “X” -> Severa (X)**

La edificación tiene paredes fuera de plomo :



- **MARCAR con “X” -> Moderada(X)**

La estructura es de muros estructurales momento:



La edificación esta fuera de plomo por daño en columnas:

- **MARCAR con “X” -> Moderada (X)**

La edificación tiene paredes fuera de plomo :

- **MARCAR con “X” -> Severa(X)**

**Nota: “El evaluador no debe entrar, si se marca como Moderada o Severa.”**

**Solo debe examinar el exterior y informar de las irregularidades a autoridades competentes, como los bomberos.**

- **Ejemplo edificación fuera de Plomo:**

<b>Edificación fuera de plomo:</b> Ninguna(X) Poca ( ) Moderada ( ) Severa ( )
---

## 7. Peligro Geológico:

<b>Peligro Geologico:</b> Deslizamientos: SI ( ) NO ( ) I ( ) Rupt. de Superficie: SI ( ) NO ( ) I ( ) Licuefacción: SI ( ) NO ( ) I ( )
---

### Deslizamientos:

- Si, el evaluador determina deslizamiento: **MARCAR SI** con “X”, debe detallar el problema en los comentarios. Si el deslizamiento presenta un riesgo alto no se debe entrar a la edificación y se debe informar a las autoridades competentes.
- Si, el evaluador no puede saber pero sospecha debe **MARCAR I** con “X”, adicionalmente describir en comentarios y graficar el problema (opcional).

### Vista real de un Deslizamiento:



## Ruptura de superficie:

- Si, el evaluador determina Ruptura en la superficie de la edificación o cercana a ella: **MARCAR SI** con “X”
- Si, el evaluador no puede saber pero sospecha debe **MARCAR I** con “X”, adicionalmente describir en comentarios y graficar el problema (opcional).

## Vista real de un Licuefacción:



## Licuefacción:

- Si, el evaluador determina deslizamiento: **MARCAR SI** con “X”, debe detallar el problema en los comentarios. Si el deslizamiento presenta un riesgo alto no se debe entrar a la edificación y se debe informar a las autoridades competentes.
- Si, el evaluador no puede saber pero sospecha debe **MARCAR I** con “X”, adicionalmente describir en comentarios y graficar el problema (opcional).

## Vista real de un Licuefacción:



NOTA:

- Si, existe un peligro geológico la edificación requiere una evaluación más detallada.
- **Ejemplo Peligro geológico:**

<b>Peligro Geologico:</b>	
Deslizamientos:	SI ( ) NO (X) I ( )
Rupt. de Superficie:	SI ( ) NO (X) I ( )
Licuefacción:	SI ( ) NO (X) I ( )

## 8. Adosamiento:

<b>Adosamiento:</b>	
	SI ( ) NO ( )
Riesgo de Cabeceo:	SI ( ) NO ( )
Riesgo de caída por edif. Alto:	SI ( ) NO ( )

## Definición por (ASCE41-13):

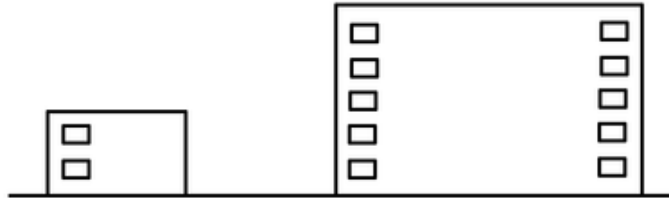
**Adosamiento en Edificios:** La distancia entre el edificio que se está evaluando y cualquier edificio adyacente es mayor que el 4% de la altura del edificio más corto. Ver (A.2.1.2, 3.2.5.1) (ASCE,2013).

**Adosamiento en Edificios:** El golpeteo o cabeceo generado por un adosamiento cercano de edificaciones, puede alterar la respuesta básica del edificio al movimiento del suelo e impartir cargas inerciales adicionales y energía al edificio desde la estructura adyacente.

Especialmente preocupante es el potencial de daños locales extremos a los elementos estructurales en las zonas de impacto, particularmente donde los niveles de piso y techo del edificio adyacente no se alinean en altura. (A.2.1.2, 3.2.5.1) (ASCE,2013).

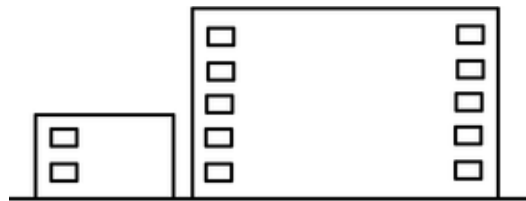
### Parámetros de Adosamiento y Marcación:

Caso 1: La edificación menor tiene distancia mayor al 4% de la altura de la estructura menor (Medir la distancia entre edificaciones).



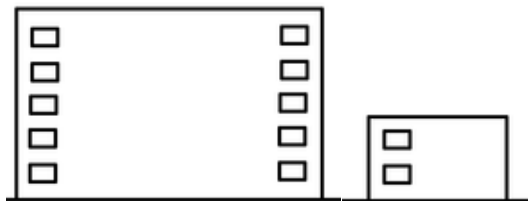
- **MARCAR** Adosamiento NO (x)

Caso 2: La edificación menor tiene distancia menor al 4% de la altura de la estructura menor . (Medir la distancia entre edificaciones)



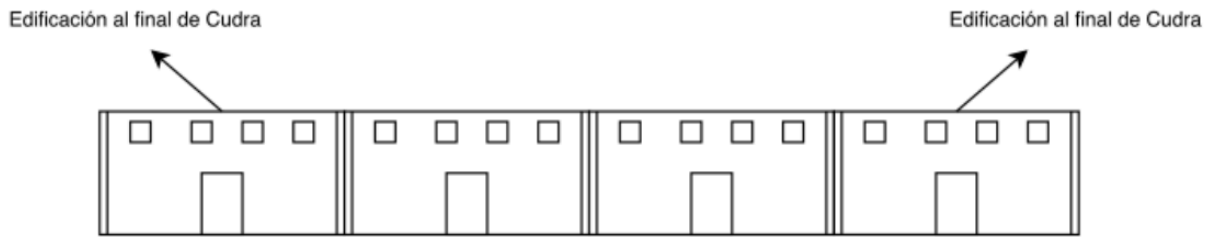
- **MARCAR** Adosamiento SI (x) , Riesgo de cabeceo SI (x)
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL ADOSAMIENTO → “NC”.**

Caso 3: Una de las edificaciones es dos o más pisos más alta que la otra.



- **MARCAR** Adosamiento SI (x), Riesgo de cabeceo SI (x).
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL ADOSAMIENTO → “NC”.**

Caso 4: La edificación se encuentra al final de la cuadra.



- **DEBE SER DETALLADO EN COMENTARIOS Y EVALUAR SI TIENE ALGUNO DE LOS CASOS DESCRITOS Y MARCAR COMO SE EXPLICA EN LOS CASOS.**

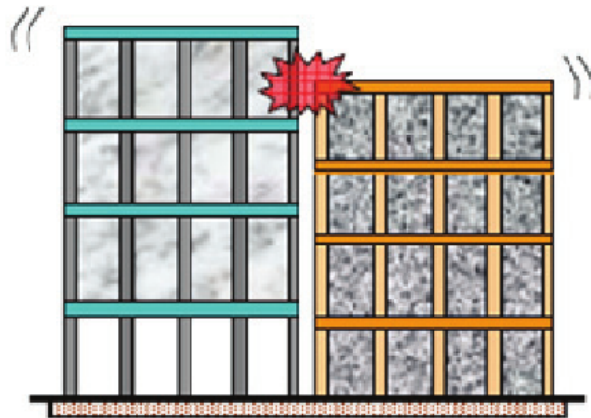
Caso 5: La edificación NO ESTA ALINEADA con la edificación cercana.



- **MARCAR Adosamiento SI (x), Riesgo de cabeceo SI (x).**
- **DESCRIBIR EN COMENTARIOS , REALIZAR UN GRAFICO SIMPLE.**
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL ADOSAMIENTO → “NC”.**



Caso 6: El techo de la edificación menor no esta alineada y tiene peligro de golpear la columna de entre piso de la edificación mayor.



- **MARCAR Adosamiento SI (x), Riesgo de cabeceo SI (x).**
- **DESCRIBIR EN COMENTARIOS , REALIZAR UN GRAFICO SIMPLE.**
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL ADOSAMIENTO → “NC”.**
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL CABECEO A COLUMNA DE ENTRE PISO → “NC”.**



Caso 7: si la estructura mayor tiene riesgo de caída de elementos no estructurales como: antenas, tanques , revestimientos pesados, pérgolas, otros.



- **MARCAR** Adosamiento SI (x), Riesgo de cabeceo SI (x) , Riesgo de caída por edificio alto (x).
- **ADICIONAL SEÑALAR EN LA TABLA, SISTEMA CONSTRUCTIVO GENERAL ADOSAMIENTO → “NC”.**

Caso 8: Si, el evaluador determina otro riesgo por adosamiento.

- **DEBE SER DETALLADO EN LA SECCIÓN DE COMENTARIOS Y GRAFICADO.**
- **Ejemplo edificación fuera de Plomo:**

<b>Adosamiento:</b>	
SI ( ) NO(X)	
Riesgo de Cabeceo:	SI ( ) NO( )
Riesgo de caída por edif. Alto:	SI ( ) NO( )

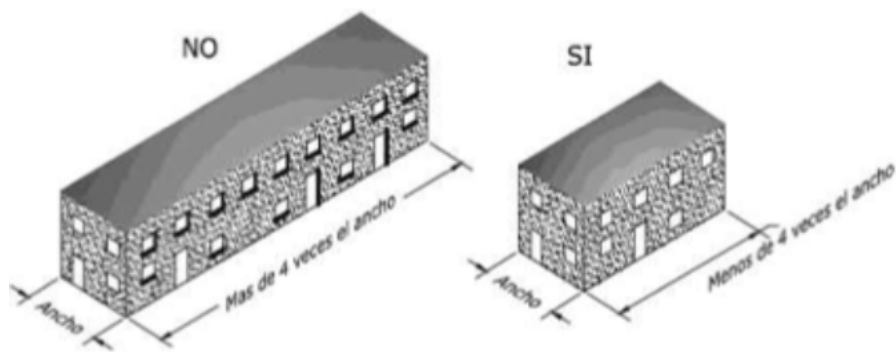
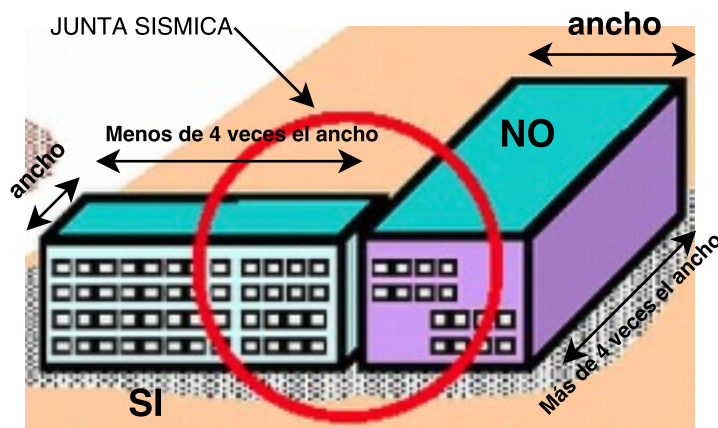
## 9. Longitud de edificación:

<b>Long. De edificación:</b>	
Tiene Juntas de construcción:	Si ( ) NO ( )
Excede de 4 la Rel. Largo/ancho:	SI ( ) NO ( )
Terreno con pendiente sup. 30%:	SI ( ) NO ( )
Existe un desnivel sup. A 400m:	SI ( ) NO ( )
Cambios significativos de suelo:	SI ( ) NO ( )
Dif. niveles entre edif. contiguas:	SI ( ) NO ( )
<b>Describe:</b>	
-----	
-----	

### Tiene juntas de construcción:

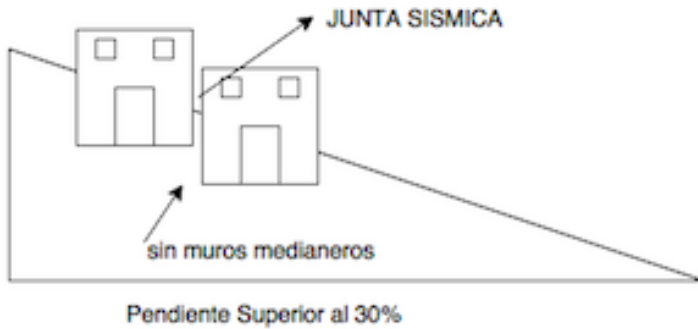
Si la edificación presenta una longitud excesiva (en Planta), esta genera cambios en el comportamiento estructural gracias a que mientras mayor longitud, mayor daño ocurre y esto se debe a que no todos los puntos de la edificación, tendrán la misma acción sísmica, el mismo comportamiento dinámico, y tendrán también diferentes demandas de resistencia y ductilidad.

### Caso 1: Excede de 4 la relación Largo/Ancho y no debe exceder los 30m



- Si, tiene junta sísmica MARCAR SI con "X"
- Si, No tiene junta sísmica MARCAR NO con "X"

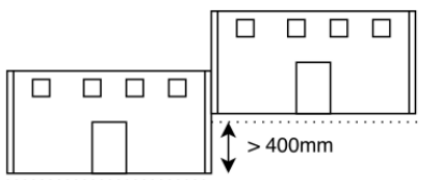
**Caso 2: Terreno con pendiente superior al 30% / La edificación no debe exceder los 30m:**



**Si, tiene junta sísmica  
MARCAR SI con "X"**

**Si, No tiene junta sísmica  
MARCAR NO con "X"**

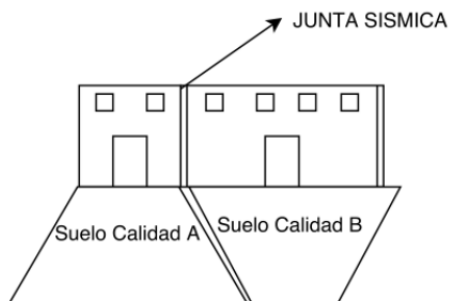
**Caso 3: Existe un desnivel superior a 400mm / La edificación no debe exceder los 30m:**



**Si, tiene junta sísmica  
MARCAR SI con "X"**

**Si, No tiene junta  
sísmica MARCAR NO  
con "X"**

**Caso 4: Cambios significativos de suelo / La edificación no debe exceder los 30m:**

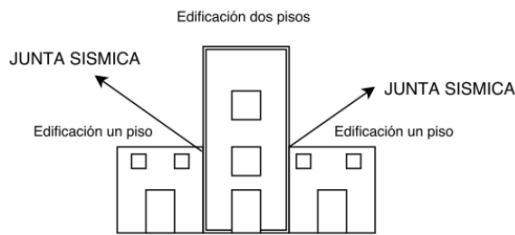


**Si, tiene junta sísmica  
MARCAR SI con "X"**

**Si, No tiene junta sísmica  
MARCAR NO con "X"**

**Caso 5: Diferencia de niveles entre edificaciones de niveles entre edificaciones contiguas**

**/ La edificación no debe exceder los 30m:**



**Si, tiene junta sísmica  
MARCAR SI con "X"**

**Si, No tiene junta sísmica  
MARCAR NO con "X"**

**10. Riesgos:**

**Riesgos:** Chimeneas Sin Soporte ( ) Barandillas ( )  
Cubiertas ( ) Revestimientos Pesados ( )  
Otros: \_\_\_\_\_

**Chimeneas sin Soporte:**



**Si, tiene chimenea sin  
soporte MARCAR con  
"X"**

**Barandillas:**



**Si, tiene barandilla sin soporte MARCAR con "X"**

**Cubiertas:**



**Si, tiene cubierta sin soporte MARCAR con "X"**

**Cubiertas:**



**Si, tiene cubierta sin soporte MARCAR con "X"**

**Revestimientos Pesados:**



**Si, tiene revestimientos pesados MARCAR con "X"**

**Revestimientos Pesados:**



**Si, tiene revestimientos pesados MARCAR con "X"**

**Ejemplo de Otros: (Rótulos , Antenas etc..)**



**Si, tiene chimenea sin soporte MARCAR con "X"**



**Ejemplo de Otros: (Rótulos , Antenas etc..)**



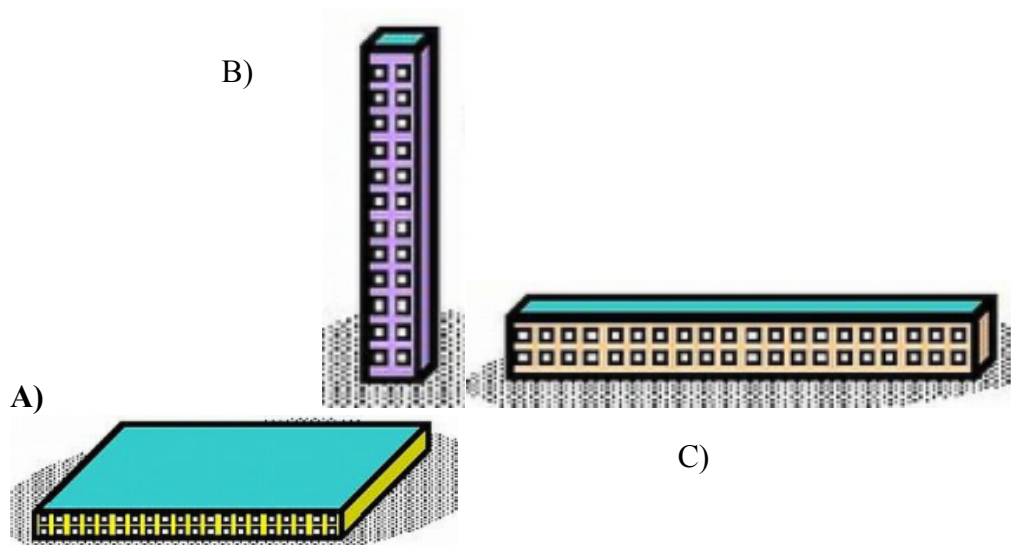
**Si, tiene chimenea sin soporte MARCAR con “X”**

**11. Irregularidades:**

<b>Irregularidades:</b> Verticales VL1(Tipo) / (Severidad): _____ En Planta PL1 (Tipo): _____
---

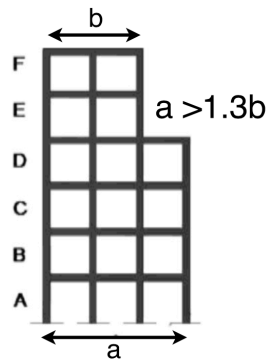
**Geometría:**

Si la edificación es muy alta (a), muy larga (b) o presenta una longitud excesivas en el plano este tipo de sistemas constructivos tiene repercusiones con en el comportamiento estructural gracias a que mientras mayor longitud, mayor daño necesita mayor resistencia y ductilidad.



**Si, la edificación tiene esta geometría describir y Marcar como severo**

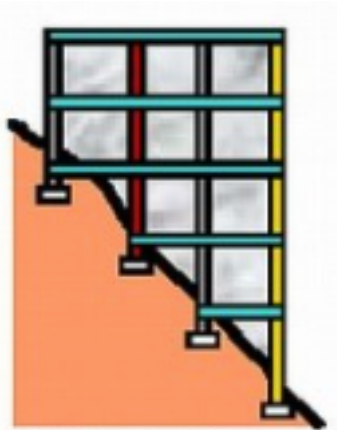
NEC 2015: La edificación en cualquier piso es 1.3 veces mayor que la del piso adyacente. (no sirve con altillos de un solo piso).



**Si, la edificación tiene esta geometría describir y Marcar como severo**

**Por Ubicación:**

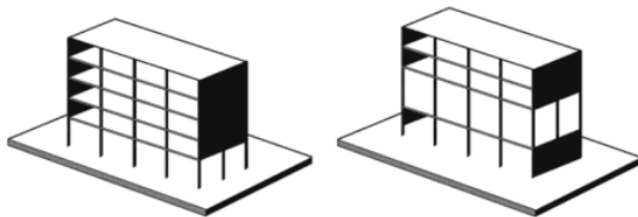
si, la edificación se encuentra en pendiente, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.



**Si la edificación presenta columna corta o esbelta producto de estar en pendiente, describir y Marcar como severo**

**Ejes Discontinuos o Muros Soportados por columnas:**

La edificación presenta desplazamientos que desalinean elementos estructurales verticales (Desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento).

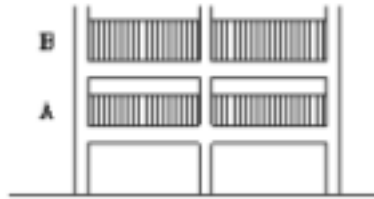


**Si la edificación presenta muros soportados por columnas o ejes discontinuos MARCAR como severo**



### Distribución de masas:

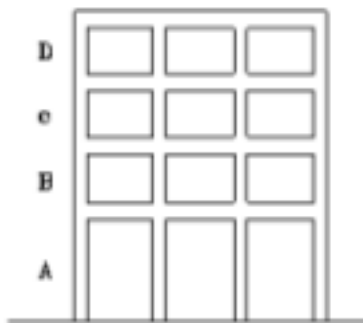
La Edificación tiene una masa mayor a 1.5 veces de los pisos adyacentes (no sirve para pisos de cubiertas).



**Si la edificación presenta masas en pisos adyacentes MARCAR como severo**

### Piso Blando:

La edificación tiene una rigidez lateral de un piso menor que el 70% de la rigidez lateral del piso inmediato superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.



$$KA < 0,70KB$$

$$KA < 0,80KF$$
$$KF = KB+KC+KD/3$$

**Si, la edificación es menor al 70% del inmediato superior**

**MARCAR como severo,**

**Adicional señalar en la tabla 1 en**

**Piso blando (PB)**

**Si, la edificación es menor al 80% de la rigidez de los tres pisos superiores**

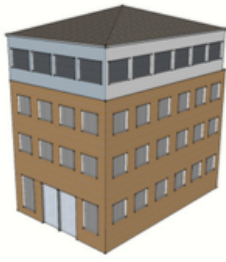
**MARCAR como severo,**

**Adicional señalar en la tabla 1 en Piso blando (PB)**

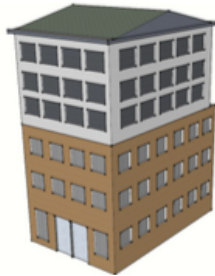
### Adiciones:



**Caso 1 Si, La edificación presenta adición de una edificación de un piso más pequeño sobre la edificación principal. MARCAR como bajo, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**



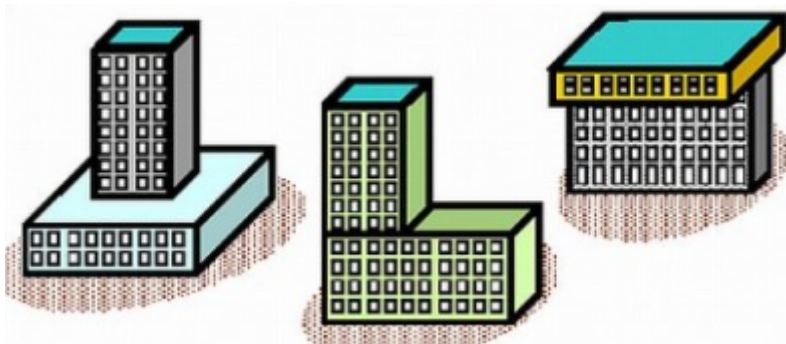
**Caso 2 Si, La edif. presenta adición de una edificación con uno o más pisos sobre la edificación principal con el mismo sistema de resistencia lateral. MARCAR como moderado, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**



**Caso 3 Si, La edif. presenta adición de una edificación de uno o más pisos sobre la edificación principal con diferente sistema de resistencia lateral. MARCAR como severo, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**

### **Irregularidades por construcciones fuera y dentro del plano:**

Irregularidad fuera y dentro del plano existe cuando hay discontinuidad la trayectoria de fuerza lateral.

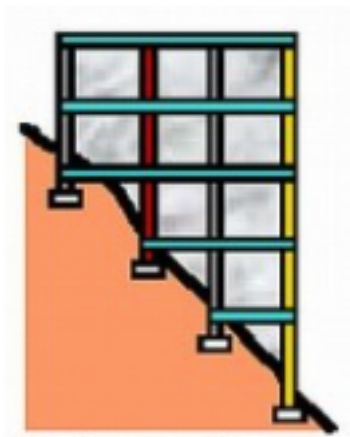


**Caso 1 Si, la edificación presenta irregularidades severas MARCAR como severo, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**

**Caso 2 Si, la edificación presenta irregularidades moderadas MARCAR como moderado, describir en el cuadro de comentarios y graficar.**

### **Columna Corta:**

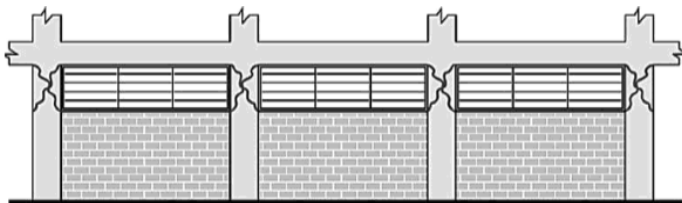
Columna esbelta por terreno con inclinación: La edificación se encuentra en pendiente y presenta una columna al menos un piso mayor a las demás.



**La columna de la edificación es más corta que las demás en la misma línea de columnas de un piso, describir y Marcar como severo**

### **Confinamiento de columna:**

Columnas corta: La edif. tiene paredes divisorias o muros de contención que provoquen confinamiento parcial en las columnas.



**La columna de la edificación está confinada por la pared o muro de contención describir y Marcar como severo**

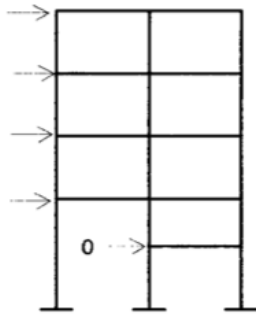
### **Losas planas con vigas banda:**

La edificación tiene presente un sistema estructural sin vigas, y posible falla por punzonamiento.

**Si, la configuración estructural es losas planas sin vigas describir y Marcar como severo**

### Desigualdad de niveles:

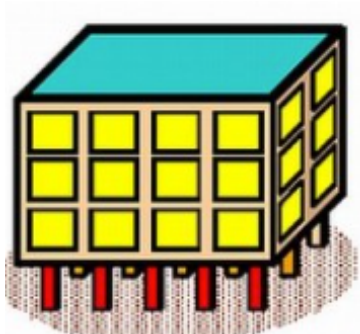
Columnas corta: La edificación tiene losas en niveles intermedios (Mezzanines).



**La columna de la edificación  
esta confinada por una losa  
intermedia describir y  
Marcar como severo**

### Piso débil:

La edificación tiene una resistencia menor que el 70% de la resistencia del piso inmediato superior.



**La columna de la edificación  
esta confinada por una losa  
intermedia describir y  
Marcar como severo**

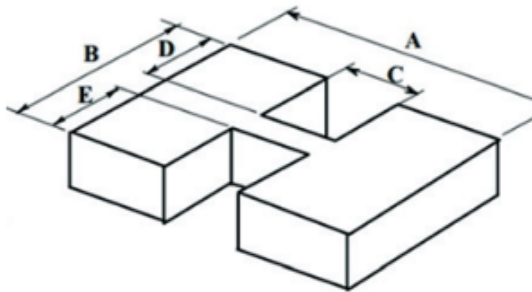
### Otras irregularidades:

- Alguna irregularidad vertical que afecte moderadamente el comportamiento sísmico de la edificación.

**Describir y Marcar como  
Moderado**

### Discontinuidad en el sistema de Piso:

La edificación presenta discontinuidades en el sistema de piso, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores a 50% del área total de pisos o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.



$$(Cx D) + (Cx E) > 0,5Ax B$$

**Describir y Marcar como Severo**

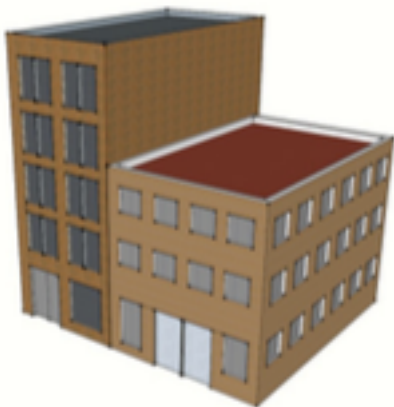
### Adiciones:



**Caso 1 Adición de una edificación con el mismo tipo de construcción y número de pisos que la original, la edificación adicional es menor o igual al 50% del ancho de la edificación original. MARCAR como moderado, describir en el cuadro de comentarios y graficar.**

**Adicional marcar en la tabla 3.**

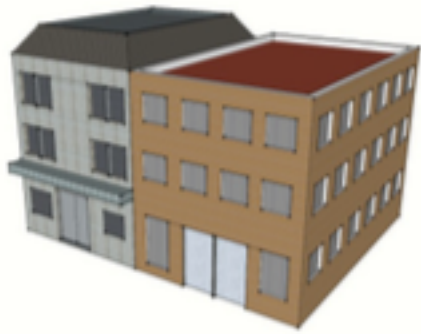
**Revisar golpeteo/cabeceo**



**Caso 2 Si, Adición de una edificación con diferente altura de la original (mayor).MARCAR como severo, describir en el cuadro de comentarios y graficar.**

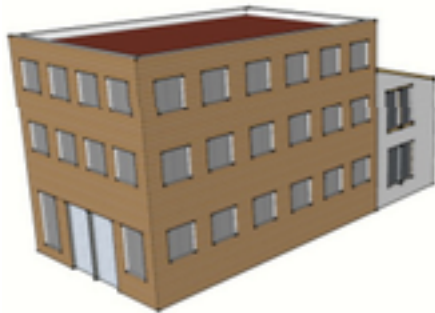
**Adicional marcar en la tabla 3.**

**Revisar golpeteo/cabeceo**



**Caso 3 Si, Adición de una edificación diferente a la original MARCAR como moderado, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**

**Revisar golpeteo/cabeceo**

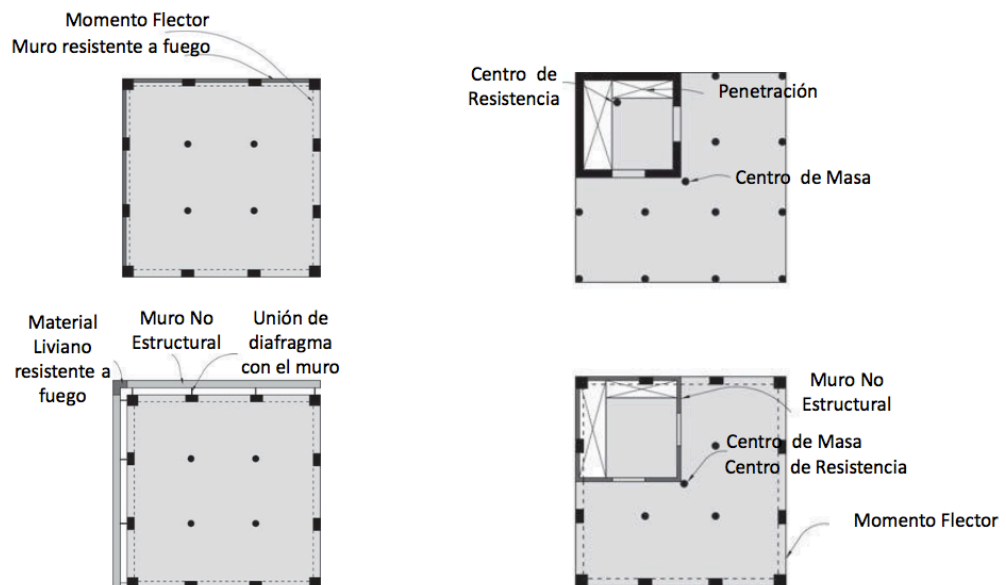


**Caso 4 Si, Adición pequeña estructura donde la adición se basa en el edificio original para soporte. MARCAR como bajo, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**

**Revisar golpeteo/cabeceo**

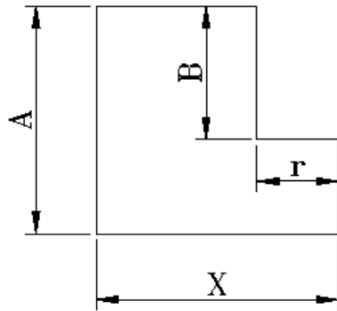
### **Torsión:**

La edificación tiene un centro de rigidez que no coincide con centro de masa.



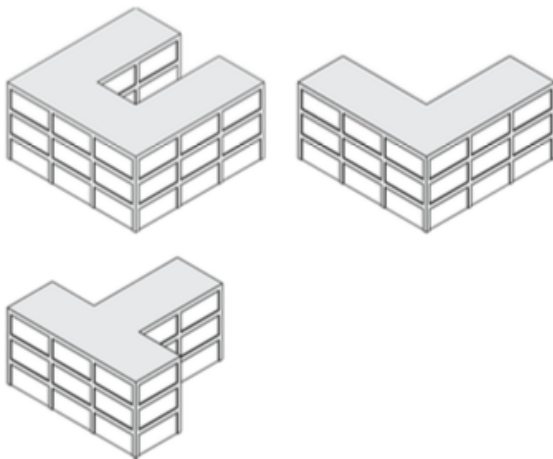
**Caso 4 Si, La edificación presenta torsión por que el centro de masa no coincide con el centro de rigidez MARCAR como severo, describir en el cuadro de comentarios y graficar. Adicional marcar en la tabla 3.**

**Sistemas no paralelos:**



**Si, la configuración estructural es de sistemas paralelos Marcar como moderado**

**Esquinas con entradas:**



**Si, la esquina tiene entradas revisar si tiene juntas de construcción y sí lo tiene revisar golpeteo o cabeceo estructural es de sistemas paralelos Marcar como moderado (dependiendo el grado de cabeceo)**

**Apertura de diafragma:**

La edificación presenta discontinuidades en el sistema de piso, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores a 50% del área total de pisos o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.



**Describir y Marcar como Severo**

### Otras irregularidades:

- **alguna irregularidad vertical que afecte severamente el comportamiento sísmico de la edificación**

**Describir y Marcar como  
Moderado**

- **ejemplo de irregularidades**

<b>Irregularidades:</b> Verticales VL1(Tipo) / (Severidad): Columna corta /SEVERO En Planta PL1 (Tipo): ADICIÓN CASO 3
--

## 12. Campo de Evaluación:

<b>Campo de Evaluación:</b>	
Exterior:	Parcial ( ) Todos Lados ( ) Aero ( )
Interior:	Ninguna ( ) Visible ( ) Interna ( )
Revisión de Planos:	SI ( ) NO ( )
Fuente de Peligro Geológicos:	

### Exterior y Interior:

- En esta sección el evaluador debe SEÑALAR con una “X” todos los lugares posibles de evaluación. Esto lo debe realizar antes de entrar a la edificación.

### Revisión de planos:

- Si, existen planos de la edificación el evaluador debe revisar el año y Señalar para futuras acciones.

### Fuente de Peligro Geológico:

- Si, existiera cierto peligro como nivel freático alto o licuefacción, el evaluador debe considerar si proseguir con la evaluación o no, también debe informar a las autoridades respectivas.



### 13. Comentarios:

<b>Comentarios:</b>
-----
-----
-----

- En esta sección el evaluador debe SEÑALAR toda irregularidad que se pueda presentar.

### 14. TABLA 1:

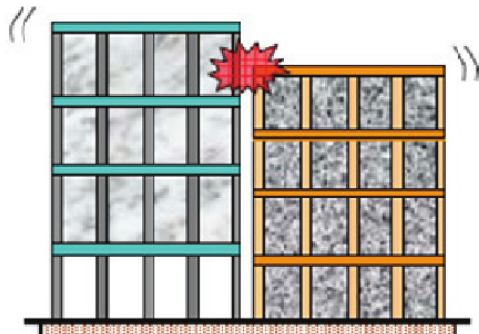
#### 1. Componentes Estructurales

#### Ruta de Carga / Transferencia de carga:



**Marcar como “NC”**

#### 2. Sistema Constructivo General:



**Marcar como “NC”  
En adosamiento y  
cabeceo**

### 3. Configuración de edificio/ Irregularidades VL1, PL1

**Nota: los casos de esta sección ya fueron descritos.**

### 4. Cimentación /Geológico

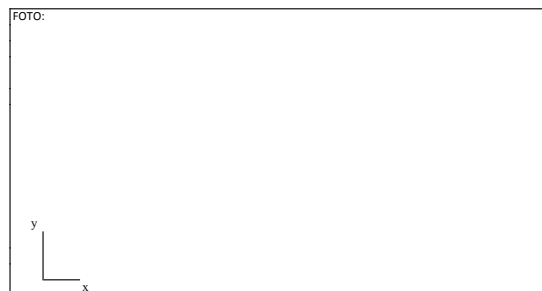
**Nota: los casos de esta sección ya fueron descritos.**

Componentes Estructurales				
Ruta de Carga:	C	NC	NA	I
Sistema Constructivo General				
Adosamiento:	C	NC	NA	I
Cabeceo a Columna de entre piso:	C	NC	NA	I
Configuración del edificio / Irregularidades PL1, VL1				
Piso Débil (PD):	C	NC	NA	I
Piso Blando (PB):	C	NC	NA	I
Geometría:	C	NC	NA	I
Masa:	C	NC	NA	I
Torsion:	C	NC	NA	I
Confinamiento de columna:	C	NC	NA	I
Losa Plana (LP):	C	NC	NA	I
Long. De Edificación:	C	NC	NA	I
Cimentación/ Geológico				
Cimentación en Pendiente:	C	NC	NA	I
Riesgo Geologico (RG):	C	NC	NA	I

- Si el evaluador obtiene un NC en Configuración del edificio, es necesario realizar la parte posterior de la evaluación para detallar más el problema.

### 15. Foto:

En esa sección se debe tomar una foto con una cámara digital, para añadir a la evaluación.



## 16. Observaciones:

Observaciones:
-----
-----
-----
-----

- En esta sección el evaluador debe SEÑALAR que irregularidad NO CUMPLIO.

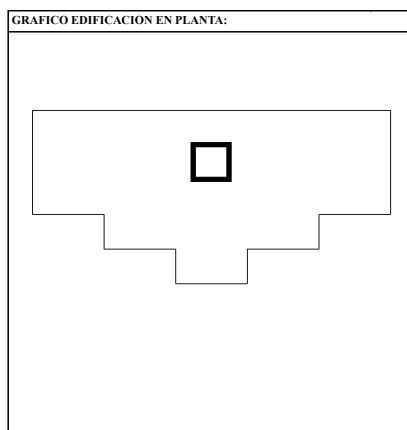
## 17. Futuras acciones:

Futuras acciones:
Uso de barricadas en las siguientes áreas:
-----
-----

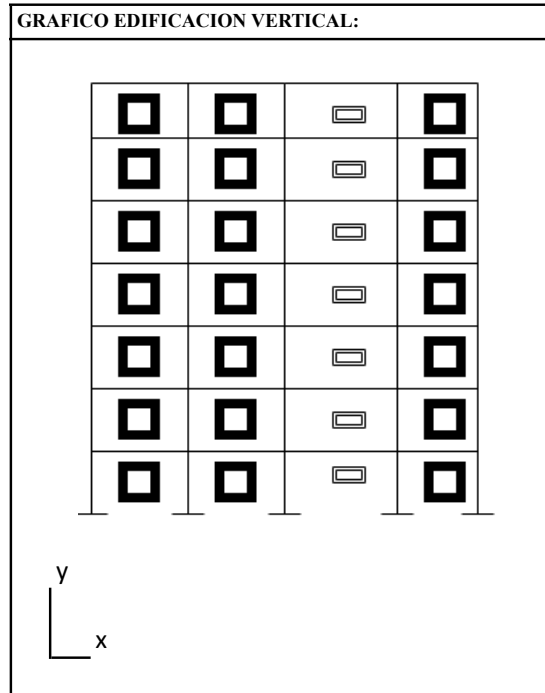
## 18. Recomendación de evaluación detallada:

Recomienda evaluación detallada
Estructural ( ) Geotécnica ( ) No ( ) Otra: _____

## 19. Gráfico de edificación en planta:



## 20. Gráfico de edificación vertical :



<b>1. EVALUACIÓN BASE (SL1)</b>				
Sismicidad	<b>VH</b>	<b>H</b>	<b>MH</b>	<b>M</b>
<b>Puntajes Base</b>	<b>1.2</b>	<b>2.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.5</b>
VL1 (Servera)	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2
VL1 (Moderada)	-0.4	-0.6	-0.6	-0.7
PL1	-0.5	-0.8	-0.9	-1.0
Pre-Código	-0.2	-0.7	-0.7	-0.4
Suelo Tipo A or B	0.3	0.5	0.8	1.5
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0.2	0.0	-0.2	-1.0
Suelo Tipo E (>3 Pisos)	-0.3	-0.5	-0.8	-1.0
PD	-1.0	-1.5	-1,7	-2.1
PB	-1.0	-1.5	-1,7	-2.1
RG	-1.0	-1.5	-1,7	-2.1
LP	-1.0	-1.5	-1,7	-2.1
Puntaje Mínimo, Smin	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>
<b>FINAL SL1 ≥ Smin:</b>				

<b>2.REVISIÓN DE PELIGROS NO ESTRUCTURALES (PNE)</b>			
<b>Ubicación</b>	SI	NO	Comentarios:
<b>Exterior:</b>			-----
Existe mampostería sin sostener o chimenea sin sostener			-----
Existe revestimientos pesados en la fachada de la edificación			-----
Existe riesgos en las puertas de salida que no estén correctamente sujetadas			-----
Existen añadiduras en las salidas de los peatones			-----
Hay alguna señal que indica que la edificación tiene materiales peligrosos			-----
hay un edificio más alto cercano con riesgo de cabeceo			-----
Algun peligro en el exterior de la edificación			-----
<b>Interior:</b>			-----
Algun peligro en el interior de la edificación			-----
Hay baldosas o bloques de ladrillo en cualquier salida, escalera o corredor			-----

- En este recuadro el evaluador debe llenar los riesgos identificados en la parte frontal de la evaluación, también es necesario realizar un comentario detallado del riesgo.

<b>Estimación de los peligros no estructurales: (Marcar solo uno)</b>	
Peligro potencial no estructural que pueda amenazar significativamente la vida de los ocupantes	( ) --> Evaluación PNE detallada requerida
Peligros no estructurales identificados que puedan amenazar significativamente la vida del ocupante	( ) -->NO evaluación PNE detallada requerida
Bajo o ningún peligro noestructural que amenazce la vida del ocupante-> sin evaluación no estructural requerida	( )

- Si, existiese un riesgo no estructural el evaluador debe ESCOGER entre tres casos: (MARCAR SOLO UNO)

3. MODIFICADOR STRUCUTRAL Y AJUSTADOR DE PUNTAJES BASE				(Nota: si, el puntaje base es menor al mínimo se debe realizar obligatoriamente el punto 3.)			
			VH	H	MH	M	
<b>Irregularidad Vertical, VL2</b>	GEOMETRIA	la edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, con excepción los altillos de un solo piso (a > 1.3b)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Sub Totales
	POR UBICACIÓN	si, la edificación se encuentra en una colina empinada, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	PISO DÉBIL	si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	EJES DISCONTINUOS O MUROS SOPORTADOS POR COLUMNAS	la estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	Distribución de masas	La Estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	PISO BLANDO	La estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez alteral de los tres pisos superiores.	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, de un piso o más.	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
	SETBACK (Retirado/apartado)	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están fuera del piso inmediato de abajo, causando que el diafragma sea voladizo en el desplazamiento	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están en el ancho de los de los pisos inferiores	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	COLUMNA CORTA	Hay un desplazamiento en el plano del elemento lateral que es mayor que la longitud del elemento	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
		C1, C2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo de la línea de columnas en el sistema lateral tiene radios de altura/profundidad de menos del 50% del radio de altura/profundidad nominal a ese nivel	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	DESIGUALDAD DE NIVELES	C1, C2: la profundidad de la columna (o el ancho del pilar) es menor que un medio de la profundidad de la junta, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acorten la columna	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Hay un nivel de división en uno de los pisos o en el techo		-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad vertical severa observable que claramente afecta el comportamiento sísmico del edificio	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
<b>Irregularidad en Planta, PL2</b>	EN PLANTA	La edificación presenta formas L, T, I, U, E	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	PL2= _____
	CONTINUIDAD EN EL SISTEMA DE PISO	La estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso.	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
	TORSIÓN	Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en planta, en ninguna o en las dos direcciones.	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	
	SISTEMA NO PARALELO	Hay uno o más elementos verticales principales de los sistemas laterales que no son ortogonales entre sí.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5	
	REENTRANT CORNER (Esquina reentrante)	Las dos proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión general del plan en esa dirección.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5	
	APERTURA DE DIAFRAGMA	Hay una apertura en el diafragma con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma a ese nivel.	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	
	C1, C2 CONSTRUCCIÓN FUERA DEL PLANO	Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad observable en el plano que afecta claramente el comportamiento sísmico del edificio.	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0		
<b>Redundancia</b>	El edificio tiene al menos dos bahías de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección	+0.2	+0.3	+0.3	+0.4	M= _____	
<b>Cabeceo</b>	EDIFICIO ESTÁ SEPARADO DE UNA ESTRUCTURA ADYACENTE POR MENOS DEL 0.5% DE LA ALTURA DEL EDIFICIO MÁS CORTO Y LA ESTRUCTURA ADYACENTE Y:	-0.7	-1.0	-1.0	-1.2		
	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de 2 pies	-0.7	-1.0	-1.0	-1.2		
	Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro	-0.7	-1.0	-1.0	-1.2		
<b>Edificios C1</b>	El edificio está al final de la cuadra	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6		
	LOSA PLANA	La placa plana sirve como la viga en el portico resistente a momento	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	
<b>Edificios C2</b>	DIST. DE MUROS PORTANTES	Es indispensable colocar en planta muros en dos direcciones ortogonales, la longitud de los muros en las dos direcciones, debe ser lo más igual posible.	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	

### SISTEMA DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA:

<b>AJUSTE DE PUNTAJE: FINAL SL2 =</b>			
<b>VL1 =</b>	<b>PL1 =</b>	<b>S*=(SL1-VL1-PL1) =</b>	<b>(Nota: no considerar Smin)</b>
<b>VL2 =</b>	<b>PL2 =</b>	<b>M =</b>	<b>SL2=(S*+VL2+PL2+M) ≥ Smin</b>
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD OBTUVO LA EDIFICACIÓN:</b>			

PODERACION

<b>Grado de vulnerabilidad sismica</b>
SL2 < 0.1 = Alto riesgo sismico requiere evaluaci3n detallada
0.1 < SL2 < 0.5 = Vulnerabilidad Media
SL2 > 0.5 = Vulnerabilidad Baja

<small>NOTA: SI, LA EDIFICACION PRESENTA ALGUN TIPO DAÑO O DETERIORO IMPORTANTE DESCRIBIR:</small>	
<b>Observaciones: (OPCIONAL)</b>	Firma del responsable:
-----	-----
-----	-----

- En este recuadro el evaluador debe llenar describir alguna irregularidad que se identifico durante la evaluaci3n.

Ejemplo de Guías de evaluación de edificaciones existentes H-01:

GUÍA VISUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS PRE TERREMOTO LIST H-01 (PRM)			
Nombre del Evaluador: CRISTIAN AGUIRRE			
Lugar y Dirección de la inspección: QUITO, GRANADOS E ISLA MACHENA E13-21			
Fecha y hora de la inspección: 27/JULIO/2017 10:am			
Nombre del propietario de la edificación: EDIF. SANTA ELENA		Ocupación:	
Número de teléfono: 026040949 Número de celular: 0984280984		Educativa ( ) Patrimonial ( ) Industrial ( ) Residencial (X) Comercial ( )	
Año de construcción: 1986		Galpón ( ) Oficinas ( ) Utilidad Publica ( ) Servicios de emergencia ( )	
Permiso de construcción: SI (X) NO ( ) Número de permiso: NO		Fabrica ( )	
Codigo Usado para construcción: DESCONOCIDO		Otro: _____ # Unidades: _____	
Const. Adicionales o Adecuaciones: SI ( ) NO (X) Fecha: / /			
Área de piso (m <sup>2</sup> ): 300 Número de pisos: 6		Tipo de suelo: D (NOTA: si no se sabe marcar "D")	
Altura de pisos(m): 3 Número de Subsuelos: 1		A ( ) B ( ) C ( ) D (X) E ( ) F ( )	
Existen mezzanines: SI ( ) No (X)		Roca Dura Roca Prom Roca Blanda Suelo Rígido Suelo Blando Suelo Pobre	
Edificación fuera de plomo:		Peligro Geológico:	
Ninguna(X) Poca ( ) Moderada ( ) Severa ( )		Deslizamientos: SI ( ) NO (X) I ( )	
Tipo de Daño exterior:		Adosamiento:	
Total ( ) Parcial ( ) Ninguno ( ) Cimentación afectada ( )		Rupt. de Superficie: SI ( ) NO (X) I ( )	
Riesgos: Chimeneas Sin Soporte ( ) Barandillas ( )		Riesgo de Cabeceo: SI ( ) NO ( )	
Cubiertas ( ) Revestimientos Pesados ( )		Riesgo de caída por edif. Alto: SI ( ) NO ( )	
Otros: ANTENA Telefonica Movil		Irregularidades:	
		Verticales VLI(Tipo)/(Severidad): Edif. Esquinera / moderada	
		En Planta PL1 (Tipo): No presenta problemas en planta	
		Describe:	
		NO HAY PROBLEMA	
Campo de Evaluación:		Comentarios: LA ANTENA TELEFONICA ES UN RIESGO YA QUE NO ESTA CORRECTAMENTE SUJETADA	
Exterior: Parcial ( ) Todos Lados (X) Aero ( )			
Interior: Ninguna ( ) Visible ( ) Interna (X)			
Revisión de Planos: SI ( ) NO (X)			
Fuente de Peligro Geológicos: NO PRESENTA PELIGRO			
<p>Legenda: C: Cumple NC: No Cumple NA: No Aplica I: No es posible identificar Nota: En los gráficos estime el número de columnas de la edificación</p>			
Componentes Estructurales		FOTO:	
Ruta de Carga: C NC NA I		VISTA REAL DE EDIF.	
Sistema Constructivo General		DETALLE DE RIESGO DE CABECEO A COLUMNA DE ENTRE PISO	
Adosamiento: C NC NA I			
Cabeceo a Columna de entre piso: C NC NA I			
Configuración del edificio / Irregularidades PL1, VLI		ADOSAMIENTO	
Piso Débil (PD): C NC NA I			
Piso Blando (PB): C NC NA I			
Geometría: C NC NA I			
Masa: C NC NA I			
Torsion: C NC NA I			
Confinamiento de columna: C NC NA I			
Losa Plana (LP): C NC NA I			
Long. De Edificación: C NC NA I			
Cimentación/ Geológico			
Cimentación en Pendiente: C NC NA I			
Riesgo Geológico (RG): C NC NA I			
Nota: Si, la edificación tiene "NC" en la configuración del edificio requiere evaluación detallada			
Observaciones: LA EDIFICACIÓN NO PRESENTA PROBLEMAS ESTRUCTURALES IMPORTANTES, PERO TIENE UNA EDIFICACIÓN MÁS PEQUEÑA ADJUNTA CON RIESGO DE MARTILLO O CABECEO		Futuras acciones:	
		Uso de barricadas en las siguientes áreas:	
		Recomienda evaluación detallada	
		Estructural ( ) Geotécnica ( ) No ( ) Otra: SE RECOMIENDA EL NIVEL 2 DE ESTA EVALUACIÓN	
GRAFICO EDIFICACION EN PLANTA:		GRAFICO EDIFICACION VERTICAL:	
		ESPACIO DE CALCULOS (SI LO HAY) O DETALLE DE RIESGO	

Figura 101: Ejemplo ficha técnica para estructuras existentes página frontal



GUÍA VISUAL DE IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS PRE TERREMOTO LIST H-01 (ME)									
<b>Legenda:</b> VH: muy alto H: alto MH: alto moderado M: moderado Elementos no estructurales (ENE)									
<b>1. EVALUACIÓN BASE (SL1)</b>					<b>2. REVISIÓN DE PELIGROS NO ESTRUCTURALES (PNE)</b>				
Sismicidad	VH	H	MH	M	<b>Ubicación</b>				
Puntajes Base	1.2	2.0	2.1	2.5	SI	NO	Comentarios:		
VL1 (Servera)	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	<b>Exterior:</b>				
VL1 (Moderada)	-0.4	-0.6	-0.6	-0.7	Existe mampostería sin sostener o chimenea sin sostener				
PL1	-0.5	-0.8	-0.9	-1.0	Existe revestimientos pesados en la fachada de la edificación				
Pre-Código	-0.2	-0.7	-0.7	-0.4	Exite riesgos en las puertas de salida que no estén correctamente sujetadas				
Suelo Tipo A or B	0.3	0.5	0.8	1.5	Existen añadiduras en las salidas de los peatones				
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0.2	0.0	-0.2	-1.0	Hay alguna señal que indica que la edificación tiene materiales peligrosos				
Suelo Tipo E (>3 Pisos)	-0.3	-0.5	-0.8	-1.0	hay un edificio más alto cercano con riesgo de cabeceo				
PD	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Algun peligro en el exterior de la edificación				
PB	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	<b>Interior:</b>				
RG	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Algun peligro en el interior de la edificación				
LP	-1.0	-1.5	-1.7	-2.1	Hay baldosas o bloques de ladrillo en cualquier salida, escalera o corredor				
<b>Puntaje Mínimo, Smin</b>					<b>Estimación de los peligros no estructurales: (Marcar solo uno)</b>				
0.3 0.3 0.3 0.3					Peligro potencial no estructural que pueda amenazar significativamente la vida de los ocupantes ( ) --> Evaluación PNE detallada requerida				
<b>FINAL SL1 ≥ Smin:</b>					Peligros no estructurales identificados que puedan amenazar significativamente la vida del ocupante (X) --> NO evaluación PNE detallada requerida				
0.7					Bajo o ningún peligro no estructural que amenace la vida del ocupante-> sin evaluación no estructural requerida ( )				
<b>3. MODIFICADOR STRUCUTRAL Y AJUSTADOR DE PUNTAJES BASE</b> (Nota: si, el puntaje base es menor al mínimo se debe realizar obligatoriamente el punto 3.)									
<b>Irregularidad Vertical, VL2</b>	GEOMETRIA	La edificación es irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, con excepción los altillos de un solo piso (a > 1.3b)			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Sub Totales
	POR UBICACIÓN	si la edificación se encuentra en una colina empinada, talque a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	PISO DÉBIL	si la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	EJES DISCONTINUOS O MUROS SOPORTADOS POR COLUMNAS	la estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	DISTRIBUCIÓN DE MASAS	La estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	PISO BLANDO	La estructura de la edificación es irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez alteral de los tres pisos superiores.			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, de un piso o más			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
	SETBACK (Retirado/apartado)	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están fuera del piso inmediato de abajo, causando que el diafragma sea voladizo en el desplazamiento			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están en el ancho de los de los pisos inferiores			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
		Hay un desplazamiento en el plano del elemento lateral que es mayor que la longitud del elemento			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
<b>Irregularidad en Planta, PL2</b>	COLUMNA CORTA	C1, C2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo de la línea de columnas en el sistema lateral tiene radios de altura/profundidad de menos del 50% del radio de altura/profundidad nominal a ese nivel			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	VL2= _____  PL2= _____
		C1, C2: la profundidad de la columna (o el ancho del pilar) es menor que un medio de la profundidad de la junta, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acorten la columna			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	DESIGUALDAD DE NIVELES	Hay un nivel de división en uno de los pisos o en el techo			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad vertical severa observable que claramente afecta el comportamiento sísmico del edificio			-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	
		Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	EN PLANTA	La edificación presenta formas L, T, I, U, E			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	DISCONTINUIDAD EN EL SISTEMA DE PISO	La estructura de la edificación es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entranos o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso.			-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
	ADICIONES	La estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, afuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción.			-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
TORSIÓN	Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en planta, en ninguna o en las dos direcciones.			-0.7	-0.7	-0.7	-0.7		
SISTEMA NO PARALELO	Hay uno o más elementos verticales principales de los sistemas laterales que no son ortogonales entre sí.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
REENTRANT CORNER (Esquina reentrantante)	Las dos proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión general del plan en esa dirección.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
APERTURA DE DIAFRAGMA	Hay una apertura en el diafragma con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma a ese nivel.			-0.2	-0.2	-0.3	-0.3		
PRM,ME CONSTRUCCIÓN FUERA DEL PLANO	Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.			-0.2	-0.4	-0.4	-0.4		
OTRAS IRREGULARIDADES	Hay otra irregularidad observable en el plano que afecta claramente el comportamiento sísmico del edificio.			-0.5	-0.7	-0.8	-1.0		
<b>Redundancia</b>	El edificio tiene al menos dos bahías de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección			+0.2	+0.3	+0.3	+0.4	M= -1.1	
<b>Cabeceo</b>	EDIFICIO ESTÁ SEPARADO DE UNA ESTRUCTURA ADYACENTE POR MENOS DEL 0.5% DE LA ALTURA DEL EDIFICIO MÁS CORTO Y LA ESTRUCTURA ADYACENTE Y:	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de 2 pies		-0.7	-1.0	-1.0	-1.2		
		Un edificio es 2 o más pisos más alto que el otro		-0.7	-1.0	-1.0	-1.2		
		El edificio está al final de la cuadra		-0.4	-0.5	-0.5	-0.6		
Edificios C1, PRM	LOS PLANO	La placa plana sirve como la viga en el portico resistente a momento			-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	
Edificios C2, ME	DIST. DE MUROS PORTANTES	Es indispensable colocar en planta muros en dos direcciones ortogonales, la longitud de los muros en las dos direcciones, debe ser lo más igual posible.			-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	
<b>AJUSTE DE PUNTAJE: FINAL SL2 = 1.3+0+0-1.1 = 0.2</b>					<b>Grado de vulnerabilidad sísmica</b>				
VL1 = -0.6	PL1 = 0	S*=(SL1-VL1-PL1) = 0.7+0.6+0 = 1.3			(Nota: no considerar Smin)				
VL2 = 0	PL2 = 0	M = -1.1			SL2=(S*+VL2+PL2+M) ≥ Smin				
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD OBTUVO LA EDIFICACIÓN:</b>					SL2 < 0.1 = Alto riesgo sísmico requiere evaluación detallada				
					0.1 < SL2 < 0.5 = Vulnerabilidad Media				
					SL2 > 0.5 = Vulnerabilidad Baja				
NOTA: SI, LA EDIFICACIÓN PRESENTA ALGUN TIPO DAÑO O DETERIORO IMPORTANTE DESCRIBIR:									
<b>Observaciones: (OPCIONAL)</b>					Firma del responsable:				
LA EDIFICACIÓN OBTUVO 0.2 POR LO CUAL TIENE UNA VULNERABILIDAD MEDIA					CRISTIAN AGUIRRE				

Figura 102: Ejemplo ficha técnica para estructuras existentes página posterior

#### **4.6 Resultado de Ejemplos propuestos:**

##### **Post evento sísmico:**

Las características principales de la evaluación:

- La guía muestra ser muy rápida y se puede cumplir en el tiempo estipulado.
- Un formato simple.
- Un formato entendible y legible.
- Añadir gráficos en la parte posterior de la edificación resulta muy útil en el momento de evaluar, ya que no es necesario tener un manual de uso.
- La guía identifica patologías y también puede evaluar edificaciones post evento sísmico de acuerdo a la metodología ATC-20.

Al finalizar la evaluación el resultado que producen las guías es claro y conciso. La decisión de unir las guías del ATC-20 con la TIER1 fue correcta ya que se complementan y con esto se hubiesen evitado demoliciones innecesarias en Pedernales..

##### **• Pre evento sísmico:**

Las características principales de la evaluación:

- La guía muestra ser semi-rápida pero se puede cumplir en el tiempo estipulado.
- Un formato simple.
- Un formato entendible y legible.
- El nivel 1 de la guía muestra las deficiencias tanto en irregularidades verticales como en planta.
- Se Añadió dos espacios para gráficos y un para cálculo en la parte inferior de la ficha de evaluación, lo cual resulto muy útil a la hora de describir una irregularidad en la edificación resulta.

- Para esta guía se debe poner
- La guía identifica patologías y también puede evaluar edificaciones post evento sísmico de acuerdo a la metodología ATC-20.
- El nivel dos de la evaluación se encuentra al reverso de la hoja, con esto se evita el desperdicio de papel y es conveniente para el evaluador.
- La tabla de riesgo por elementos estructurales tuvo un resultado satisfactorio en la evaluación, ya que logro informar la existencia de peligros en la edificación.
- La tabla de modificadores es clara y te visualiza de mejor manera la deficiencia identificada en la edificación, también especifica cual es el problema de la estructura.
- Los cálculos de ponderación parecen estar acorde de las especificaciones de la NEC y FEMAP-154.

La guía de evaluación de estructuras existentes se une perfectamente con la guía post evento sísmico propuesto en este documento, por lo que utilización de esta guía tiene un resultado satisfactorio. Adicionalmente uniendo las dos guías se puede identificar deficiencias en las edificaciones que no se pudieron ver durante el sismo de pedernales, por lo con el uso de estas guías se podría realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica y tener a primera mano el riesgo que existe por zonas en el Ecuador.

#### **4.7 Conclusiones y recomendaciones:**

El capítulo cuatro de este documento consistió en el diseño de dos guías de evaluación sísmica, las cuales se fundamentaron principalmente en la información obtenida en los casos de estudio en este documento. En este documento se mostró que el Ecuador necesita una re inspección de las estructuras existentes por cuatro razones:

##### **1. Las Características sísmicas y geológicas del Ecuador:**

- Primero, el Ecuador está ubicado al sur del continente americano y es un punto geográfico que es parte del cinturón de fuego del Pacífico, por otra parte, la placa de Nazca choca a la placa continental y genera subducción, por lo cual el Ecuador es propenso a tener terremotos grandes en cualquier momento.
- Segundo, como se vio en el capítulo uno de este documento el Ecuador tiene un registro de un terremoto de magnitud  $M_w$  8.8 en el año 1906 en Esmeraldas, con este terremoto Ecuador ocupa el puesto quinto en la lista de los terremotos más fuertes registrados en el mundo, lo que indica que es una región de alta sismicidad.
- Tercero, se registraron aceleraciones en Pedernales de hasta 1.4g en un área cercana al epicentro, las aceleraciones mayores a 1g son consideradas muy altas debido al daño que producen en las estructuras.

##### **2. La experiencia en el sismo de Pedernales en el caso de estudio mostró:**

- Que el colapso de las estructuras se debió principalmente a fallas en columnas producto de que la edificación tenía patologías que afectaban el diseño estructural, un ejemplo es esto es la falla en el colegio Linus Pauling por un sistema de losas sin vigas, donde las columnas del primer piso fallan porque eran lo único que soportaba el peso de todos los pisos superiores.

- El caso de estudio de pedernales mostró que en varias regiones del litoral Ecuatoriano se identificó la presencia de licuefacción producto del terremoto, el caso más importante de este fenómeno se lo vio en el puerto de Manta en la Figura 72.
- Existieron varias edificaciones afectadas por cabeceo o martilleo de otras edificaciones, esto se debe a que no hay regulación en las juntas de longitud que se deben usar. El ejemplo se puede ver en las Figuras 73 y 74 de este documento.

### **3. Metodología empleada:**

En este documento se analizaron cuatro metodologías de emergencia post evento sísmico, de las cuales tres eran de casos internacionales y una del Ecuador. La metodología de evaluación y inspección de los casos de estudio se detalla al final del capítulo tres. Sin embargo, es necesario recalcar que una falencia del caso de Ecuador es que no hay un seguimiento al proceso posterior al de asignación del poster en la edificación, por lo cual es un capítulo abierto que se debe corregir de una forma inmediata. Otro punto de importancia es que durante la evaluación realizada por el MIDUVI en el sismo de Pedernales, los evaluadores informaron la existencia de columnas falsas o revestidas con capas de mortero y niveles de corrosión en barrillas muy altas. Esta es una razón por la cual se necesita de manera urgente una guía de patologías post evento sísmico y una guía de inspección a estructuras existentes pre evento sísmico.

### **4. ASCE41-13 y FEMA P-154:**

El documento del ASCE41-13 presenta una guía de evaluación de nivel 1 (TIER1), la cual se piensa que puede ser muy útil para identificar patologías post evento sísmico y generar un aporte al documento ATC-20 en el proceso de evaluación y posteo de edificaciones post evento sísmico. El TIER1 fue analizado en un caso en este documento con el objetivo de comprobar su capacidad de identificación, el ejemplo consistió en utilizar el nivel 1 del ASCE41-13 para evaluar una edificación que por sus características debió ser evaluada directamente por una evaluación más

detallada en este caso el nivel 3 del ASCE41-13. La respuesta obtenida en el ejemplo mostró que un análisis de nivel 1 puede encontrar deficiencias en sistemas estructurales pero tiene límites claros y no puede encontrar todas las vulnerabilidades de una estructura, por lo cual debe añadirse una guía más detallada para un mejor desempeño.

Las guías del FEMA son guías pre evento sísmico que ya existen en el Ecuador y son parte de un capítulo de la NEC, por lo cual no fue necesario su estudio para la aceptación en este trabajo debido a que el año de su publicación fue 2016. Las guías P-154 presentan ventajas al momento de dar el resultado de la evaluación, ya que muestran un sistema de ponderación sencillo donde la edificación obtiene un puntaje básico por su tipología de sistema estructural y esta se resta de acuerdo a las irregularidades que presente la edificación.

#### **Presentación guías Pre y post evento sísmico:**

Para finalizar, de acuerdo a estas características tanto del TIER1 como del ATC-20 se propone una guía de inspección de patologías post evento sísmico H-01 la cual tiene como objetivo evitar malas interpretaciones de los posters del ATC-20 y dar un mejoramiento al proceso seguimiento de edificaciones post evento sísmico, además, dar un informe el cual debe ser utilizado para la rehabilitación de las edificaciones dañadas.

Como proyecto piloto se utilizó las guías FEMA P-154 y P-154 de la NEC para obtener una lista de irregularidades tanto verticales como en planta y usando los criterios de ambas dar una ponderación a esta lista de irregularidades con el fin de generar una guía de evaluación de estructuras existentes completa diseñada para el Ecuador. Adicionalmente se añadió la metodología del TIER1 para la detección de patologías a esta guía con el objetivo que las enseñanzas de este documento no vuelvan a ocurrir. Las guías propuestas en este documento son de carácter piloto o cual indica que deben ser probadas y por ende son susceptibles a cambios en su diseño y estructuración.

**Recomendaciones:**

Se recomienda a ingenieros y profesionales en evaluación de estructuras el uso de estas guías con el fin de ajustar el sistema de ponderación para en un futuro lograr realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica del todo el Ecuador, ya que esto es algo que se necesita antes de un nuevo evento sísmico. Por otro lado las guías propuestas se deben tomar en cuenta para ser añadidas a un capítulo de la NEC, ya que como se pudo demostrar en este documento la NEC tiene un capítulo abierto en cuanto a evaluación de estructuras tanto post como pre eventos sísmicos.

**4.8 Futuras acciones:**

- Realizar un proyecto voluntario de vinculación con la comunidad, en el cual participen ingenieros y ciudadanos para el uso y inspección de las guías propuestas en este documento.
- Trabajar con ingenieros dispuestos a realizar un trabajo más extenso para poder llegar a un nivel de evaluación más detallado como un TIER2 O TIER3.
- Realizar un Manual de uso de las guías más detallado y totalmente ajustado a la realidad Ecuatoriana con ejemplos y pruebas realizadas en el Ecuador.
- Añadir el documento como un anexo en la NEC.
- Realizar estas guías en un formato digital como aplicación en el celular con el fin de realizar más evaluaciones y transferir a una base de datos. No obstante con esto se reduce el impacto ambiental generado por usar papel para las evaluaciones.

# CAPÍTULO V

## 5. Bibliografía

Alcorn, J.(17 de enero 1994). Northridge earthquake apartment building collapse destroys cars on January 17, 1994.

BBC,MUNDO.(2011). En fotos: Japón, antes y después del terremoto. Recuperado desde: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/03/110313\\_galeria\\_japon\\_antes\\_despues\\_terremoto\\_tsunami\\_fp.shtml](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/03/110313_galeria_japon_antes_despues_terremoto_tsunami_fp.shtml)

Bhattacharya, S., Hyodo, M., Goda, K., Tazoh, T., & Taylor, C. A. (2011). Liquefaction of soil in the Tokyo Bay area from the 2011 Tohoku (Japan) earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31(11), 1618-1628.

Banco Mundial.(2016).Crecimiento del PIB(%anual).Recuperado desde: <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>

Bastías, N., & Montalva, G. A. (2016). Chile strong ground motion flatfile. *Earthquake Spectra*, 32(4), 2549-2566.

Boroschek, R. Soto, P. Leon, R.(2010). Registro del Terremoto de Maule Mw=8.8. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.Departamento de Ingeniería Civil.

Bolt, Bruce. (1993). *Earthquake*. W. H. Freeman and Company. New York

Bustelo, P. (2011). El terremoto de Tohoku (Japón) de marzo de 2011: implicaciones económicas. *Boletín Elcano*, (136), 5.



COE. (2016). Jaramillo, M., Ortiz, D., & Ojeda, D. (2017, March). Modelo esquemático de terapia cognitiva-conductual durante crisis asociadas a catástrofes: Estudio de caso: Terremoto de Pedernales, Ecuador 2016. In *Humanitarian Technology Conference (MHTC), IEEE Mexican* (pp. 153-158). IEEE.

Censo 2012: La Región del Bío Bío es la segunda más poblada con 1.965.199 habitantes (2012, 31 Agos). *El Sur*. Chile. Recuperado desde <http://www.soychile.cl/>

Duñas. (2016) Piray, Q., & Elizabeth, A. (2016). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015)* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Emol.(25 mayo 2012). Suspenden viaje del Presidente Piñera al Maule por malas condiciones climáticas. Recuperado desde <http://www.emol.com/noticias/nacional/2012/05/25/542284/suspenden-viaje-de-pinera-al-maule-por-mal-tiempo.html>

Finn, W. L., Ventura, C. E., & Schuster, N. D. (1995). Ground motions during the 1994 Northridge earthquake. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 22(2), 300-315.

GEER.(2016). Nikolaou, S., Vera-Grunauer, X., Gilsanz, R., Luque, R., Kishida, T., Diaz-Fanas, G., ... & Alzamora, D. GEER-ATC Mw7. 8 ECUADOR 4/16/16  
EARTHQUAKE RECONNAISSANCE PART I: SEISMOLOGICAL & GROUND  
MOTION ASPECTS.

Gobierno de Chile.(2010). PLAN DE RECONSTRUCCIÓN TERREMOTO Y  
MAREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010.

- GOTO, H., HATA, Y., KUWATA, Y., YAMAMOTO, H., MORIKAWA, H., & KATAOKA, S. (2013). Earthquake source and ground motion characteristics in eastern Japan during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. *Journal of JSCE, I(1)*, 329-342.
- IGEO.(12 de marzo). El núcleo líquido de la tierra. Universidad Complutense de Madrid  
Recuperado desde: <http://www.igeo.ucm-csic.es/cultura-cientifica/divulgacion/228-igeoquiz-12-marzo-el-nucleo-l%C3%ADquido-de-la-tierra>
- IG-EPN. (2016). investigadores del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional  
Recuperado: <http://www.igepn.edu.ec/tag/Pedernales>.
- INEC. (2014). Anuario de Estadísticas y Edificaciones. Quito. Recuperado desde: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Irikura, K., & Kurahashi, S. (2012, September). High acceleration motions generated from the 2011 Pacific coast off Tohoku, Japan, earthquake. In *Proc 15th World Conf Earthq Eng Lisbon Portugal* (pp. 24-28).
- Los Ángeles Times. (Octubre 11, 2013). Earthquake Concrete Risk. Recuperado de: <http://documents.latimes.com/15720-ventura-blvd-encino/>
- Mancipe, G., & Cristina, Z. (2015). valuación de daño estructural post-sismo en edificaciones: estado del arte.
- Martinez, M. (2014, 8 sep).Six things we've learned since 1994 Northridge Earthquake. CNN.  
Recuperado desde <http://edition.cnn.com/2014/01/16/us/northridge-earthquake-things-learned/>

- Moreno Pinedo, M. (2005). La economía de Estados Unidos. El sector exterior y las relaciones comerciales bilaterales. *Boletín ICE Económico: Información Comercial Española*, (2839), 49-64.
- Northridge. (n.d.). *Los Angeles Times*. Recuperado desde <http://maps.latimes.com/neighborhoods/neighborhood/northridge/>
- Overview of Tohoku Region.(2016). Kazama, M., & Noda, T. (2012). Damage statistics (Summary of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake damage). *Soils and Foundations*, 52(5), 780-792.
- ¿Por qué los terremotos en Chile son menos mortíferos que en otros países sísmicos? (2015, 18 Sep). *La Nación*. Recuperado desde <http://www.lanacion.com.ar/>
- Petak, W. J., & Elahi, S. (2000, July). The Northridge earthquake, USA and its economic and social impacts. In *Euro-conference on global change and catastrophe risk management, earthquake risks in Europe, IIASA*.
- Rivas, F. (2016, 22 Agos). Las comunas con más y menos habitantes en 2016. *BioBioChile*. Recuperado desde <http://rbb.cl/ep0r>
- Samaniego, J. (2010). Terremoto en Chile: una primera mirada al 10 de marzo de 2010. NU. CEPAL. Unidad de Evaluación de Desastres
- Saragoni, R. (2011, May). El mega terremoto del Maule de 2010: una lección de buena ingeniería, pero con sorpresas y nuevos desafíos. In *Anales de la Universidad de Chile* (No. 1, pp. Pág-35).
- Shibayama, T., Esteban, M., Nistor, I., Takagi, H., Nguyen, T., Matsumaru, R., ... & Ohtani, A. (2012). Implicaciones del tsunami de Tohoku del año 2011 para la gestión de desastres naturales en Japón. *Obras y proyectos*, (11), 4-17.

- Southern California Earthquake Data Center, SCEDC. (enero, 1994). Significant Earthquakes and Faults.
- Structural Engineers Association, SEA. (June, 2011). 2011 GREAT EAST JAPAN (TOHOKU) EARTHQUAKE & TSUNAMI. Earthquake Reconnaissance Observations. Washington
- Tarbuck, E. J.; Lutgens, F. K., y Tasa, D. (2005). Ciencias De La Tierra. Pearson Educación S. A., Madrid.
- Tierney, K. (1994). Social Impacts and Emergency Response. University of Delaware Disaster Research Center
- Todd, D., Carino, N., Chung, R. M., Lew, H. S., Taylor, A. W., Walton, W. D., (1994). 1994 Northridge earthquake: performance of structures, lifelines, and fire protection systems. Washington, D.C., U.S. Dept. of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.
- UNAM.(s.f). Servicio Simológico Nacional. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- USGS.(s.f). Earthquake Glossary. Magnitud. Recuperado desde:  
<https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=magnitude>
- Varela, R.(2014). Manual de geología. Instituto Superior De Correlación Geológica (Insugeo). Universidad Nacional De La Plata - CONICET Centro De Investigaciones Geológicas. La Plata, Provincia De Buenos Aires, Argentina
- Wang, S., & Mahin, S. A. (2017). Seismic retrofit of a high-rise steel moment-resisting frame using fluid viscous dampers. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 26(10).

